



Friedrich Engel
Gerhard Kuper
Frank Bell
Wulf Münzner

Zeitschichten:

Magnetbandtechnik als Kulturträger
Erfinder-Biographien und Erfindungen

Vierte Ausgabe 2020

Chronologie der Magnetbandtechnik
und ihr Einsatz in der Hörfunk-, Musik-
Fernseh-, Film- und Videoproduktion

Die Publikation ZEITSCHICHTEN wurde bis 2022 herausgegeben von
Joachim Polzer,
Medienhistoriker, Publizist, Dokumentarfilm-Festivalmacher und seit 1994
Herausgeber der Publikationsreihe *Weltwunder der Kinematographie –
Beiträge zu einer Kulturgeschichte der Film- und Medientechnik*.

In dieser Reihe haben sich die Autoren Frank Bell und Friedrich Engel mit dem
Themen-Schwerpunkt *Aufstieg und Untergang des Tonfilms* bereits technikgeschichtliche
Beiträge zum Licht- und Magnetton im Kinobereich veröffentlicht. Die nun vorliegende Ausgabe der
ZEITSCHICHTEN knüpft daran an und stellt die bisherigen Untersuchungen zugleich in einen größeren
geschichtlichen Zusammenhang sowie einen komplexeren medientechnischen Kontext.

Frank Bell hat sich darüber hinaus als Autor mit Beiträgen
Zur *Geschichte des Filmkopierwerks* beteiligt; von Gerhard Kuper erschien 2004 die Ausstellungs-Broschüre
Eduard Schüller und seine Magnetophone - Telefunk in Wedel (1955 - 1964) für den Buchhandel..

**Diese Buchveröffentlichung entstand in Zusammenarbeit mit dem
Deutschen Technikmuseum Berlin (DTMB)**

Erstausgabe, 2008 (Buchband, vergriffen)
Zweite Ausgabe, erweiterte Videosektion, 2010 (Buchband, vergriffen)
Dritte Ausgabe, erstmals mit erheblichem Farbanteil bei den Abbildungen, 2013 (eBook)
Vierte, erneut durchgesehene, aktualisierte und stark erweiterte Ausgabe, 2020 (eBook)
Revidierte Ausgabe 2023
Alle Rechte vorbehalten.
Redaktionsschluss: 12. März 2023

Seitengröße 210 x 297 mm, entsprechend DIN A4
ebook-Ausgabe: Rand oben 15 mm; Rand unten 20 mm
Seitenränder links/rechts 17,5 mm
Satzspiegelbreite 175 mm
Für Ausdrücke wird empfohlen: Rand oben 15 mm, Rand unten 20 mm
Rand außen 12 mm, Rand innen 23 mm
Bundsteg 0 mm

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung, die über den Rahmen des Zitatrechtes bei
vollständiger Quellenangabe hinausgeht, ist honorarpflichtig und bedarf der vorherigen schriftlichen
Genehmigung des Verlages. Die Aufnahme in Volltextdatenbanken sowie jegliche elektronische Verwertung
ist nicht erlaubt und allein dem Verlag vorbehalten. Ausdrücklich untersagt ist jedwede Verwendung von
Bildern, Texten und Dokumenten aus diesem Werk auf den aktuellen und zukünftigen Internetseiten und
Subdomains von <http://www.tonbandmuseum.info>, <http://www.magnetbandmuseum.info>,
<http://www.hifimuseum.de> und <http://www.fernsehmuseum.info>
sowie aktuellen und zukünftigen Publikationen unter den genannten Domains.

Alle Angaben sind mit großer Sorgfalt erarbeitet und zusammengestellt worden.
Dennoch sind Fehler nicht ausgeschlossen. Verlag und Autoren erklären, dass keine Haftung für

46

verwendete Bezeichnungen und Markennamen der jeweiligen Firmen warenzeichen-, marken-
oder patentrechtlich geschützt sind oder geschützt sein können. Es ist jede Anstrengung unternommen
worden, um vor der Veröffentlichung eine sorgfältige Rechtklärung beim Materialzugang
und bei den urheberrechtlichen Nutzungsrechten für die in diesem Werk zitierten Abbildungen
und Fotografien zu gewährleisten. Auch konnten nicht in allen Fällen aufgrund des zeitlichen
Abstands zum behandelten Gegenstand die entsprechenden Rechteinhaber ermittelt werden.
Es wird gebeten, sich mit dem Verlag in Verbindung zu setzen, um eventuelle Auslassungen in folgenden
Ausgaben zu ergänzen. Des weiteren wird darum gebeten, bei berechtigten urheberrechtlichen Ansprüchen
sich diesbezüglich an den Verlag zu wenden. Für eine berechnigte urheberrechtliche Anspruchsstellung ist
die namentliche Benennung der jeweilige Urheber-Person, die Vorlage der Originalaufnahmen sowie eine
lückenlose Dokumentation der Rechte-Kette bei Nutzungsrechten im Einzelfall notwendig, beginnend
mit der ersten Nutzungsrechte-Übertragung von der Urheber-Person auf Dritte.

Inhaltsverzeichnis

VORSPANN	5
Wege und Ziele	5
ERSTES BAND: Vordenker und Pioniere	8
Magnetton: Vorläufer und Nebenwege	8
Curt Stilles Entwicklungen	26
Curt Stilles Erbe(n).....	33
Magnetton-Aktivitäten 1920 bis 1939	45
Fritz Pfeumers Innovationen.....	47
Die AEG auf Magnetton-Neulandsuche.....	53
I.G. Farben, Magnetton-Partner der AEG.....	57
ZWEITES BAND: Die Ausformung der Magnettontechnik	61
Magnetophonband-Entwicklung 1932 bis 1935.....	61
Das „Doppellaufwerk“	70
Eduard Schüllers Weg zur Magnetspeichertechnik	71
AEG-Laufwerke und I.G. Farben-Tonbänder 1934 / 1935	78
Durchbruch mit drei Motoren (Frühjahr 1935).....	89
Magnetophon-Nutzer und –Anwendungen	109
I.G. Farben: Magnetophonband 1935 bis 1939	118
AEG-Erfolgsmodell Magnetophon K 4 (1939)	129
Magnetbandgeräte bei Behörden und Wehrmacht	137
Magnetophone im Tornister: Typen und Technik	144
Kurioses, Sackgassen, Rätsel	169
Schallaufzeichnung beim Rundfunk	173
Qualitätssprung dank Hochfrequenz-Vormagnetisierung	189
AEG-Magnetophon-Produktionsplanung (1941).....	208
Deutsche Magnettonfilm-Ansätze (1941 – 1945).....	212
I.G. Farben: Magnetophonband 1939 bis 1945	217
AEG: Magnetophon-Bereich 1939 bis 1945.....	238
AEG: Magnetophone aus der Fabrik Drontheimer Straße	239
AEG Berlin, FDS: Kriegsende und erste Nachkriegsjahre.....	252
Werner Lipperts Stereophonie-Reprise	260
MAGIE DER TECHNIK	262
DRITTES BAND: Die Jahrzehnte der Reife	263
AEG: Mühsamer Neuanfang in Hamburg	263
Technik der Hamburger Magnetophone (1946 – 1950)	271
AEG: Der Weg zum „Volkstonbandgerät“	277
The Magnetophon goes to the USA.....	286
USA steigen in die Magnetbandtechnik ein	290
Magnetophon-Technik setzt sich in Europa durch	296
Eberhard Vollmers Magnetongeräte	297
BASF: Magnetophonband-Typen LG bis LGH	306
AEG: Magnetophon-Gerätebau 1949 – 1955	316
Nationale und internationale Magnetton-Märkte	342
BASF: Heimtonbänder (1953 bis 1969).....	351
Viertelspurtechnik: Motor der Entwicklung.....	354
Tonband im Büro: Diktiergeräte und Speichermedien.....	359
Drahtiges: Magnetdraht konkurriert mit Magnetband	360
Träger der Normung: Referenzbänder	362
Wissenschaftliche Arbeiten zur Magnetspeichertechnik in den 1950er Jahren.....	367
Magnettontechnik im RGW-Bereich	368
Typklassen: Heim-Tonbandgeräte 1950 ... 1960.....	382
Heim-Magnettonbänder: Reife Produkte	389
Heimtonbandgeräte laufen aus.....	393

VIERTES BAND: Magnetton für Studio und Rundfunk.....	395
Magnetbandgeräte bei Schallplatten- und Rundfunk-Gesellschaften	395
Telefunken-Magnetophone (Wedel, 1955 – 1964).....	397
Magnettontechnik im NWDR-Hörrundfunkbetrieb	422
Professionelle Magnetbänder der 1950er Jahre.....	436
AEG-Telefunken-Magnetophone aus Konstanz (1960 – 1989)	442
Studer A816: M 15A-Nachfolger aus Regensburg.....	453
Multitrack Recording.....	455
Magnettonband-Fertigung der Agfa-Gevaert AG	462
Zubehör für den Studioalltag.....	465
FÜNFTES BAND: Magnetton für Film und Fernsehen.....	467
Magnetfilm und Kinefilmformate	467
Spielfilmproduktion mit Magnetton in Deutschland	472
Magnetfilmgeräte aus deutscher Produktion	474
Magnetfilm-Produktion in Deutschland.....	481
NWDR und private Produzenten führen Film-Magnetton ein	484
SECHSTES BAND: Musik von Kassetten	493
Magnetband im Gehäuse	493
(Semi-) Professionelle Audio-Kassetten.....	518
Neue Magnet-Materialien	525
SIEBTES BAND: Analoge Video-Magnetbandaufzeichnung.....	532
Übersicht: Video-Aufzeichnung auf Magnetband	532
Zwei-Zoll-Querspür-Videorecorder	545
Schrägschmuraufzeichnung: Universalverfahren der Videoband-Technik	550
Vom Film zur elektronischen Berichterstattung	558
Magnetbänder und Kassetten für professionelle Videorecorder	563
Semiprofessionelle Spulen-Videorecorder	566
Bildkonserven für den Hausgebrauch	567
Sonderfall: Video-Zeitlupe in Magnetspeicher-Technologie	579
Welterfolg: Helical Scan plus Magnetband-Kassette	581
Camcorder verdrängen Schmalfilm	592
Videokassetten für die Recorder der Endverbraucher	598
Video-Duplizieren und -Programm-Distribution	601
ACHTES BAND: Aufbruch ins Digitalzeitalter	604
Digitale Tonaufzeichnung auf Magnetband	604
Digitale Video-Aufzeichnung auf Magnetband	614
NEUNTES BAND: Technische Magnetbandspeicher	628
Instrumentationsband	628
Magnetfolien.....	628
Magnetband im Sprachlabor	629
Flugsicherungsband	629
Ein feinmechanisches Meisterstück: Datenspeicher für einen Satelliten.....	630
Magnetspeicher zur Datenaufzeichnung.....	632
ZEHNTES BAND: Informationsteil.....	637
Tabellen, Statistiken, Informationen, grafische Darstellungen.....	637
Literaturhinweise	663
NACHSPANN.....	665
Danksagungen und Nachweise	665
Korrekturen (☞: Hinweis auf Korrektur)	668
Zur Biographie der Autoren.....	669
Register	670
Quellennachweise	678
Quellenverzeichnis	678
Endnotenverzeichnis	680

VORSPANN

Zusammenfassung: Die magnetische Aufzeichnung von Audio- und Videosignalen auf Magnetband ist heute deutlich über hundert Jahre alt; mittlerweile (2020) ist freilich von einer abgeschlossenen Technik-Epoche zu sprechen. Die Entwicklung der Magnetspeichertechnik hat allerdings nie ein vergleichbares Interesse gefunden wie etwa die Geschichte der Schallplatte, der Fotografie oder des Films. Es wird daher gezeigt, dass auch dieser Sektor der Technikhistorie von markanten Persönlichkeiten und mitreißenden Erfindungen wie Entwicklungen geprägt ist: von den Vorschlägen Oberlin Smith's 1878 bis zum ersten praxistauglichen Videorecorder 1956. Die Zusammenarbeit der Allgemeinen Elektrizitäts Gesellschaft (AEG, Berlin) mit der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Werk Ludwigshafen (später der Badischen Anilin- & Soda-Fabrik beziehungsweise der heutigen BASF SE) wird anhand von Dokumenten und Zeitzeugnissen beschrieben und gewürdigt. Zur Zeitmarke Jahrtausendwende übernahm digitale Datenverarbeitung die analogen Aufgaben der Magnetbandtechnik.

Wege und Ziele

Als sich um 1970 abzeichnete, dass von der analogen Magnetband-Aufzeichnungstechnik nur noch marginale Qualitätssteigerungen zu erwarten waren, konnte niemand absehen, wie radikal der nächste Schritt, die Digitalisierung, nicht nur Bild- und Tonaufzeichnung, sondern nahezu alle Technikbereiche verändern würde. Mit der CD, zuerst eher als moderne beziehungsweise digitale Variante der Schallplatte verstanden, begann eine stürmische Renaissance plattenförmiger Informationsträger, teils als optische Speichermedien (CD, DVD), teils als magnetische Festplatte. Bei Redaktionsschluss dieser Ausgabe (2020) sind selbst Festplatten nach Zahl von Solid-State-Disks und fingernagelgroßen Speicherkarten, kurz SSD, weit überholt, weil in Milliarden von „Smartphones“ und Kameras eingesetzt, im Terabyte-Bereich fast Alltagsware in PCs.

Ein erstes „Opfer“ dieses Umschwungs, der gegen 1990 einsetzte, war das Magnetband im Konsumenten- wie im professionellen Bereich. Heimtonband ist seit drei Jahrzehnten passé, Compact-Cassetten sind vom Markt verschwunden, Videokassetten praktisch vergessen, nur im Datenbereich kann sich das einst universell eingesetzte Speichermedium Magnetband (derzeit) noch halten. Rundfunk- wie Fernseh-Anstalten senden überwiegend „vom Computer“. Studio-Musikproduktionen werden auf Festplatten gespeichert und bearbeitet, das tapfere Häuflein aufrechter Analog-Bandbenutzer dürfte im gleichen Takt geschrumpft sein wie renommierte Magnetbandhersteller, die, mit einer Ausnahme, nach und nach vom Markt verschwunden sind. Vergleichbares geschah im Fotobereich: fotochemische Erzeugnisse und Prozesse leisteten allenfalls Rückzugsgefechte gegenüber der digitalen Kinematographie, liefert sie doch praktisch sofort Ergebnisse, die nicht zuletzt nahtlos zur mittlerweile durchgängig digitalisierten Druck(er)- und Projektionstechnik passen. Professionelle Video- und Filmtechnik ist ohne digitale Speichersysteme nicht mehr vorstellbar.

Seit den 1980er Jahren zeichnete es sich ab: überwiegend aus chemischen Produktionslinien stammende Informationsträger haben die mehr als ein Jahrhundert dauernde Symbiose mit feinmechanischen Transport- und Laufwerken zugunsten von Festplatten und SSDs beendet. Bewegliche Teile fehlen; Musik oder Daten werden rein elektronisch „ausgelesen“. Weitere dramatische Kapazitäts-Erweiterungen dieser Konsumware zeichnen sich ebenso ab wie ihr absoluter und relativer Preisrückgang. Und inzwischen hat das Internet, in weniger als einem Jahrzehnt zur schier universellen Informationsquelle herangewachsen, den Ton- und Bildträgermarkt heutiger Gestalt gehörig umgekrempelt, wenn nicht sogar massiv bedroht.

Könnte man also das „altmodische“ Tonband-Verfahren allmählich vergessen, bestenfalls amüsiert an seine Schwächen und Fehler erinnern? Es sind heute überwiegend nur Ruhestands-Jahrgänge, die sich daran erinnern: war es nicht beinahe hypnotisierend, auf die großen, gleichförmig rotierenden Spulen zu blicken, wenn eine Musiksendung im Rundfunk lief; gab es nicht manche begeisterte Runde – wie lange ist das nur wieder her –, die Stunde um Stunde an einem Hörspiel bastelte, bei dem Ausführende und Hörerkreis oft identisch waren? Was ist aus der unglaublichen Tonband-Menge, den Milliarden Videokassetten, geworden, die „Endverbraucher“ in fünf Jahrzehnten gekauft und mittlerweile nahezu vollständig „entsorgt“ haben?

Wichtiger als die heutigen minimalen privaten Magnetbandbestände sind die der institutionellen Sammlungen. In Archiven oder Depots der (über Jahrzehnte dominierenden) Schallplattengesellschaften, Rundfunk- und Fernsehanstalten, in nationalen und internationalen Bibliotheken und Phonogrammarchiven liegen Magnetbänder zu Hunderttausenden, beträchtliche Teile des kulturellen Erbes der letzten fünfzig, siebzig Jahre sind darauf gespeichert. Sie sind teilweise von Alterung und Verfall, mehr noch von der Überalterung und dem Verschwinden der Abspielgeräte bedroht; Fachleute zu ihrer Wartung und Reparatur stehen in hohem Alter. Servicehandbücher und Fachliteratur werden zwar irgendwie aufzutreiben sein (das Internet ist da zuweilen eine wahre Fundgrube), aber wenn das letzte komplizierte Ersatzteil, der letzte kundenspezifische integrierte Schaltkreis ausgefallen sind, müssten erst neue Auslese-Verfahren entwickelt werden. Das dürfte zwar technisch-wissenschaftlich möglich, aber kaum finanzierbar sein – und möglicherweise daran scheitern. Natürlich ist der Inhalt, das auf diesen Bändern Gespeicherte, wichtiger als der Träger selber, und so liefen seit Jahren Transfer-Programme, um diese Inhalte in digitale Form zu überführen und damit die Voraussetzungen für die automatisierte „Migration“, die Weitergabe auf das jeweils aktuelle digitale Trägerformat, zu schaffen. Wann und wie diese Arbeit abgeschlossen sein wird, ist derzeit noch nicht abzusehen.

War also das Magnetband nach dem ersten Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts schon altmodisch, ist es inzwischen historisch geworden – um nicht zu sagen museal. Es war daher an der Zeit, eine Bilanz der analogen Magnetband-Technik zu ziehen, die grundlegenden Informationen zu sammeln. Zeit auch, die Lebensleistung von Ingenieuren, Chemikern, Akustikern, Maschinenbauern und Unternehmern festzuschreiben, die Magnetbandgeräte und Magnetbänder entwickelt, konstruiert und gefertigt haben. Zeit, die Chronologie einer jahrzehntelang verbreiteten Technik zusammenzustellen. Zeitschicht um Zeitschicht war, wie bei einem ablaufenden Magnetband, zu durchforsten, verblasste Entwicklungslinien waren vor dem Vergessen zu retten, Erfindungen ihren Erfindern zuzuordnen, manche Legende zu „hinterfragen“ und, wenn auch post festum, zu korrigieren. Zeit allerdings auch, an die heute namenlosen Frauen und Männer neben den Gieß- und Schneidmaschinen der Band-Hersteller, in den Labors wie an den Fließbändern der Magnetbandgeräte-Produzenten zu erinnern.

Die vorliegende Arbeit beansprucht nicht, *alle* Anwendungsgebiete der Magnetbandtechnik nachzeichnen zu wollen. Sie beschränkt sich auf die Audio- und Videoaufzeichnung, zeichnet dafür ihre Entwicklung in den Jahrzehnten seit 1878 in feineren Details nach. Stehen in den ersten Kapiteln Einzelpersonen oder überschaubare Teams im Mittelpunkt, die vorwärtsweisende Entwicklungen zuwege brachten, wird die Magnetbandspeichertechnik umso anonymer, je mehr sie sich als Allgemeingut durchsetzt. Hier dominiert die Geschichte der Produkte und ihrer Lebenskurven zwischen 1950 und der Jahrtausendwende. Dabei sind zwei meist klar getrennte Bereiche zu unterscheiden, nämlich der qualitätsorientierte, technisch anspruchsvolle professionelle Bereich einerseits und der private Sektor andererseits, in dem finanzieller Spielraum und Abwägungen über den Gebrauchsnutzen die Grenzen zogen. Sofern er nur Rundfunk-„Mitschnitte“ oder Schallplatten-Überspielungen abdeckte, ist dieser Bereich seit dem Abbau privater Bandsammlungen weitgehend bedeutungslos.

Schon die Planung dieser Arbeit zeigte freilich, dass selbst in diesem schmalen Sektor noch Einschränkungen notwendig sind, denn es ist schlichtweg aussichtslos, jeden Hersteller von Bandgeräten, Magnetbändern oder gar Zubehör würdigen zu wollen, was meist auch nur firmentypische Abweichungen von der generellen Entwicklungsrichtung zeigen würde. Was Sonderbauarten von Audio- und Video-Magnetspeichern angeht, sei auf spezialisierte Veröffentlichungen und das Internet verwiesen, das – auch – beachtliche Mengen an spezialisierten Information bietet.

Wenn sich die Verfasser schließlich darauf beschränken, die Anstrengungen, Leistungen und Errungenschaften von AEG- und BASF- (beziehungsweise I.G. Farbenindustrie-) Mitarbeitern in den Mittelpunkt zu stellen, so zunächst deshalb, weil die beiden Unternehmen die Entwicklung maßgeblich beeinflusst haben und ihre Produkte durchweg zur Spitzengruppe gehörten, so dass ihre Lebenskurven die typische Entwicklung des ganzen Fachbereichs widerspiegeln. Zudem ist die Geschichte beider Firmen vergleichsweise gut dokumentiert (vor allem im Deutschen Technikmuseum Berlin und im Unternehmensarchiv der BASF SE Ludwigshafen sowie in verschiedenen Privatsammlungen), so dass umfangreiches aufschlussreiche Material vorliegt.

Es versteht sich, dass die Mitbewerber der Protagonisten nicht übergangen werden, das ist Aufgabe der abrundenden Übersichtskapitel. Stärker berücksichtigt wurde hier Agfa Leverkusen beziehungsweise Agfa-Gevaert AG, und zwar, weil deren Magnetbandprodukt-Linien aus den gleichen Wurzeln stammen wie die der BASF und außerdem 1991 unter wirtschaftlichem Druck in einer Tochtergesellschaft der damaligen BASF Aktiengesellschaft, der BASF Magnetics GmbH, zusammengefasst wurden. Wenn weitere Produkte und Hersteller genannt sind, kann dies immer nur als charakteristisches Beispiel für einen bestimmten Entwicklungsstand oder einen „Trend“ gelten; Ungenannte sollen sich weder herabgesetzt noch in ihrer Leistung verkannt fühlen.

Für jeden lebensstüchtigen Technikbereich gilt: entscheidende Innovationen stehen am Anfang; das sind Erfindungen oder Erkenntnisse, die sprunghaft zu beachtlichen Fortschritten führen. In der Spätphase eines Produkts wird es häufig Ingenieursleistungen geben, die zwar ebenso aner kennenswert sind wie die Pionierarbeiten (und sie an wissenschaftlichem Wert häufig übertreffen), aber nur marginale Verbesserungen bringen. Die Berichterstattung richtet sich also nach dem Gewicht als Innovation; sie kann späte, auch hervorragende Leistungen ungerechterweise nicht nach Verdienst würdigen. Die Magnetbandtechnik macht keine Ausnahme.

Ausgeklammert wurden nach Möglichkeit eher technikfremde Einflüsse, etwa die periodisch ausbrechenden Diskussionen um Urheberrechte und die daraus abzuleitenden finanziellen Zwangsabgaben. Beabsichtigt ist vielmehr, in erster Linie technische Entwicklungen zu dokumentieren. Es ist jedoch weder möglich noch beabsichtigt, Grundkenntnisse der Magnetspeichertechnik zu vermitteln. Wer hier nach kompetenter Information sucht, sei auf die Literaturhinweise (Seite 662) und auf das Internet verwiesen.

Die Verfasser sind optimistisch genug zu hoffen, dass ihre Arbeit nicht nur den technisch Interessierten ansprechen, sondern auch eine Hilfsfunktion bei künftigen Darstellungen der Periode 1930 – 1950 erfüllen wird, das heißt, sie soll mit der Technik nicht vertrauten Historikern zumindest nahe bringen, was seinerzeit in Sachen Schall- und Bild-Aufzeichnung möglich war oder wo und wann das Magnetophon eine Rolle spielte oder gespielt haben kann (siehe die auf Seite 137 wiedergegebene Äußerung des Historikers Jürgen Rohwer). Es ist also nicht Sache dieser Arbeit, kulturelle beziehungsweise kulturhistorische Aspekte auszuleuchten; wohl aber, solche Analysen mit einer Fakten- und Dokumentensammlung vorzubereiten und zu fundieren. Darum bezeichnen wir diese Arbeit nicht anspruchsvoll als „Geschichte“ (so dass sie eine kulturell-philosophische Analyse der Zeitumstände und der gegenseitigen Einwirkungen leisten müsste), sondern bescheidener als *Chronologie*.

Vom geistigen Ursprung einer Erfindung bis zu ihrer praktischen Vollendung ist meist ein sehr weiter Weg. Mag eine Erfindung auf den ersten Blick noch so bestechend sein, wertvoll wird sie erst, wenn sie für die menschlichen Bedürfnisse nutzbar gemacht wird.

Diese praktische Ausarbeitung einer Erfindung, die Umsetzung der Idee in Stoff, ist fast immer der schwierigere Teil der Aufgabe. Eine Fülle unvorhergesehener Schwierigkeiten muß überwunden werden, alle Mittel der Wissenschaft und Technik müssen angewandt und oft erst wichtige Nebenerfindungen gemacht werden, so dass Jahre, ja Jahrzehnte vergehen, bis es gelingt, im Kampf mit der zähen Materie der Natur ein Produkt abzurufen, das die Eigenschaften zeigt, die der Erfindergeist vorausahnend gewollt hat.

Curt Stille, 1929¹

ERSTES BAND: Vordenker und Pioniere

Magnetton: Vorläufer und Nebenwege

Keine andere Epoche hat die westliche Welt so durchgreifend verändert wie die Zeitspanne zwischen 1840 und 1900. Eisenbahnen eroberten Kontinente; Nachrichten überholten Postkutschen dank Morses Telegraphen (1844), nur zweiunddreißig Jahre später überrundet von Bells Telefon (1876). 1886 machte Ottmar Mergenthaler aus Setzerkästen zeilenspuckende „Linotypes“, Kniehebelpressen wichen Rotationsdruckmaschinen, Zeitungen wurden Allgemeingut, Umfang und Auflagen stiegen. Leinwand und Pinsel bekamen Konkurrenz von Kamera und Film. Kerzen und Gasleuchten verlöschten, als Edison die Glühlampe industriell herstellte und bald die Infrastruktur, elektrische Kraftwerke und Verteilernetze, mitlieferte. Edison gelang es auch, einem Phantasiekind ganzer Menschengenerationen als „*mechanical phonograph*“ Gestalt zu geben: eine Maschine, die Musik, Sprache, Geräusche nicht nur aufzeichnen kann – da gibt es Vorläufer –, sondern das Aufgezeichnete auch wieder hörbar macht. Das Wunderding von Weihnachten 1877 entpuppte sich als die Keimzelle einer ganzen Industriebranche, die vom Festhalten, Vervielfältigen und Verkaufen von Musik lebt, noch heute Hunderttausende beschäftigt und Milliarden umsetzt.

Solche eben aus dem Ei geschlüpften Erfindungen bieten einem hellen Kopf jede Chance, das Vorhandene mit wenigen guten Eingebungen ein ansehnliches Stück weiterzubringen. Ein großer Wurf wie der Phonograph – wenn denn sein Potenzial erkannt wird – zieht unweigerlich Praktiker mit soliden Kenntnissen und langem Atem an, und wer sich als Lebensmotto „*I can make a better one*“ gewählt hat, ist geradezu verpflichtet, Schwachstellen herauszufinden und sie mit originellen Vorschlägen in Vorzüge zu verkehren. Hier war dies nichts weniger als die magnetische Schallaufzeichnung, der „*electrical phonograph*“, den Oberlin Smith in Bridgeton, New Jersey, USA, 1878 in Theorie und Experiment entwickelte.

Erstaunlicherweise sanken aber mechanischer wie elektrischer Phonograph alsbald in eine Art Dornröschenschlaf. Edison selbst stellte seinen „*mechanical phonograph*“ bald „*als ein reines Spielzeug, ohne kommerziellen Wert*“ zugunsten der Glühlampen-Entwicklung zurück;² ein ernstzunehmendes Gerät wurde daraus erst um 1888, als 1887, zusammen mit anderen Vorschlägen, der 1851 in Hannover geborene Emile Berliner das Grammophon als definitive Form der mechanischen Schallaufzeichnung vorgestellt hatte.³

Das magnetische Verfahren brauchte noch mehr Reifezeit: zwei Jahrzehnte sollte es dauern, bis ein anderer Ingenieur um die Jahrhundertwende erste Patente darauf erhielt. Und erst ein halbes Jahrhundert nach der ersten Beschreibung, im Jahr 1928, fand auch die Magnetspeichertechnik zu ihrer definitiven Form und entwickelte sich nun stetig zum universellen Speicherverfahren für Schallereignisse, Bilder und Daten weiter.

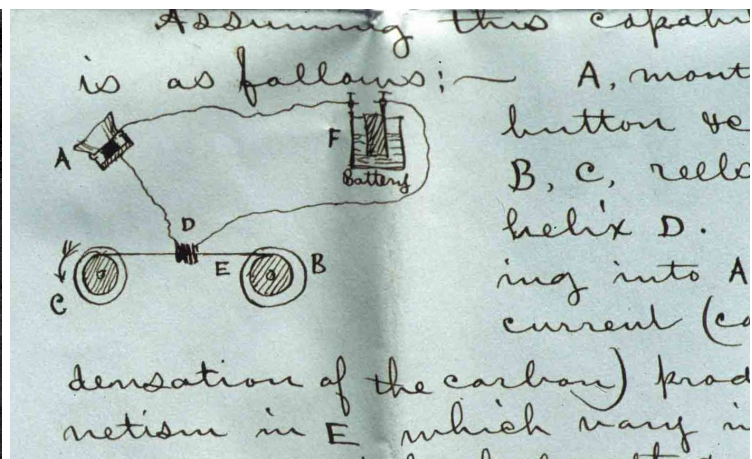


Abbildung 1 (LINKS): Oberlin Smith (1840 – 1926), Vordenker der magnetischen Aufzeichnungstechnik.

Abbildung 2 (OBEN): Die erste Skizze zu einem Magnettongerät: Oberlin Smith's Zeichnung in seinem Memorandum vom 23. September 1878. Zu beachten ist die gedrängte Bauart der Spule D!

Oberlin Smith's Magnetton-Experimente

Oberlin Smith gehörte zu einem Menschenschlag, der für originelle Vorschläge prädestiniert scheint, nämlich zu den kreativen Außenseitern. Er war ein gut ausgebildeter Ingenieur, der sich auch auf fremdem Feld mit Glück als Erfinder betätigte. Seine Eltern waren in England geboren; der Vater engagierte sich stark in der Anti-Sklaverei-Bewegung, wie auch später sein Sohn, der sich zudem für das Frauenwahlrecht einsetzte – offenbar nicht nur auf technischem Gebiet eine fortschrittliche Persönlichkeit. Geboren am 22. März 1840 in Cincinnati, Ohio (USA), gründete Smith 1863 eine Fabrik in Bridgeton, New Jersey, deren Eigentümer und Chefindgenieur er bis zu

seinem Tod am 18. Juli 1926, im Alter von 86 Jahren, blieb. Zu dieser Zeit zählte die Ferracute Machine Co. als Hersteller von Pressen, Gesenken und anderen Werkzeugen zur Bearbeitung von Metallbarren und Blechen zu den führenden Betrieben der USA auf dem Gebiet der spanlosen Metallverformung. Zu den besten Kunden gehörten die Ford Motor Company und die Victor Talking Machine Company in Camden, NJ, seit ihrer Gründung durch Emile Berliner im Jahr 1898 (die Ferracute-Pressen wurden freilich nicht zur Schallplatten-Produktion eingesetzt). Smith hat etwa 70 Patente angemeldet; für den Jahresturnus 1889 wählte ihn die American Society of Mechanical Engineers zu ihrem Präsidenten.

Zeitlebens für alle technischen Neuerungen aufgeschlossen, traf Smith Ende 1877 oder Anfang 1878 mit Edison zusammen, also kurz nach der Erfindung des Phonographen. Smith erkannte sowohl das Erfindungs-Potenzial dieses Geräts als auch seine Schwächen. Er zögerte nicht, sein Lebensmotto „*I can make a better one*“ auch auf die Schallaufzeichnung anzuwenden;⁵ als Konsequenz kaufte er einen Phonographen und experimentierte damit. Smith, den Musikliebhaber, störten die Klangverfärbungen und die Kratzgeräusche der mechanischen Aufzeichnung; der kostenbewusste Maschinenbauer betrachtete die Schraubenspindel skeptisch, die bei Edisons Gerät die Walze den Membranen entlang transportiert, denn wenn sie spiel- und ruckfrei laufen soll, wird daraus ein teures Präzisionsteil.

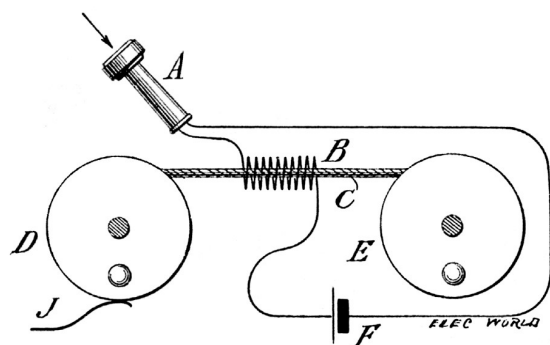


FIG. 4.

Abbildung 3: Der „elektrische Phonograph“ in Aufnahme-Position.

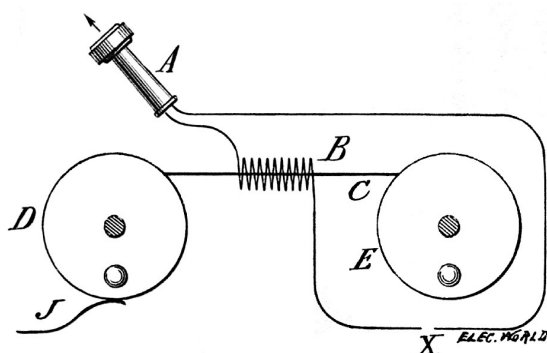


FIG. 5.

Abbildung 4: Der „elektrische Phonograph“, hier in der Wiedergabe-Position dargestellt

Originalfassungen der Illustrationen in „*Some Possible Forms of Phonograph*“, The Electrical World, September 1888

öffentlichte Smith 1888, also zehn Jahre später. Es ist packend zu lesen, wie präzise er alle grundlegenden Schritte der magnetischen Schallaufzeichnung beschreibt, auch wenn er mangels etablierter Fachsprache manchmal weit ausholen muss. Hier zeigt sich seine natürliche schriftstellerische Begabung wie in seinen fachbezogenen, ausgesprochen erfolgreichen Büchern.⁶

Smith's Phonograph ist übersichtlich aufgebaut. D und E in Abb. 1 sind die von einem (nicht gezeichneten) Federwerks-Motor angetriebenen Vorrats- beziehungsweise Aufwickelspulen für den Tonträger C; J ist eine rudimentäre „Band“-zugsregelung; als akustisch-elektrischer Wandler A (Mikrofon) dient der damals aktuelle Bell'sche Telefonapparat. B arbeitet als elektrisch-magnetischer Wandler (eine Magnetisierungs-Spule; Entsprechung: Tonkopf), F ist eine Batterie, die die Betriebsspannung liefert und – von Smith nicht erwähnt und keinesfalls in ihrer Bedeutung erkannt – für die Gleichstrom-Vormagnetisierung sorgt.

Bei der Aufnahme durchlaufen die tonfrequenten Ströme, „*broken into waves of varying lengths and intensities corresponding with the vibrations of the diaphragm in the telephone*“, die Spule B und erzeugen in ihr ein Magnetfeld; so entsteht auf dem bewegten Tonträger C ein Magnetisierungsmuster, das ein Abbild der Schallschwingungen

Smith setzte mit kleinschrittigen Veränderungen des mechanischen Phonographen an. Seine ersten Verbesserungsvorschläge liefen auf folgendes hinaus: der Folienzylinder des Phonographen wird zu einem schmalen Streifen aufgeschnitten, ergibt also einen bandförmigen Träger beliebiger Länge. Er wird auf Spulen gewickelt und von Hand, besser von einem Federwerksantrieb, transportiert. Bevor das (Stahl-)Band unter der aufzeichnenden Phonographen-Nadel durchläuft, wird es von einem Brenner erwärmt, so dass es sich leichter und genauer verformen lässt. Das heißt: das plastische Muster der Aufzeichnung ist mechanisch erzeugt und wird mechanisch abgetastet. Widerstandsfähiger als Edisons Zinnfolie, kann es bei Wiedergabe mittels einer Hebelmechanik abgetastet werden, die größere Amplituden liefert. – In den 1930er Jahren aufgegriffen und wesentlich erweitert, entstand aus Komponenten dieses Vorschlags das Tefiphon (später auch Tefifon geschrieben).

Trotzdem bleiben die Verzerrungen und das unvermeidliche Kratzen. Wie also lassen sich Schallwellen ohne mechanische Verformung des Trägers aufzeichnen? Smiths Antwort, die er zwischen Frühjahr und Sommer 1878 fand, heißt: Veränderung des „magnetischen Profils“ eines magnetisierbaren Trägers, anders gesagt, Aufzeichnung durch trägheits- wie massefreie Zustandsänderung des Magnetflusses längs des Trägers durch ein Magnetfeld und, in Umkehrung der Magnetisierung, Wiedergabe mittels Induktion, also Abtasten der magnetischen Felder auf dem Träger. Das Schallsignal ist also in Form eines Magnetisierungs-Musters gespeichert. Was aus diesem Vorschlag wurde, ist Thema des vorliegenden Buchs.

Eine ausführliche Beschreibung seines Verfahrens ver-

ist (Abbildung 3). Bei Wiedergabe – Smith betont, dass im wesentlichen die gleichen Bauteile benutzt würden wie zur Aufnahme – ist der Telefonhörer A der „Lautsprecher“, der elektrisch-akustische Wandler. Die Spule B, jetzt der magneto-elektrische Wandler, arbeitet als Induktionsspule, das heißt, sie setzt Magnetisierungen in elektrische Spannungen um. Smith zieht das Fazit seiner Erfindung: *„These waves of current will correspond in length and relative intensity with the original wave currents, and will therefore reproduce the vibrations of the original sound in the diaphragm of the telephone at any time in the future.“* Dann aber stieß er auf ein entscheidendes Hindernis: *„If such induced currents are not strong enough to produce sufficiently loud sounds it may be possible to insert at X ... some intensifying apparatus, such as a battery, but which has not yet been thought out“* (Abbildung 4). X, später Verstärker genannt, blieb tatsächlich noch dreißig Jahre eine unbekannte Größe, verbrauchergerechte Ausführungen ließen sogar noch ein halbes Jahrhundert auf sich warten.

Wie ist der Tonträger beschaffen? Die Bauanleitung erweist sich, so rudimentär sie scheint, bei genauem Hinsehen als gründlich durchdacht. Unsichere Vorstellungen vom Magnetismus kompensiert Smith mit dem zukunftsweisenden Kunstgriff, sehr feinen, gehärteten Stahldraht in Miniatur-Abschnitte zu zerschneiden. Das Härten soll vermutlich, entsprechend den damaligen Vorstellungen von Magnetismus, die Koerzitivfeldstärke des Stahls heraufsetzen; jedenfalls verbessert es das Korrosionsverhalten. Diese kurzen Stücke werden in einen Faden aus Baumwolle, Seide oder einem anderen Material eingearbeitet. Das gibt den zusätzlichen Nutzen, dass man die Materialeigenschaften des Informationsträgers unabhängig vom mechanischen Träger optimieren kann. Smith hielt sogar *soliden*, gehärteten Stahldraht für geeignet, fürchtete aber, die Magnetisierung würde sich unkontrolliert über den ganzen Träger ausbreiten. Sollte das nicht zutreffen, wäre Stahldraht *„das einfachste, was bisher vorgeschlagen wurde“*.

Was die Drahtstücke angeht, fand Smith, *„that they must not be too short - say not less than three or four times their diameter - or they could not be saturated with magnetism to any appreciable degree“* – eine Folge der Selbstentmagnetisierung relativ kurzer Körper.⁷ Smith vergaß weder die qualitativen Vorteile seines Tonträgers – er versprach sich *„a perfect record of the sound, far more delicate than the indentations in the tin-foil of mechanical phonograph“* – noch seine ökonomischen, nämlich Preiswürdigkeit, geringes Gewicht und Biegsamkeit.

Smith betonte nachdrücklich, dass sich seine Apparatur sowohl zur Aufnahme wie zur Wiedergabe eigne, und zwar dank der Umkehrbarkeit der Wirkungsweise der Wandler. Das sollte, nachdem einmal praktikable Ausführungsformen gefunden waren, auch der Hauptvorteil der Tonbandgeräte gegenüber Lichtton wie Schallplatte bleiben, und was es an eher kurzlebigen Verfahren gab, bei denen sich der Aufnahme-Wandler grundsätzlich vom Wiedergabewandler unterscheidet: das lief in der Praxis auf zwei Geräte hinaus, von denen das eine *„nur aufzeichnen“*, das andere *„nur wiedergeben“* konnte. Freilich blieb Smith auch realistisch, wenn er den damaligen Entwicklungsstand seiner Erfindung einschätzte. Unter anderem war er nicht sicher, welcher Träger-Durchmesser und welche Vorschub-Geschwindigkeit erforderlich wären. Über die typische Zugriffszeit auf langgestreckten Trägern im Vergleich zu Platten oder Zylindern äußert er sich so:

One disadvantage of the cord is that if some small portion of the record near the middle has to be repeated there is a good deal of unwinding to do to get at it. ... In practice, however, it might prove that this unwinding was a small matter, if a rapidly working automatic winder were used.

Spätere Einsatzfelder wie Musikaufzeichnung, Diktate oder gar Messwerte hat Smith bestenfalls *„angedacht“*, er hielt insbesondere das *„recording telephone“* für eine gute, nicht zuletzt wirtschaftlich interessante Anwendungsmöglichkeit seiner Erfindung. Das Prinzip verdeutlichte er mit einer Zeichnung, die den elektrischen Phonographen in einen Telefonkreis schaltet. Die entsprechende Text-Passage streift das Thema Datenschutz: ein aufgezeichnetes Telefonat könnte vor Gericht als Beweismittel eingesetzt werden.

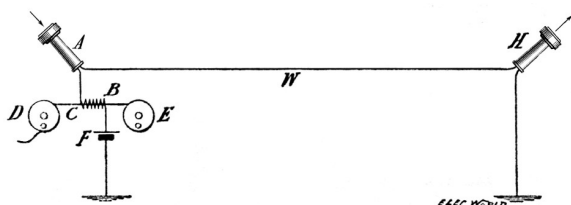


FIG. 6.

Abbildung 5: Eine praktische Anwendung für den „elektrischen Phonographen“: Speichergerät für nicht entgegengenommene Telefonanrufe. Original aus *„Some Possible Forms of Phonograph“*, The Electrical World, September 1888.

Smith war sich bewußt, dass er einen von Edison unabhängigen, aussichtsreichen Weg einschlug: Das Verfahren arbeitet – zumindest was die Wandlungsvorgänge angeht – rein elektrisch, wovon er sich eine störungsfreie Aufzeichnung und Wiedergabe versprach. Zudem war er sicher, dass diese Methode bisher nirgendwo auch nur in Ansätzen vorgeschlagen wurde. Zu Recht also von der Bedeutung seiner Arbeit überzeugt, traf Smith Anstalten, seine Erfindung zu schützen. Am 23. September 1878 hinterlegte er beim Distriktsnotar des Bezirks Cumberland, NJ (der für seinen Wohnort Bridgeton zuständig war), zwei Memoranden. Das erste hielt die Verbesserungen des *mechanischen*

Phonographen fest; das zweite brachte eine vorläufige Beschreibung seines *elektrischen* Phonographen. In der richtigen Annahme, die Memoranden allein könnten seine Ansprüche nicht unanfechtbar absichern, reichte er am 4. Oktober 1878 beim Patentamt der Vereinigten Staaten ein präzise formuliertes Caveat ein.⁸

Der stetige Aufschwung, den Smith's Firma Ferracute nach der Centennial Exposition 1876 in Philadelphia, PA, nahm, ließ ihrem 38jährigen Besitzer und Chefingenieur keine Zeit mehr. Es ist daher offen, wie lange und wie intensiv sich Oberlin Smith nach dem vielversprechenden Start noch mit magnetischer Schallspeicherung

befasst hat. Ende 1878 schickte er drei Briefe an Edison, mit denen er zwei Mikrofonkapseln aus dessen Telefonarbeit bestellte und auch erhielt; er schrieb hier, vielleicht zu bescheiden, nur allgemein von „*some amateur electrical experiments*“. 1888 hält Smith fest, er sei ihm gelungen, „*to build a temporary apparatus and to develop a successful machine for spinning metallic dust into a cotton cord, but was obliged to lay aside the whole thing before arriving at any acoustic results*“ – *acoustic* ist im Original hervorgehoben.

Welche Ergebnisse hatten demnach die Smithschen Versuche? Offenbar keine „*acoustic results*“ im Sinn von Schallsignalen; aber vielleicht besagt die Betonung auf „*acoustic*“: Smith konnte sich in irgendeiner Weise davon überzeugen, dass auf seinem Magnet-Tonträger Signale gespeichert waren. Ob er mit einer Batterie und Morsetaste als „Generator“ Impulse aufgezeichnet hat, die bei Wiedergabe als Knacke hörbar waren? Welchen praktischen Erfolg er hätte haben können – Zeit, Ausrüstung und finanzielle Mittel einmal vorausgesetzt –, könnten nur aufwendige Experimente klären. Ein schweres Handicap erwähnte er ja ausdrücklich in *Some Possible Forms of Phonograph*: das Fehlen jeder Art von Verstärkern.⁹

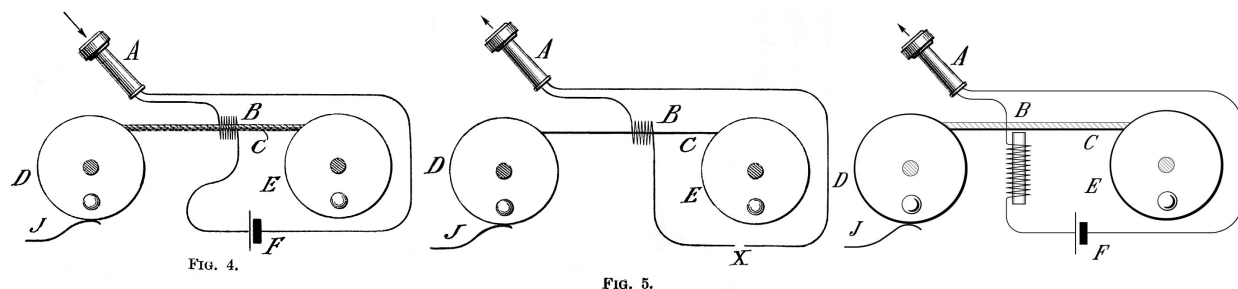


Abbildung 6: Der „elektrische Phonograph“ wie in Abbildung 3 (LINKS) und Abbildung 4 (MITTE), jedoch sind hier die Wandler-Proportionen nach Smith's Leserbrief vom 29. September 1888 an The Electrical World sinngemäß korrigiert.
Abbildung 7 (RECHTS): Smith's Skizze seines Magnetton-Geräts, Konfiguration des Wandlers nach seinen Angaben vom 29. September 1888 rekonstruiert.

Als 1888 die *Schallplatte* von Emile Berliner neuen Schwung in die eingeschlafene Entwicklung des Gramophons brachte, veröffentlichte Oberlin Smith seinen Experimentalbericht „*Some Possible Forms of Phonograph*“ in der Ausgabe vom 8. September 1888 der weitverbreiteten US-Fachzeitschrift „*The Electrical World*.“ Lag es an dem utopisch erscheinenden „X“, dass der Artikel weitgehend unbeachtet blieb? Außer einigen Leserbriefen – darunter die allerdings entscheidend wichtige Ergänzung und Berichtigung von Oberlin Smith¹⁰ – und einer Zusammenfassung in einer französischen Fachzeitschrift¹¹ ist keine angemessene Reaktion bekannt geworden. Edison, dem Smith nach einem Besuch der Menlo Park-Labors im Februar 1889 eine Kopie des „*phonograph article*“ zugesandt hatte, verpasste wegen eines „*new experiment upon which he is working night and day*“ die Gelegenheit, sich näher mit den Vorschlägen zu befassen.¹²

Das Interesse an Smiths Veröffentlichung flackerte um 1900 und 1910 noch einmal kurz auf. Regelrecht wiederentdeckt wurde „*Some Possible Forms of Phonograph*“ nicht vor 1941;¹³ erste Hinweise darauf und Zitate finden sich in Arbeiten aus den Jahren 1948 und 1949. In späteren Publikationen klang meist ein skeptischer Unterton an:¹⁴ handelt es sich hier um eine Spekulation, eine Schreibtischerfindung, in der nur aus späterer Sicht ein schöpferischer Aspekt zu entdecken ist?

Klarheit brachte ein (erst 1985 wiedergefundener) Leserbrief von Smith, den *The Electrical World* am 29. September 1888 abdruckte. Die hier konzentrierten Informationen werfen ein ganz neues Licht auf seine Arbeit. Ein ernstzunehmender Vorhalt späterer Leser richtete sich nämlich gegen die ungewöhnliche Länge der Spule B, die zumindest eine sehr hohe Trägergeschwindigkeit voraussetzt;¹⁵ ja, dieses Detail zeige sogar, dass Smith's Ausführungen nicht richtig durchdacht seien – ein an sich berechtigter Einwand, der aber auf einen Zeichenfehler zurückzuführen ist. Die Spule B, vom Grafiker der „*Electrical World*“ säuberlich in die Länge gezogen, muss laut Smith ganz kurz und kompakt sein (wie die Skizze im *Memorandum* andeutet); im Grenzfall würde sogar eine einzige Windung genügen. Weiter zeigt Smith's Leserbrief, dass er praktisch experimentiert hat; beispielsweise hat er eine Eisenkern-Spule als elektromagnetischem Wandler erprobt, über deren Kante der Tonträger lief. Damit hat sich Smith auch als Erfinder eines zweiten funktionstüchtigen Wandlers profiliert. Die zusätzlichen Angaben führen zu der Anordnung von Abbildung 7; eine durchaus ähnliche Anordnung war in den 1930er Jahren zum Abtasten von Stahlband-Aufzeichnungen in Gebrauch.¹⁶

Einen Hauptvorteil des Verfahrens hat Smith seltsamerweise nicht genannt (vielleicht als selbstverständlich vorausgesetzt), nämlich die Lösch- und Wiederverwendbarkeit des Trägers. Trotzdem bleibt ein respektabler Katalog von Innovationen:

- die magnetische Schallaufzeichnung selbst,
- zwei funktionstüchtige Wandler, dazu
- der draht- und bandförmige, der homogene wie der inhomogene magnetische Tonträger.

Und trotzdem: angesichts von „X“ ist man fast versucht, Oberlin Smith zu beglückwünschen, dass er nach etwa zwei Jahren seine Magnetton-Experimente aufgab und sich ganz seiner erfolgreichen Firma widmete. Immerhin hat er noch als Achtzigjähriger

... produced a record changer that permitted him to choose any record from among fifty and, from almost any place in his house, remove one record from the turntable, select a new record and place it on the turntable, and set the needle down on the record to begin play. Smith called his device an „Autofono,“ and sought a patent for it in December 1921, at least four years before the first automatic record changer was available and several more years before the juke box, with its remote changer, was invented.¹⁷

Leider wurden die meisten Unterlagen und Experimentiergeräte bei einem Brand der Ferracute-Gebäude 1903 zerstört; vieles, was übrigblieb, verbrannte mit Smith's Wohnhaus einige Jahre nach seinem Tod.¹⁸

Oberlin Smith – Erfinder oder Vordenker?

War Oberlin Smith also der *Erfinder* der magnetischen Schallaufzeichnung? Stellvertretend für seine Zeitgenossen antworten zuerst das amerikanische Patentamt, dann Valdemar Poulsen, der die ersten *funktionsfähigen* Magnetongeräte baute, und schließlich Emile Berliner. Das Patentamt hätte einen Antrag Smith's abgewiesen, denn er konnte kein funktionsfähiges Modell vorweisen, wie es seinerzeit erforderlich war. Valdemar Poulsen musste Einwände aus Bridgeton kategorisch bestreiten, bevor er das Telegraphon in den USA patentieren lassen konnte, was zuvor schon in 14 Ländern gelungen war. Emile Berliner, als renommierter Wissenschaftler und Erfinder der Schallplatte Poulsen ebenbürtig, war am ehesten geneigt, Smith als Erfinder anzuerkennen, doch ihm lag das Dokument nicht vor, das ihn wahrscheinlich zu einem positiven Gutachten veranlasst hätte.

Die Auseinandersetzung zwischen Smith und Poulsen begann offenbar während der Weltausstellung 1900 in Paris, auf der das Telegraphon Sensation machte (Seite 15). Oberlin Smith betreute den Ferracute-Messestand von Mitte Juni 1900 bis Anfang September.¹⁹ Es ist unwahrscheinlich, dass ihm das Telegraphon entgangen sein sollte, dessen Prinzip er zwölf (beziehungsweise 22) Jahre zuvor erarbeitet und beschrieben hatte. Ebenso wenig dürfte es Zufall sein, dass der Prüfer des US-Patentamts, dem der Telegraphon-Antrag seit Juli 1899 vorlag, am 26. Juni 1900 Poulsens Anwalt W. A. Rosenbaum mit der technischen Substanz von „*Some Possible Forms ...*“ konfrontierte.²⁰ Rosenbaum bestritt der Veröffentlichung Anfang Juli jede Bedeutung und konnte damit, wie es scheint,²¹ den Patentprüfer überzeugen; jedenfalls wurde Poulsen das US Patent 661,619, *Method of Recording and Reproducing Sounds or Signals*, einen Tag nach Schluss der Pariser Weltausstellung, also am 13. November 1900, erteilt. Poulsen hatte in dieser Sache noch weitere Auseinandersetzungen mit dem US-Patentamt durchzustehen, bei denen aber die Prioritätsfrage keine Rolle mehr spielte.

Damit war die Erfinder-Frage offiziell zunächst einmal geklärt; was Smith weiter unternahm, außer Ende Januar 1901 beim US-Patentamt eine Kopie seines mittlerweile 22 Jahre alten Caveats zu bestellen,²² ist nur unzureichend bekannt. Spätestens Ende September 1903, als die Ferracute-Fabrikgebäude abbrannten, muss das Thema in den Hintergrund getreten sein.²³

Am 16. Dezember 1908 hielt Charles K.[ingsley] Fankhauser vor dem Franklin Institute, Philadelphia, PA, einen Vortrag mit dem Titel „*The Telegraphone*“, in dem er sich bemerkenswert praxisnah über die magnetische Schallaufzeichnung äußerte, dabei aber ausschließlich Poulsens Arbeiten erwähnte.²⁴ Und das nicht von ungefähr: Fankhauser, ein gewiefter Börsenmakler, hatte 1905 (anstelle einer erfolglosen Firmengründung Poulsens) die *American Telegraphone Company* etabliert, die endlich den nordamerikanischen Markt erschließen sollte.²⁵ Es ist gut möglich, dass Smith, langjähriges Mitglied des Franklin Institute, diesen Vortrag selbst gehört hat (zumal Philadelphia nur gut 100 km von Bridgeton entfernt ist). Jedenfalls legen das seine unmittelbar folgenden Aktivitäten nahe: am 23. Dezember besorgte er sich vom Distrikts-Notar Abschriften seiner Memoranden.²⁶ Seine Freunde und Mitarbeiter Henry A. Janvier und P. Kennedy Reeves bestätigten am 24. Dezember 1908, dass sie ihm 1878 „*in sundry experiments relating to the production of phonograph records*“ assistiert hatten.²⁷

Auch dieser Anlauf scheint versandet zu sein. Erst knapp zwei Jahre später, im Oktober 1911, versuchte der mittlerweile 71 Jahre alte Smith zum vermutlich letzten Mal, seine Arbeit angemessen gewürdigt zu sehen. Er schrieb einen ausführlichen Bericht für das Journal des Franklin Institute,²⁸ in dem er auch die beiden Memoranden und das Caveat von 1878 zitiert. Dieses Manuskript schickte das Franklin Institute mit der Bitte um ein Gutachten an Emile Berliner; den irritierte prompt die zeichnerisch langgestreckte Spule. Nachdem er im Caveat den Schlüsselsatz „*the filament „A“ may be caused to pass near to, but not through said helix with its surface in contact with a soft metal bar which is contained within said helix*“ gefunden hatte, kommt er zu dem Schluss:

If Mr. Smith on the other hand had shown in the *Electrical World* the idea expressed in the caveat of the ribbon being in contact with the metal bar contained within said helix, and if we assume that he meant such metal to be soft iron, then we would have had a published description of a practical method for recording sound magnetically.²⁹

Man fragt sich unbehaglich, warum sich Smith nicht an seinen aufschlussreichen Leserbrief vom 29. September 1888 erinnerte, der freilich schon 23 Jahre zurücklag. Ein positives Votum Berliners, dann eine Publikation im angesehenen Journal des Franklin Instituts hätte Smith womöglich in eine Reihe mit Edison, Berliner und Poulsen gestellt. Was blieb, war eine honorige Erwähnung seiner Arbeit in einem Referat Berliners, wiederum in einer Franklin-Veranstaltung von 1913.³⁰ – Der Schluss von Berliners Gutachten vom Jahr 1911 lautet:

Only a few days before the receipt of this subject matter ..., I had turned over to the National Museum of this city, a lot of original apparatus referring to my inventions in recording and reproducing speech, and among them was a flat coil containing an iron core with a knife-edged slot, made by me in 1882, and provided with the initials of witnesses and date, which coil was used by me for the same purpose, that of recording speech magnetically on a flat steel tape drawn through said slot while a speech current passed through said coil. The result at that time was negative and I abandoned the idea. But this coil is probably the first bit of apparatus in existence used for the purpose of recording speech magne-

tically, and I do not know but it might give feasible results if tried over again with a harder quality of steel than which I used in 1882. But I should not desire to make even an attempt of claiming to have antedated Poulson or to deserve a mention, as I did not [...] publish, as did Mr. Smith, what I conceived should be possible to do.

Was wäre wohl von Smith's Entwicklungen bekannt geworden, hätte sich Emile Berliner schon 1882 entschlossen, seine eigenen Experimente zu publizieren? Die magnetische Schallaufzeichnung gälte wohl als eine weitere „Berliner-Erfindung“!

Doch welche Antwort wäre heute auf die Frage zu geben, ob Smith die magnetische Schallaufzeichnung *erfunden* hat? Fasst man nämlich, wie jetzt üblich, den Begriff *Erfinder* strenger (etwa wie im Patentrecht mit seinen juristischen und wirtschaftlichen Implikationen), greift eine deutlich rigidere Definition: Erfinder darf sich nur nennen, wer nicht nur die „Idee“, den ersten Gedanken, den goldenen Einfall hatte, sondern auch einen Prototypen vorweisen kann – wem es also gelungen ist, seinen Einfall in die Praxis umzusetzen: „*Conception and reduction to practice combine to make an invention.*“³¹

Den goldenen Einfall hatte Oberlin Smith, und seine Experimente zeigen, dass er wesentliche Komponenten seines magnetischen Phonographen bis zur Verwendbarkeit entwickelt hatte, also nicht bei der bloßen Idee, der „*conception*“, stehengeblieben war. Aber einen arbeitsfähigen Prototypen hatte er nicht vorzuweisen. Dies zwar keineswegs aufgrund eines Unvermögens oder Verschuldens, sondern weil die notwendige „Neben“-Erfindung, der Elektronenröhren-Verstärker, noch Jahrzehnte auf sich warten ließ. Daher musste Smith, auf dem Weg zur „*reduction to practice*“ schon weit vorangekommen, zuletzt doch steckenbleiben. Korrekterweise müsste er *Vordenker* der magnetischen Aufzeichnung heißen. Oder darf die Technikhistorie weniger streng sein und ihn doch als *Erfinder* anerkennen?

In seinem eigenen Fachgebiet hat sich Oberlin Smith, ohne jede Einschränkung, vielfach als Erfinder ausgezeichnet. Als Ingenieur, Produzent und Kaufmann war er erfolgreich, auch nach amerikanischen Begriffen seiner Zeit. Ob er wohl die großzügige und vorausschauende Geste bedauert hat, mit der er den Artikel *Some Possible Forms of Phonograph* abschloss?

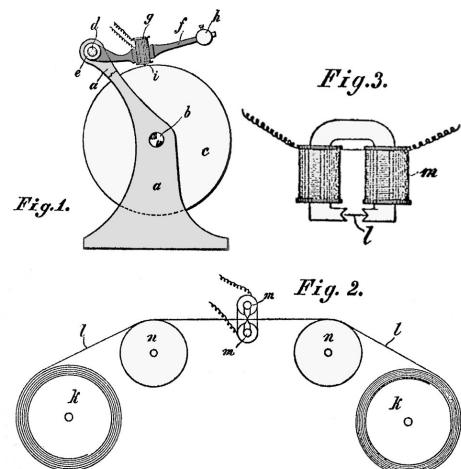
The writer ... has not the time, to say nothing of a properly equipped laboratory, to carry the ideas suggested to their logical conclusion of success or failure, and, therefore, makes them public, hoping that some of the numerous experimenters now working in this field may find in them a germ of good from which something useful may grow. Should this be the case, he will doubtless get due credit for his share in the matter; but if, on the other hand, these suggestions prove worthless, they will still have served a purpose, on the principle that a demonstration of what *can't* be done is often a pertinent hint to what *can* be.³²

Valdemar Poulsen



Abbildung 8: Valdemar Poulsen (1869 – 1942)

Abbildung 9 (RECHTS): Poulsens Telegraphon von 1898 (oben der Walzen-, unten der Stahlbandtyp), Zeichnung nach seinem ersten Patent (DK 2653, 1. Dezember 1898 sowie DE 109 569, 10. Dezember 1898). Fig. 3 ist eine Prinzipskizze des „Magnetkopfs“: Quermagnetisierung!



Als Oberlin Smith 1888 schrieb: „*Another imaginable form of C would be simply a hard steel wire, but it is scarcely possible that it would divide itself up properly into a number of short magnets. The magnetic influence would probably be distributed along the wire in a most totally depraved way, with nodal point just where they were not wanted. If it could be made to work it would obviously be the simplest thing yet suggested*“,³³ hat er übersehen, dass er den Schlüssel zu einer wirklich bedeutenden Entdeckung in der Hand hatte. Herrschende Lehre war seinerzeit – gültig bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts –, ein Magnetfeld würde ferromagnetisches Material spontan und undifferenziert magnetisieren, etwa „*wie auslaufende Tinte alle Wörter unleserlich machen würde, wenn jemand auf Löschpapier zu schreiben versuchte*“,³⁴

Es genügte das einfache Experiment eines aufmerksamen Beobachters, um die Lehrmeinung zu widerlegen. Ein Magnet, wie ein Schreibstift über ein stählernes Stemmeisen (Stechbeitel) gezogen, hinterlässt eine Spur, an der feine Eisenspäne hängenbleiben – aber eben nur entlang dieser Spur. Die wichtige Lehre aus diesem Versuch heißt: Ferromagnetische Körper lassen sich örtlich begrenzt magnetisieren. Was Oberlin Smith vermutet hatte, bewies damit Valdemar Poulsen: Stahldraht taugt zur Schallaufzeichnung.

Dies war Poulsens erste bedeutende Entdeckung, die ihm den (etwas dramatisierten) Ruf eines „dänischen Edisons“ einbrachte – die zweite, sein Lichtbogensender von 1903, war zwanzig Jahre lang der bevorzugte Generator für Rundfunkwellen, noch 1925 waren mehr als 1000 Sender dieser Bauart in Betrieb.³⁵ Poulsens Ausbildung war durchaus unkonventionell: mehr als Autodidakt denn als Ingenieur kam der 1869 geborene Sohn eines erfolgreichen Juristen 1893 zu einer der ersten dänischen Telefongesellschaften. Hier war er für Fehlersuche und -reparatur zuständig, eine Aufgabe, die gutes Beobachtungsvermögen und logisches, gelegentlich auch originelles Denken voraussetzt.³⁶

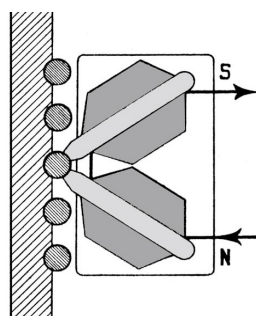
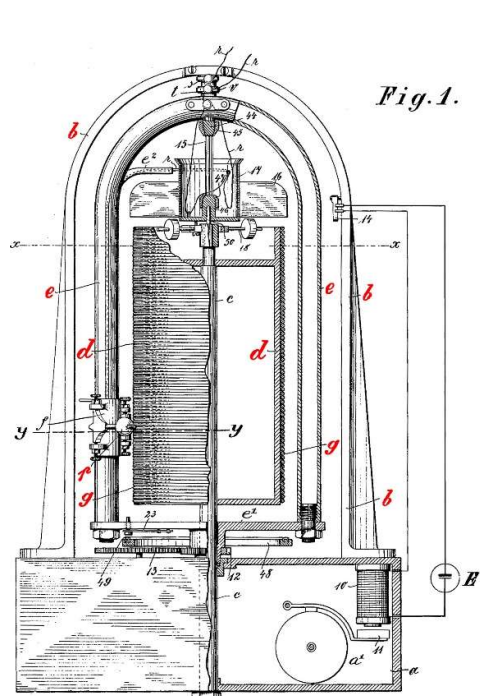


Abbildung 10 (OBEN): Das Magnetsystem der frühesten Poulsen-Telegraphone.³⁷ Abbildung 11 (LINKS): Eine vermutlich nie öffentlich vorgeführte Bauart des Telegraphons. Die Walze (g) mit dem schraubenartig aufgewickelten Stahldraht (d) steht still, der Magnetwandler (p) rotiert auf einem U-förmigen Bügel (e) um die Walze und folgt dabei den Drahtwindungen – der erste rotierende Magnetkopf! Das Ganze ist übrigens in einem Glassturz (b) untergebracht, ähnlich wie der einer Drehpendeluhr.

Poulsen fand es bald wünschenswert, Telefonbenutzern, deren Anrufe unbeantwortet blieben, wenigstens Auskunft geben zu können, wann der Inhaber des gewählten Anschlusses wieder erreichbar wäre – er wollte also auf einen Anrufbeantworter hinaus (wenn auch fürs Erste noch ohne Aufnahmemöglichkeit). Ein Gerät ähnlich dem mechanischen Edison-Phonographen schied aus, weil es kein elektrisches Signal lieferte. Wie schon Oberlin Smith, wollte auch Poulsen seine Aufgabe mit einem magnetischen Tonschreiber lösen, und sein Stechbeitel-Experiment brachte ihn auf den richtigen Weg. In seinen nächsten Experimenten tauschte er den Stabmagneten gegen einen Elektromagneten, ließ durch dessen Spule die „Sprechströme“ einer Telefonsprechkapsel fließen und zog den Magnetkern an einem frei aufgespannten Stahldraht entlang. Erneut am Draht entlang geführt, doch jetzt mit dem Telefon-Hörer verbunden, machte der gleiche Elektro-

magnet die Aufzeichnung wieder hörbar. Poulsen hatte aus seinem Basisversuch den richtigen Schluss gezogen.

Aus diesen Experimenten vom Sommer 1898 entwickelte Poulsen sein „Telegraphon“, das er als das erste funktionsfähige Magnetton-Gerät patentieren ließ, und zwar am 1. Dezember 1898 in Dänemark („Telegrafon“), am 10. Dezember 1898 in Deutschland („Verfahren zum Empfangen und zeitweisen Aufspeichern von Nachrichten, Signalen o. dgl.“) und dann in weiteren zwölf Ländern.³⁸ Poulsens erste Patente geben gleich zwei Ausführungsformen an: zunächst eine Apparatur mit Stahldraht, der schraubenlinig auf der Oberfläche einer Walze aufgewickelt ist (Abbildung 11, Fig. 1, c), gedacht für kürzere Texte wie Ansagen und dergleichen, weiter ein Gerät mit aufgespultem dünnen Stahlband für längere Aufnahmezeiten (Abbildung 9). Das Band kann quer zur Laufrichtung (Fig. 2) oder transversal magnetisiert werden (Fig. 3).

Bis Ende April 1899 hatte Poulsen die noch recht skizzenhaft beschriebenen Entwürfe deutlich weiterentwickelt, wie das englische Patent GB 8961/1899 und seine Gegenstücke aus der Schweiz, CH 19351, und den USA, US 661,619 zeigen (angemeldet am 28. beziehungsweise 29. April sowie 8. Juli 1899). In dieser zweiten Patent-Serie erscheint das Walzen-Telegraphon in einer allem Anschein nach nie öffentlich gezeigten Bauweise (siehe die Erläuterung zu Abbildung 11. Das umfangreiche englische Patent – es schützte das Telegraphon im gesamten britischen Commonwealth! – zeigt außerdem detailliert ein erstes Stahlbandgerät, angetrieben von einem Elektromotor; die beiden Spulen sind fest im Gerät montiert (Abbildung 12).

Poulsens deutsches Patent DE 109 569 kam nicht ohne Hindernisse zustande. Das Kaiserliche Patentamt Berlin äußerte nämlich im Januar 1899 „Befürchtungen, die in den verschiedenen Stellen des Eisendrahtes auftretenden magnetischen Auswirkungen könnten sich sofort über dem ganzen Draht verbreiten und die beabsichtigte Wirkung unmöglich machen“ – also genau die damals herrschende Lehrmeinung. Poulsen wurde aufgefordert, sein Gerät am Samstag, 23. September 1899, dem Patentprüfer vorzuführen; den beeindruckte das Telegraphon offenbar so, dass er schon am 2. Oktober 1899 die Patenterteilung ankündigte.³⁹ Als die deutsche Patentschrift seit dem 22. Februar 1900 ausgegeben wurde, war das Interesse der Öffentlichkeit so groß, dass im Juli 1900 eine zweite Auflage erschien.⁴⁰

Auch in den USA kam Poulsen nicht reibungslos zu seinen Schutzrechten. Dass der Prüfer des amerikanischen Patentamts die Anmeldung im August 1899 mit dem gleichen Argument zurückwies wie sein deutscher Kollege, konnte Poulsens Anwalt Rosenbaum im November noch mit Dokumenten aus dem deutschen Patenterteilungsverfahren abwenden. Auch Oberlin Smith's Intervention blieb erfolglos (Seite 12); Poulsen hat, so-

weit bekannt, die Arbeit seines Vorgängers nie angemessen gewürdigt. Das Patent US 661,619 wurde schließlich am 13. November 1900 veröffentlicht, knapp ein Jahr nach seinem deutschen Gegenstück. Was aber dazu geführt hat, dass 1906 das umfangreiche Patent US 822,222 erteilt wurde – es enthält nahezu die gleichen Ansprüche und ähnliche Zeichnungen wie US 661,619 – könnte wohl nur ein Patentrechts-Spezialist klären.

Ein Textabschnitt aus dem Patent GB 8961/1899 zeigt, wie weit Poulsen vorausgedacht hat – folgerichtig sollten diese Sätze späteren Erfindern noch Kopfzerbrechen machen:

Instead of a cylinder with a helical steel wire there may be used as a receiving device a steel band, supported if necessary on an insulating material and brought under the action of an electromagnet. Such an arrangement has the advantage that a steel band of any desired length may be used. Instead of a cylinder there may be used a disk of magnetisable material over which the electromagnet may be conducted spirally; or a sheet or strip of some insulating material such as paper may be covered with a magnetisable metallic dust and may be used as the magnetisable surface. With the aid of such a strip which may be folded, a message received at any place provided with the new apparatus may be sent to another place where it may be repeated by passing the strip through the apparatus at that place.⁴¹

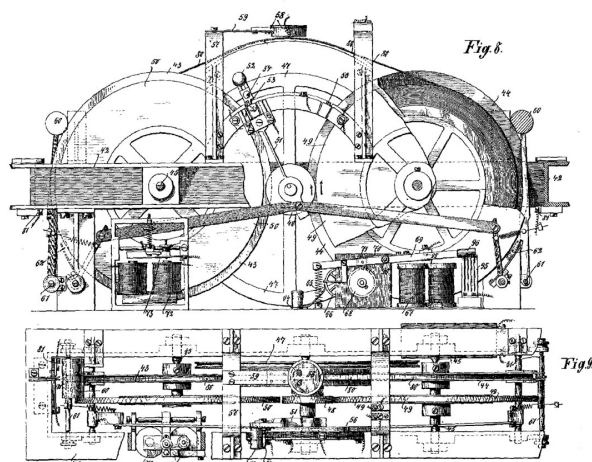


Abbildung 12: Poulsens erster Entwurf eines Stahlband-Telegraphons in der Darstellung des englischen Patents GB 8961/1899, in dem auch das Vertikalzylinder-Gerät beschrieben ist.

Mit dem hier kursiv geschriebenen Halbsatz hat Poulsen nämlich das spätere Magnetband vorweggenommen (auch wenn er, soweit bekannt, nie einen ähnlichen Träger untersucht, geschweige denn verwendet hat). Die „disk of magnetisable material over which the electromagnet may be conducted spirally“ hat als Festplatte in Computern das (Interims-)Erbe der Magnetbänder angetreten. Schließlich könnte man „a strip which may be folded“ auch als Urbild einiger Diktiergeräte-Systeme sehen, die ablängbare magnetische Träger benutzen. Darüber hinaus zeigt der Textauszug, dass Poulsen das Telegraphon zwar schwerpunktmäßig, aber nicht ausschließlich, als Telefon-Hilfsgerät gesehen hat, ebenso wie er dessen Eignung zum Versenden von Schallaufzeichnungen betont. Dass die Weiterentwicklungen seiner Erfindung zum hochwertigen Aufzeichnen von Musik und Sprache führen würden, wird er gegen Ende seines Lebens (1942) noch erfahren haben.

Telegraphone auf der Weltausstellung Paris 1900

Poulsen hatte das Glück, bald nach Gründung seiner Firma „Aktieselskabet Telegrafonen Patent Poulsen“ im Sommer 1899 Peder Oluf Pedersen kennenzulernen, der gegen Jahresende 1899 sein Mitarbeiter und bald darauf sein gleichberechtigter Partner werden sollte. Pedersen, aus einfachsten Verhältnissen stammend, war nicht zuletzt ein fähiger Mathematiker (im Gegensatz zu Poulsen), der 1921 zum Direktor, schließlich zum Rektor der Technischen Universität Dänemarks berufen wurde.⁴²

Poulsen und Pedersen mussten bald erkennen, dass fürs Erste ohne organisatorischen und finanziellen Rückhalt eines größeren Unternehmens an Erfolge nicht zu denken war. Sie verbanden daher Ende 1899 ihre Aktieselskabet Telegrafonen mit der bekannten Berliner Aktiengesellschaft Mix & Genest (als Leiterin einer Arbeitsgruppe aus mehreren Firmen),⁴³ einem bekannten Hersteller von Telefonen und dazugehörigen technischen Einrichtungen. Das erklärt unter anderem auch, wieso die informativsten Beschreibungen der Poulsen-Geräte von zwei Mitarbeitern dieses Unternehmens stammen. Hans Zopke war der Firmenchef, Ernst Ruhmer (1878 – 1913) ein hochbegabter Ingenieur, der schon 1901 Versuche mit Lichtton anstellte und später unter anderem die Voraussetzungen für die Trägerfrequenztechnik ausarbeitete.⁴⁴ Laut Ruhmer könnte Poulsens Erfindung auch „treffend als Magnetophonograph bezeichnet werden, da sie die Prinzipien des Phonographen auf das elektromagnetische Gebiet überträgt.“⁴⁵

Die Aktieselskabet Telegrafonen-Mitarbeiter Hagemann, Christensen und Lübcke zogen also zusammen mit ihren Chefs nach Berlin und bereiteten zusammen mit Zopke und Ruhmer den ersten großen Auftritt des Telegraphons auf der Weltausstellung 1900 in Paris (15. April – 12. November) vor. Aus der Skizze im Patent DE 109 569 entwickelten sie die Version mit horizontaler, rotierender Trägertrommel. Nach Wochen angestrengter Arbeit waren die Telegraphon-Ausstellungsstücke als Stahldraht- und Stahlbandgeräte fertiggestellt. Eine entscheidende Verbesserung des Arbeitsprinzips war noch im Mai 1900 gelungen: eine *Polarisierung* (oder Polarisation, später Vormagnetisierung) mit bestimmter Stromstärke erlaubte, die Aufzeichnungen in einen Bereich der Magnetisierungskennlinie zu verlegen, der eine verhältnismäßig klare, also nur mäßig verzerrte, Wiedergabe ermöglichte.⁴⁶ Diese grundlegende, für vier Jahrzehnte gültige Erfindung ist (nur) in den USA bereits 1902 zum Patent US 873,083 angemeldet, jedoch erst 1907 veröffentlicht worden.⁴⁷

Das so glücklich kurz nach Messebeginn entscheidend verbesserte Walzen-Telegraphon wurde in der dänischen Abteilung des „Elektricitätspalastes“ gezeigt und mit mehreren Exemplaren vorgeführt. Nach Ruhmers Be-

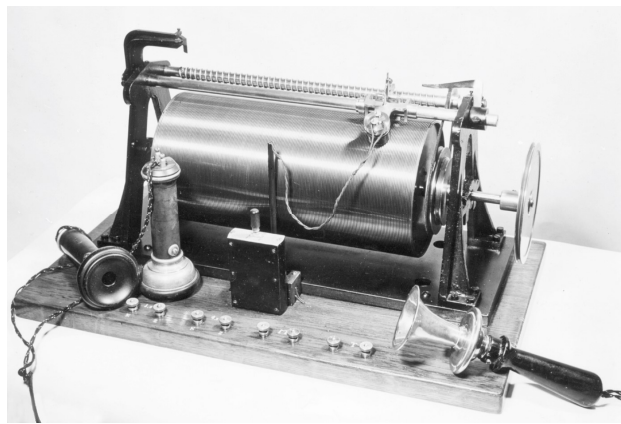
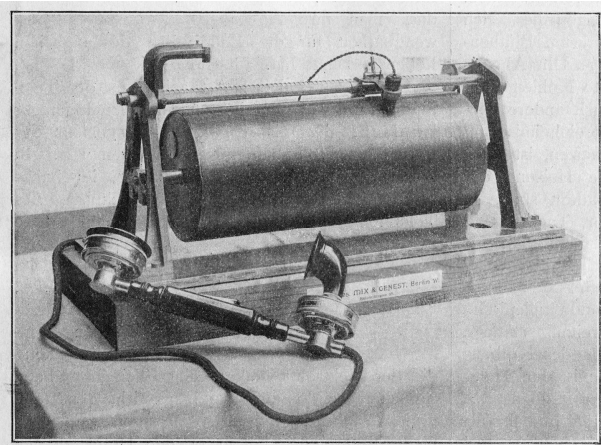


Abbildung 13 (LINKS): Poulsens Walzen-Telegraphon von 1900 in der Form, wie es während der Weltausstellung gezeigt wurde. Der Sockel trägt eine Plakette mit dem Hinweis auf die Berliner Firma Mix & Genest. Die Aufnahmezeit lag bei rund 50 Sekunden, als „Lautschriftträger“ diente Stahldraht.

(RECHTS) Eine in Details verbesserte Version; die Riemenscheibe rechts außen weist auf den Antrieb der Walze mit einem Elektromotor hin. Man beachte die Signalführung zum Magnetwandler! Das „Mikrofon“ liegt vorn rechts, die beiden Telefonhörer für die Wiedergabe links.

schreibung bestand es aus einem 280 mm langen Messingzylinder mit 140 mm Durchmesser, in dessen Oberfläche eine Art Gewinde mit 225 Gängen eingeschnitten und mit einem etwa 100 m langen Klaviersaiten-Stahldraht von rund 1 mm Durchmesser ausgelegt war. Die beiden im Winkel zueinander gestellten Kerne eines zweipoligen Elektromagneten (Kern 1 mm Durchmesser, 20 mm lang, Wicklung aus 2000 Windungen Kupferdraht 0,1 mm, seidenisoliert⁴⁸) schleiften durch eigenes Gewicht auf dem Draht. Wenn der Magnet am Ende der Walze angekommen war, hob ihn ein Mechanismus ab und beförderte ihn wieder in die Ausgangsstellung. Bei 120 Umdrehungen pro Minute lag die Umfangsgeschwindigkeit der Walze bei 2 m/s, so dass die Aufnahmezeit auf etwa 45 – 50 Sekunden begrenzt war – das genügte ja auch für eine kurze Nachricht als Antwort auf einen Telefonanruf. Diese Anordnung hat laut einer Buchpublikation in Paris mindestens 1200 Abspielungen durchgehalten, und zwar sei die „vor längerer Zeit anvertraute Mitteilung ... mit vollendeter Schärfe und Deutlichkeit“ zu hören gewesen, freilich in einem „Hörrohr“ beziehungsweise der Hörmuschel eines Telefon-Handapparats. Betont wurde die „Abwesenheit aller Nebengeräusche“. Poulsen äußert sich euphorisch über zukünftige Anwendungen, vergaß auch nicht zu erwähnen, dass „kapitalkräftige Hände im Verein mit ersten Sachverständigen die Verwertung der Erfindung übernommen“ hätten – handelte es sich doch um einen der „interessantesten und wichtigsten Ausstellungsgegenstände“.⁴⁹

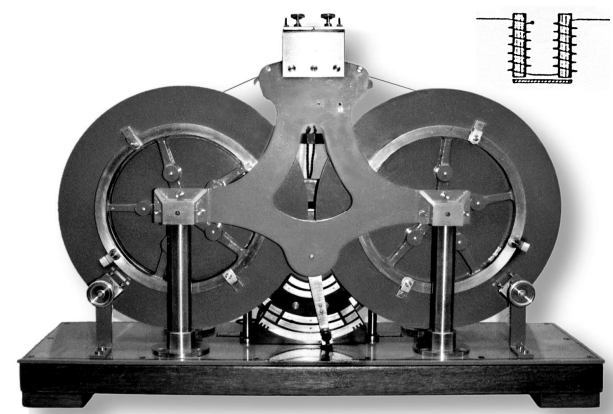
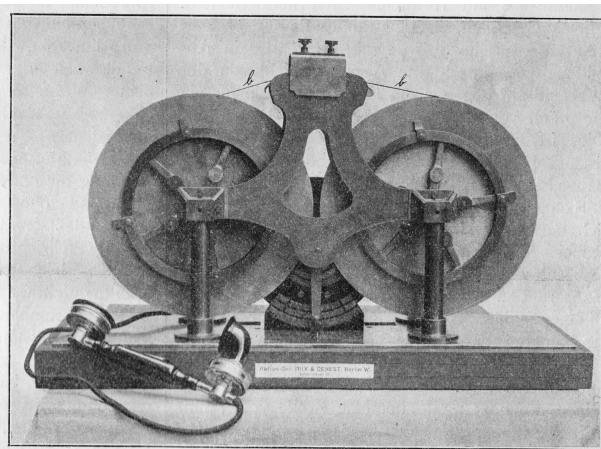


Abbildung 14: Der von der Berliner Firma Mix & Genest im Jahr 1900 gebaute „Versuchsbandtelephonograph“ für 3 mm breites und 50 µm dickes Stahlband, das bei 2 m/s Bandgeschwindigkeit eine Aufzeichnungsdauer von 16 bis 18 min erlaubte. – LINKS: Das in vielen zeitgenössischen Veröffentlichungen verwendete Bild des Geräts; RECHTS eine spätere, in Details verbesserte Ausführung. – Eingeklinkte Zeichnung oben rechts: Mit dieser Magnetanordnung wurde das Stahlband quer magnetisiert.

Mix & Genest demonstrierten ihre Geräte nicht auf der Ausstellung, sondern in Presseveranstaltungen, wo auch der zweite Poulsen-Prototyp zu sehen war, der mit vergleichsweise langem Aufzeichnungsträger arbeitende Band-Telephonograph (Abbildung 14). Anders als die Draht-Walze mit ihren wenigen Sekunden Aufnahmedauer bot das Stahlbandgerät immerhin eine Laufzeit von 16 – 18 Minuten, war damit also ungleich praxistauglicher. Mit 75 cm Breite, 52 cm Höhe, 23 cm Tiefe, einem Spulendurchmesser von etwa 35 cm und einem Gewicht von 32 kg (!) konnte es durchaus beeindruckend sein.⁵⁰ Das 3 mm breite Stahlband eines unbekannten Herstellers war nominell 0,05 mm (50 µm) dick und lief mit der Geschwindigkeit 2 m/s. Für eine 16-Minuten-Auf-

nahme waren also 1.920 m Band erforderlich; dieser 2,3 kg schwere Wickel kostete, beim Preis von 0,30 Mk pro Meter, nicht weniger als 576 Mk – damals ein kleines Vermögen. Das Stahlband-Telegraphon „gestattet aber auch die automatische Niederschrift des ganzen Telephongesprächs in Abwesenheit des Angerufenen“ – ein erster Schritt zum Telefon-Anrufbeantworter!⁵¹

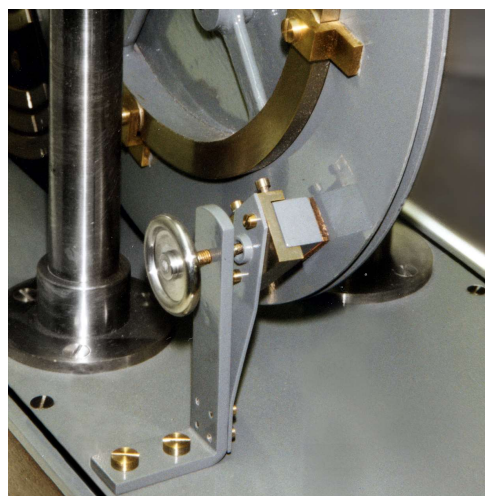
Wie die deutsche, griff auch die internationale Fachpresse das dankbare Thema in vielen Beiträgen begeistert auf. Neben den „insider“-Beiträgen von Zopke und Ruhmer in der *Physikalischen Zeitschrift* erschienen in Frankreich, England und vor allem USA – hier wird das Gerät allgemein „*Telephonograph*“, aber auch „*microphonograph*“, bald auch „*magnetophonograph*“ genannt⁵² – Beschreibungen der sensationellen Neuheit. Keine Frage, die Telegraphone gehörten, wie gesagt, in Paris zu den „*interessantesten Objekte[n] der Ausstellung*“, im Besucherbuch von Mix & Genest trugen sich unter anderen Mitglieder der Familie Siemens und der bekannte Schriftsteller Emile Zola ein.⁵³ Auch Oberlin Smith hat das Gerät mit großer Wahrscheinlichkeit gesehen (Seite 12). Zweifellos der prominenteste „Erprober“ war jedoch Kaiser Franz Joseph I. von Österreich-Ungarn, allerdings nicht während der Ausstellung in Paris, sondern auf der *Ausstellung der österreichischen Erwerbungen* in Wien, die er am 12. Oktober 1901 besuchte, einen Tag vor der offiziellen Eröffnung. Poulsen war zu diesem Anlass, begleitet von zwei Berliner Siemens & Halske-Mitarbeitern, eigens aus Kopenhagen angereist und konnte sich nun glücklich schätzen, dass Seine Majestät das Telegraphon mit den knappen Worten würdigte: „*Diese neue Erfindung hat mich sehr interessiert und ich danke sehr für die Vorführung derselben.*“⁵⁴ Diese zehn Sekunden sind die älteste erhaltene Magnettonaufzeichnung (wenn auch nur eine von drei überlieferten Sprachproben von Franz Joseph I.). Möglicherweise erst nachträglich setzte Hofrat Wilhelm von Exner, ein hochrangiger Ministerialbeamter, zeremoniell hinzu: „*Seine Majestät der Kaiser hatte die Gnade, diese Worte anlässlich höchstseines Besuchs in der Ausstellung der österreichischen Erwerbungen auf der Pariser Weltausstellung in den Apparat zu sprechen.*“ Nur die für ihn ungewohnte Situation dürfte erklären, warum Exner nicht auch das Datum des Ereignisses genannt hat. Das so „geadelte“ Telegraphon selbst ist passenderweise heute im Technologischen Gewerbemuseum Wien zu besichtigen, Exner war dessen Gründer und von 1879 bis 1904 sein Direktor.⁵⁵



Abbildung 15:

(LINKS): Der Magnetwandler des Walzen-Telegraphons

(RECHTS): Die Klotzbremse des Stahlband-Telephonographen ersetzte offensichtlich die Bandzugregelung. Das Detail gibt einen Eindruck von der massiven Konstruktion und zeigt zugleich ein schönes Stück Feinmechanik.



Wie eindeutig die dänischen und Berliner Entwickler das Telegraphon als Peripheriegerät des Telefons sahen, zeigen einige andere Entwicklungen, die hier nur skizziert werden. Das auffälligste Handikap der Telegraphone war und blieb, dass sie nicht die Lautstärke eines Telefons erreichten (und darin auch dem mechanischen Gramophon klar unterlegen waren), weil eben Oberlin Smith's Unbekannte, das bei Aufnahme wie Wiedergabe notwendige, verstärkende „X“, immer noch nicht erfunden war. So versuchte der Poulsen-Mitarbeiter Emil Schack Hagemann mit einer ausgefeilten Schaltung, aus dem Telegraphon ein „*Telephonrelais*“, ein Gerät zur Lautverstärkung, zu entwickeln.⁵⁶ Weiter sollte eine „*Telephonzeitung*“ aktuelle Nachrichten und Durchsagen an einen (theoretisch beliebig großen) Abonnenntenkreis verteilen:⁵⁷ auf ein mit bis zu 50 m/s umlaufendes, endloses Stahlband von 4 cm Breite sollte ein Redakteur „aufsprechen“, die Leitungen zu den Abonnenten sollten an zahlreiche Wiedergabe-Magnete angeschlossen und das Band anschließend gelöscht werden.⁵⁸ Alle diese Projekte ließen sich nicht in die Praxis umsetzen.

Das Interesse am Telegraphon schwindet

Schneller als gedacht hatte das Interesse am Telegraphon, ungeachtet der ersten Flut von begeisterten Artikeln in der internationalen Fachpresse, in Europa seinen Höhepunkt bereits erreicht, wenn nicht schon überschritten. Gegen Ende 1900, Anfang 1901 erlahmte nach langen Auseinandersetzungen mit Poulsen das Interesse von Mix & Genest. Das Haus Siemens & Halske, kurzzeitig am Vertrieb der Geräte interessiert, zog sich 1902 wieder zurück.⁵⁹ Grund in beiden Fällen: zu geringe Lautstärke bei der Wiedergabe, wohl auch zu hohes Gewicht und der exorbitante Preis des Stahlbands, der jede weitere Verbreitung der Geräte illusorisch erscheinen ließ. Ja, Mix & Genest ging so weit, noch Jahre später einen Interessenten unverhohlen zu warnen: „*Es wäre uns*

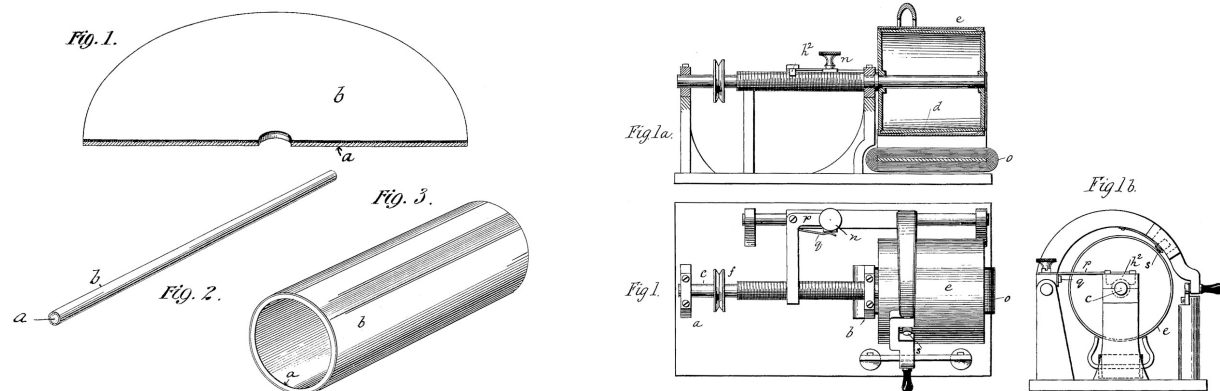


Abbildung 16 (LINKS): Peder Oluf Pedersen, *Magnetizable Body for the Magnetic Record of Speech, &c.*, US-Patent 836,339, angemeldet 1901, patentiert 1906. In der Praxis waren die Platten 0,5 mm dick bei einem Durchmesser von 130 mm. Fig. 2 und 3 zeigen einen elektrolytisch beschichteten Draht und einen Hohlzylinder, mit dem auch Curt Stille arbeitete.

Abbildung 17 (RECHTS): Ein besonderer Telegraphon-Typ: auf den Stahlzylinder wird eine dünne, abnehmbare Folie aufgezogen, die sich auch per Briefpost versenden lässt.



Abbildung 18: Das Stahldrahtgerät, ca. 1905 - 1909. Hersteller laut Plakette rechts neben der Einhängegabel: Aktieselskabet Danske Telegrafonfabrik, Kopenhagen, Nr. 17. – Durchmesser des Klaviersaitendrahts 0,25 mm, Antrieb durch Elektromotor, Drahtgeschwindigkeit zwischen 2 ... 3 m/s. – Breite 40 cm, Tiefe 27 cm, Höhe 34 cm, Gewicht 11,7 kg. – Bei diesem Gerät fehlt die Abdeckung der Riemenscheiben im hinteren Teil

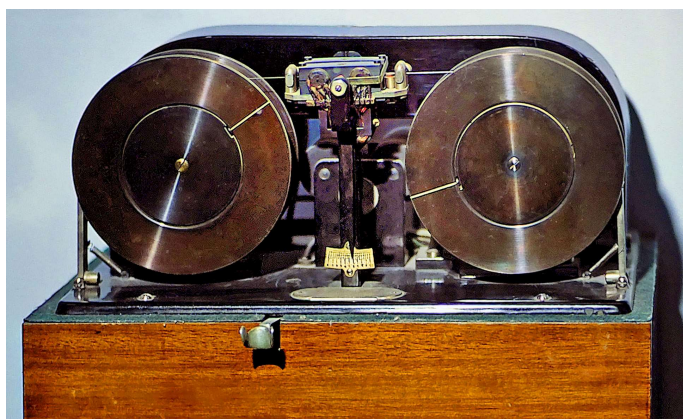


Abbildung 19: Laut der englischen Zeitschrift „Gramophone“ haben der englische Thronfolger Edward VII. mit seiner Gattin Alexandra im Frühjahr 1904 Poulsens Labor in Kopenhagen besucht. An Edwards akustischer Visitenkarte „I am very much interested in having seen this wonderful machine, and feel sure it will be of great benefit and value“ – durchaus ähnlich jener von Franz Joseph I. – soll ihn sein Vetter, der deutsche Kaiser Wilhelm II., bei einer Demonstration in Berlin sofort erkannt und mit einem ähnlichen Grußwort geantwortet haben.

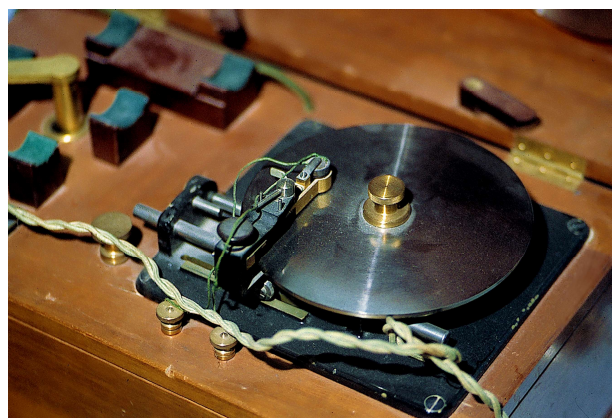


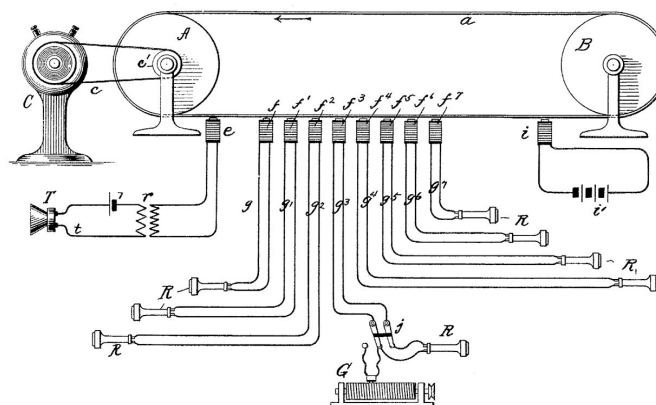
Abbildung 20: (LINKS) Poulsens Platten-Telegraphon von 1903. Das 10,6 kg schwere Gerät war 36,5 cm breit, 21,5 cm tief und – mit geschlossenem Deckel – 23 cm hoch. Der Plattendurchmesser war mit 13 cm nur wenig größer als der einer CD (12 cm). Als Aufnahmedauer wurden 45 Sekunden genannt. – (RECHTS) Nahaufnahme des Schreib-/Lesekopfs oberhalb der Stahlplatte in der Bauart der American Telephone Company. Für den Plattenantrieb sorgte ein Federwerk.

© Häll, Peter, Tekniska Museet / F.E.

von Interesse, zu hören, worauf sich Ihre Versuche richten. Wir stellten den Apparat bereits den hervorragendsten Gelehrten zur Verfügung und könnten Sie vielleicht vor Enttäuschungen und unnützen Kosten in bezug auf nicht realisierbare Projekte bewahren ...“ Der Adressat, Curt Stille, hat sich jedoch von diesen Aussichten, der korrekt wiedergegebenen damaligen Meinung der Fachwelt, nicht abschrecken lassen.⁶⁰

Ungeachtet der gescheiterten Zusammenarbeit zwischen Poulsen, Mix & Genest und Siemens hat eine kleinere deutsche Gesellschaft 1903 versucht, Telegraphone selbst zu produzieren. Die „Deutsche Telegraphon A.G.“, an der sich außer der Aktieselskabet Telegrafonen und einigen kleineren Unternehmen auch die „Allgemeine Phonographen-Gesellschaft m.b.H.“, Krefeld, beteiligte, schaltete 1903 eine (zu) vielversprechende Anzeige, begleitet von einem redaktionellen Text „Das Telegraphon in praktischer Ausführung“, das im „Stadium der fabrikmässigen Ausführung“ stehe, also vor dem Produktionsanlauf. Die „Preise der Apparate variieren zwischen 500 und 1000 Mark“ – das zielte eindeutig auf einen professionellen Käuferkreis.⁶¹ Die Planungen scheinen allerdings kaum die lautstarke Ankündigung in der „Phonographischen Zeitschrift“ überlebt zu haben.

Abbildung 21: Die „Telephonzeitung“ in der Darstellung des amerikanischen Patents US 788,728 (angemeldet am 14. August 1901 von Valdemar Poulsen): „Apparatus for Electromagnetically Receiving, Recording, Reproducing, and Distributing Articulate Speech &c.“



Der Sprecher (Redakteur) benutzt das Telefon T; seine Durchsagen werden auf dem schnell umlaufenden Stahlband a nacheinander von den Wiedergabemagneten f¹ – f⁷ abgegriffen und in die Telefonleitungen g¹ – g⁷ der Abonnenten eingespeist (sie können auch auf G zwischengespeichert werden). Der Löschmagnet i magnetisiert das Band bis zur Sättigung und löscht so alle Aufzeichnungen.

Die späteren Jahre der Telegraphone

Dass sich Poulsen seit 1902 dem Lichtbogensender für die drahtlose Übertragung von Nachrichten zuwandte, bedeutet freilich keineswegs das Ende der Telegraphon-Geschichte. Doch bezeichnenderweise brachte die „Elektrotechnische Zeitschrift“ 1903 nur noch eine knappe Zusammenfassung eines im Londoner „The Electrician“ erschienenen Artikels, nach dem in der Metropole immerhin drei neue Versionen des Telegraphons vorgestellt worden waren. Dazu gehörten ein Laufwerk für eine beidseitig beschreibbare, elektrolytisch beschichtete Stahlscheibe (Abbildung 16) – immerhin eine Weltneuheit – und ein Gerät, das anstelle von Stahl-Band Stahldraht verwendete (Abbildung 18). Dritter im Bunde war ein vermutlich nie serienmäßig gebauter Telegraphon-Typ, dessen Informationsträger als dünne, abnehmbare Folie, aufgezogen auf einen glatten Stahlzylinder, beschrieben wird;⁶² die Folie sollte abgelegt oder versandt werden können (Abbildung 17).

Die teils unübersichtliche geschäftliche wie finanzielle Seite der Geschichte der Firmen „Aktieselskabet Telegrafonen Patent Poulsen“ und „American Telegraphone Company“ ist in großen Zügen dokumentiert. Dagegen hapert es allerdings in den Jahren nach der Pariser Weltausstellung mit der Datierung der Geräte-Entwicklung, gelegentlich ist nicht einmal das Jahr genau zu bestimmen, in dem eine Neuerscheinung vorgestellt wurde – die Fachpresse hatte das Interesse nahezu verloren. Höchste Zeit also für einen Strategiewechsel. Auch wenn sie am Begriff „Telegrafonfabrik“ im Firmennamen festhielten, mussten die Eigentümer erkennen, dass beim damaligen Stand der Technik keine Aussicht bestand, die – übrigens bemerkenswert teuren – Geräte ausschließlich als Zusatzgerät zum Telefon zu vermarkten. Der neue Anlauf stützte sich auf den aufkommenden Markt der Diktiergeräte, die die Verschriftlichung zeitsparender mündlicher Diktate rationalisieren sollten.

1903 hatten Poulsen und Pedersen ihrer Kopenhagener Firma „Aktieselskabet Telegrafonen Patent Poulsen“ die „Danske Telegrafonfabrik“ angegliedert, ein Mittelding zwischen Pilotfertigung und Labor, das aber mehr und mehr die heiklen Arbeiten für den Lichtbogensender übernahm. Nach längeren Verhandlungen kam es 1905 in den USA zur Gründung der „American Telegraphone Company“ mit einer Fabrik in Wheeling, West Virginia (seit 1910 in Springfield, Mass.), die Geräte nach Poulsen'schen Patenten für den anfangs vielversprechenden amerikanischen Markt entwickelte und produzierte.

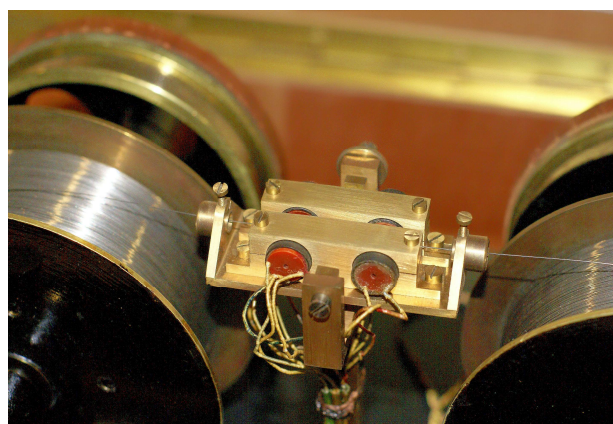
In Kopenhagen lief indessen, vermutlich bis 1909, die Produktion der „Danske Telegrafonfabrik“ weiter. Bei deren etwa seit 1905 in Serie produzierten Modell (Abbildung 18 und Abbildung 19) ist „an die Stelle des Stahlbandes Stahldraht getreten“. Dieses Gerät stellte der damalige Direktor, Ejnar Alexander Hytten, in einem sieben Spalten langen Text der „Elektrotechnischen Zeitschrift“ vom September 1907 vor. Die Laufzeit gab er mit 10 Minuten an; bei der Laufgeschwindigkeit des 0,25 mm dünnen Drahts von 2 ... 3 m/s müssten die Trommeln also für etwa 1.500 m Draht ausgelegt sein. Bei Außenabmessungen von 40 cm Breite, 27 cm Tiefe und 34 cm Höhe wog das von einem Elektromotor angetriebene Gerät insgesamt 11,7 kg. Die Spulen waren auswechselbar, der Draht musste dazu selbstverständlich vollständig um- beziehungsweise zurückgespult sein. Hyttens

Bericht beschreibt in allen Einzelheiten die Arbeit mit diesem Gerät; die aufwendigen Funktionen sind schwerpunktmäßig auf den Einsatz als Diktiergerät ausgelegt.

Eher nebenbei erwähnt Hytten auch die „großen Apparate mit festen Spulen“ mit 25 Minuten „Aufnahmefähigkeit“, damit können nur die weiter unten beschriebenen Trommelgeräte gemeint sein; „unter anderem sind sie mit gutem Erfolg von ihrem Erfinder Poulsen zu Aufnahmen bei der drahtlosen Telegraphie benutzt worden.“⁶³

Ihren großen Auftritt hatten zwei Telegraphone dieses Typs bei einem Technikkongress 1910 in Kopenhagen, als sie alle Vorträge zu protokollieren hatten. Natürlich musste schon nach jeweils 10 Minuten auf das jeweils andere Gerät umgeschaltet werden, insgesamt warteten nach 40 Stunden Redezeit etwa 250 km Stahldraht auf das Transkribieren. Die wenigen Zeilen der Oktober-Ausgabe 1910 der „Elektrotechnischen Zeitschrift“ sind – soweit bekannt – die letzte zeitgenössische deutschsprachige (zutreffende) Nachricht vom Telegraphon. Peder Oluf Pedersen, Poulsens Partner, hatte bereits 1901 das Patent US 836,330 auf einen „Magnetizable Body for the Magnetic Record of Speech, &C.“ erhalten,⁶⁴ in dem er nichts Geringeres beschreibt als die Erfindung der beidseitig beschreibbaren magnetisierbaren Festplatte, zunächst natürlich nur für Sprachaufnahmen. Der Kern aus Messing, Kupfer oder Stahl der 0,5 mm dicken Platte wird elektrolytisch mit Stahl oder Nickel „or other magnetizable material capable of retaining its magnetism“ beschichtet. Wieso das Patent erst 1906 ausgegeben wurde, ist nicht bekannt. Die Antriebsenergie für die Plattenrotation lieferte ein Federwerk, das mit einer Handkurbel aufzuziehen war. Mit seinen Abmessungen von 36,5 x 22 cm x 23 cm (L x B x H) war es mit 8,5 kg im Vergleich zu den Draht- und Stahlband-Geräten verhältnismäßig leicht. Die Platten mit 130 mm Durchmesser (etwas mehr als eine CD) liefen mit gleichförmiger Umfangsgeschwindigkeit (!) von etwa 0,5 m/s, boten allerdings nur eine Spielzeit von etwa 45 s, was den Gebrauchswert doch merklich einschränkte. Die Produktion dieser Geräte fällt in die Jahre zwischen 1905 und 1909, auch sie stammen von der Danske Telegrafonfabrik Kopenhagen.

Im Jahr 1906 erschien, wie Buch- und Presseveröffentlichung zu entnehmen, ein nicht zuletzt optisch beeindruckendes Gerät, dessen Erfinder im umfangreichen dänischen Patent DK 9120 nicht genannt sind, vermutlich Konstrukteure der Danske Telegrafonfabrik. Obwohl auch von diesem Modell mehrere Exemplare überdauert haben, ist keine Typbezeichnung bekannt. Die Spulkörper fassten 3.25 Meilen (etwa 5 km) Draht mit 2 mil, also 50 µm Durchmesser, was für eine Aufnahmezeit von etwa 30 Minuten ausreichte. Die weitere Ausstattung entsprach dem bisherigen Stand. Propagiert wurde es für wissenschaftliche Zwecke, als Büro-Diktiergerät und, immer noch, zum Aufzeichnen von Telefonanrufen. Einige dieser Telegraphone dienten Eisenbahnlinien wie der Northern Pacific und kleineren Unternehmen zur Aufzeichnung von Morsesignalen.⁶⁵ Die Wiedergabe soll bemerkenswert klar und (weitgehend?) frei von Störgeräuschen gewesen sein. Mit den ungefähren Abmessungen Breite 29 cm, Tiefe 29 cm, Höhe 33 cm und dem Gewicht: 23 ... 24 kg konnte das Gerät durchaus imponieren, jedoch nicht mit seiner schwachen und ungleichmäßigen Wiedergabe. Zudem wurde die geringe Wiedergabelautstärke kritisiert, so dass eine zeitgenössische Publikation kurz und bündig befand, „the reproductions are too faint for practical use“⁶⁶. Mit den billigeren – und zuverlässigeren – Wachswalzen-Diktiergeräten und anderen Edison'scher Herkunft konnte es also nicht konkurrieren.⁶⁷



© Okänd / Tekniska Museet / F.E.

Abbildung 22 (LINKS): Der optisch eindrucksvollste Vertreter der frühen Stahldrahtgeräte. – (RECHTS): Details der Drahtführung des American Telegraphone-Geräts (das Bild stammt von einem anderen Exemplar als das LINKS gezeigte). Der Drahtdurchmesser betrug „2 mils“, ca. 50 µm, die Länge soll 3,25 mi (5,2 km) gewesen sein. Die Drahtgeschwindigkeit lag bei 3 m/s, ausreichend für 30 min Aufnahmezeit. ⁶⁸

Die American Telegraphone Company hatte den schwierigen Markt USA technisch wie finanziell unterschätzt, und so geriet sie bereits 1908 in Turbulenzen. Der leitende Manager verband sich mit dem Konstrukteur George S. Tiffany, der 1909 im Patent US 1,142,364 ⁶⁹ einen Stahldraht-Recorder beschrieb, der wesentlich einfacher zu fertigen war als die feingliedrigen mechanischen Wunderwerke dänischer Herkunft. Die horizontale Anordnung

der Spulen dieses „Model C“ sollte zur besseren Drahtführung beitragen. Die Drahtgeschwindigkeit lag im Mittel bei 2,30 m/s, die Aufnahmezeit betrug 30 Minuten. Ein Summer signalisierte das Drahtende und setzte das Gerät still. Die Fernsteuerungs-Box, links neben dem Gerät in Abbildung 23 zu sehen, hatte eine Anzeigescheibe für die Aufnahmezeit und trug den Hör-Sprech-Apparat in der damaligen Bauform für Telefone. Benutzt wurden nur aus der Telefontechnik bekannte Bauteile, keine Verstärker oder dergleichen.

Ein Gerät dieser Bauart war noch 1922 bei RCA in New York im Einsatz, um mit hoher Geschwindigkeit eingehende Morse-Nachrichten (100 WPM) auf schnell laufenden Draht aufzuzeichnen, der dann mit niedrigerer Geschwindigkeit abgespielt und transkribiert wurde.⁷⁰ Der amerikanische Chemie-Konzern duPont kaufte rund 20 dieser Geräte, verschrottete sie aber nach und nach alle wegen mangelnder Zuverlässigkeit und störrischer Ersatzteilversorgung.



Abbildung 23: Das Telephon, Modell C, der American Telegraphone Company, Baujahr 1911, konstruiert von George Steele Tiffany.

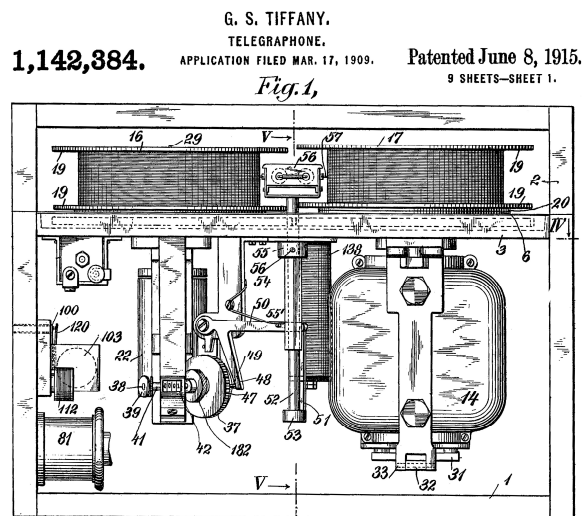


Abbildung 24: Ausschnitt aus der Titelseite des Patents US 1,142,364, angemeldet 1909, erteilt 1915. Auf 25 Seiten, davon neun mit detaillierten Zeichnungen, beschreibt es das Telephon Modell C.

Text der Tafel: The most successful of the early office dictation telephones was the Model C, with horizontally-mounted spools for better wire control. Recording speed is $7\frac{1}{2}$ feet-per-second (230 cm/s) for a maximum recording time of 30 minutes. The Model C features a 100-volt DC electric motor, end-of-wire alarm buzzer and an automatic stop. A remote switch box with a recording time indicator and telephone dictation handset in ... to control the machine. The machine has no electronics, only telephone circuitry. Courtesy of Alexander M. Poniatoff, Ampex Corporation. Machine restored by Ekkehard W. Glen, San Mateo, CA

Geradezu Pech hatte die American Telegraphone Company, genauer gesagt ihr Mitarbeiter Frederic Schaefer (über dessen Herkunft nichts zu ermitteln war) mit der gründlich überholten Zweitausgabe des Platten-Telegraphons von 1905 (Patent US 934,843 vom 8. April 1908), das Anfang 1906 auf den Markt kommen sollte. Die hinderlich kurze Aufnahmezeit des Vorgängers sollte sich auf etwa zwei Minuten mehr als verdoppeln, und zwar „einfach“, indem man den Plattendurchmesser von 5 auf 12 Zoll (also von 12,7 cm auf 30,5 cm) vergrößerte. Das Laufwerk mit seinem gegenüber Drahtgeräten wesentlich einfacheren „Innenleben“ scheint eine solide Konstruktion gewesen zu sein; allerdings musste wegen des höheren Gewichts der Platte, das mit Federwerksantrieb nicht zu beherrschen war, ein Elektromotor eingebaut werden. Probleme verursachte nämlich vor allem die Planlage der Platte, was zunächst zu wiederholten Terminüberschreitungen und, nachdem eine Vorab-Serie von 40 Geräten gebaut war, zum Abbruch des Projekts führte. Vergleichbare Wachswalzen-Diktiergeräte waren nämlich für USD 70 haben, die Plattenmaschine sollte dagegen USD 300 kosten. Nicht zuletzt aufgrund dieses Misserfolgs geriet die American Telegraphone Co. finanziell in eine bedrohliche Schieflage. Letzten Endes war sie im Jahr 1918 faktisch bankrott und wurde 1944 aufgelöst.⁷¹ Insgesamt erinnert der American Telegraphone-Lebenslauf bedenklich an den der AEG nach 1950.⁷²

Mit der Erfindung der Elektronenröhre und ihrer Beschaltung als Verstärker – ersteres eine nicht unumstrittene Leistung des Amerikaners Lee de Forest,⁷³ das zweite unzweifelhaft eine Erfindung der Österreicher Robert von Lieben, Siegmund Strauss und des Deutschen Eugen Reisz aus dem Jahr 1910⁷⁴ – hätte das Telephon eigentlich einen neuen Aufschwung nehmen sollen, war das verflixte „X“ doch nun endlich gefunden. Vielleicht hat der Erste Weltkrieg zumindest die zivile Weiterentwicklung verhindert. Schon Robert von Lieben hatte ja in seinem ersten Verstärkerröhren-Patent ausdrücklich auf die Eignung des Triodenverstärkers für den Telephon-Betrieb hingewiesen („als Hilfsapparat für das Telephon und für die elektrische Bildübertragung usw.“). De Forest hatte 1914 nicht nur einen eigens entwickelten Verstärker vorgestellt, sondern auch angegeben, wie sich *Morsesignale* mit erhöhter Geschwindigkeit übertragen lassen.⁷⁵ Dahinter stand nicht nur die Absicht, einen Radiosender besser auszunutzen und Nachrichten gegen Abhören zu verschlüsseln – kein Funker konnte die rasend schnellen Morsezeichen-Folgen aufnehmen –, sondern auch eine bedenkliche Eigenschaft aller Stahldraht-

Telegraphone: die Rückspulgeschwindigkeit konnte kaum höher liegen als der normale Vorschub, und so ergab sich ein sehr ungünstiges Verhältnis zwischen Nutz- und Rüstzeiten.

De Forest's wichtigstes Requisit war ein modifiziertes Telegraphon, dessen Draht sowohl mit ca. 4 m/s als auch einem Drittel dieser Geschwindigkeit laufen konnte (derartige Geräte fertigte die American Telegraphone auf Bestellung). Eine Nachricht wurde zunächst in Papierstreifen gelocht, dann auf das Telegraphon übertragen. Die schließlich mit etwa 200 Worten pro Minute durchgegebenen Nachrichten zeichnete die Gegenstation mit einem entsprechenden Gerät auf und gab sie verlangsamt wieder, so dass sie relativ bequem aufzunehmen und auszuschreiben waren.⁷⁶ Diese Anordnung scheint in der Tat bei der Federal Telegraph Co. funktioniert zu haben, die damit zwischen San Francisco und Los Angeles mittels Poulsen'scher Lichtbogensender Nachrichten versandte. Ein Mitarbeiter, Leonard F. Fuller, beschreibt in US 1459202 vom 26. August 1918, „*Method of Sensitizing the Telegraphone*“, übrigens als erster, wie der Telegraphon-Draht vorteilhaft mittels Wechselstrom zu löschen ist, „*by continuous radio frequency oscillations from the source ... which be a Poulsen arc ... generator*“.⁷⁷

Wie es aussieht, muss de Forest's Anleitung für zeitsparendes Morsen aufmerksame Leser in der deutschen Reichskriegsmarine gefunden haben, beschaffte sie doch vor Kriegsbeginn 1914 wenigstens sechs Telegraphone über Poulsens dänische Firma.⁷⁸ Die „Deutsche Betriebsgesellschaft für drahtlose Telegraphie Berlin“ (DEBEG, Leitung Hans Bredow) betrieb seit etwa 1911 / 1913 in Sayville auf Long Island, nahe New York, einen leistungsstarken Telefunken-Langwellensender,⁷⁹ in dessen Betriebsgebäude Besucher auch Telegraphone fotografiert haben. 1915 fielen einem einheimischen Rundfunktechniker seltsam winselnde Geräusche im Äther auf, und durch Zufall (ein Dictaphone mit ablaufendem Federwerk half mit) kam er darauf, dass hier Nachrichten von Sayville an deutsche U-Boote durchgegeben wurden.⁸⁰ Die USA, wenn auch noch nicht im Kriegszustand mit Deutschland, tolerierten diesen Zustand jedoch nicht lange und stellten die Station unter Aufsicht.

Es ist allerdings durchaus fraglich, ob über diesen Nachrichtenkanal auch zwei kapitale Fehlleistungen der deutschen Außenpolitik angebahnt wurden, nämlich der Versenkungsbefehl für den Passagierdampfer „Lusitania“ an U-20 Anfang Mai 1915 und das „Zimmermann-Telegramm“ vom Januar 1917. Beide Ereignisse sind kontrovers diskutiert worden, zuverlässige Fakten sind in weder im einen noch im anderen Fall nachzuweisen.

Das deutsche U-Boot U 20 hatte bereits am 5. Mai 1915 die irische Südküste erreicht, hielt sich also dort schon auf, als der englische Passagierdampfer Lusitania am 7. Mai 1915 kurz vor Ende seiner Passage von New York nach Liverpool eben dort auftauchte und nach einem Torpedotreffer unterging. An erster Stelle wäre also zu klären, warum der Versenkungsbefehl – er soll nur aus den beiden englischen (!) Worten „Get Lucy“, eventuell auch der Positionsangabe, bestanden haben – den Umweg über Sayville genommen haben soll.⁸¹

Eher unwahrscheinlich ist darüber hinaus, dass das Sayville-Telegraphon an der berüchtigten Affäre um das Zimmermann-Telegramm beteiligt war (Deutschland stellte 1917 Mexiko das Gebiet ganzer südlicher US-Staaten in Aussicht, falls es die USA mittels einer Kriegserklärung von der Teilnahme am „europäischen Krieg“ abhalten würde⁸²). Zimmermann ließ nämlich sein Angebot sowohl über ein Seekabel (mit Umweg über Schweden) als auch die Funkstation Nauen verschicken, zusätzlich „über ein Kabel, das die US-Regierung der deutschen Regierung zur Verfügung gestellt hatte, um Friedensgespräche anzubahnen, ohne die Offenlegung der darüber versandten chiffrierten Botschaften zu verlangen. [...] Die Übermittlung war dilettantisch, der Inhalt fahrlässig“.⁸³ Der codierte Text wurde denn auch rasch entziffert; seine Veröffentlichung trug Einiges zum Eintritt der USA in den Ersten Weltkrieg bei.

Die technischen Voraussetzungen sind von deutscher Seite aus nicht mehr zu dokumentieren, da in hiesigen Militärarchiven keine Unterlagen über den Einsatz von Telegraphonen in U-Booten aufzufinden sind.⁸⁴ Bekannt

ist allerdings, dass der Telefunken-U-Boot-Röhrensender ARS 78 schon 1917 eine Reichweite von nicht weniger als 7.000 km besaß.⁸⁵ Die amerikanische Marine griff jedenfalls die Hinweise auf die Telegraphone entschlossen auf, war um 1917 der nahezu einzige Kunde der American Telegraphone Co.,⁸⁶ und die beiden Marinesoldaten Wendell Carlson und Glenn W. Carpenter stießen 1921 erstmals auf die Vorzüge der Hochfrequenz-Vormagnetisierung.⁸⁷ Mehr zu dieser allerdings am Wesentlichen vorbeigegangenen Erfindung auf Seite 193.

Es ist demnach eindeutig: schon vor Beginn des Ersten Weltkriegs hatte der „dual use“ der Magnetspeichertechnik begonnen – also „die prinzipielle Verwendbarkeit eines Wirtschaftsgutes (z. B. einer Maschine, aber auch Software und Technologie) sowohl zu zivilen als auch militärischen Zwecken“.⁸⁸ Weder Oberlin Smith noch

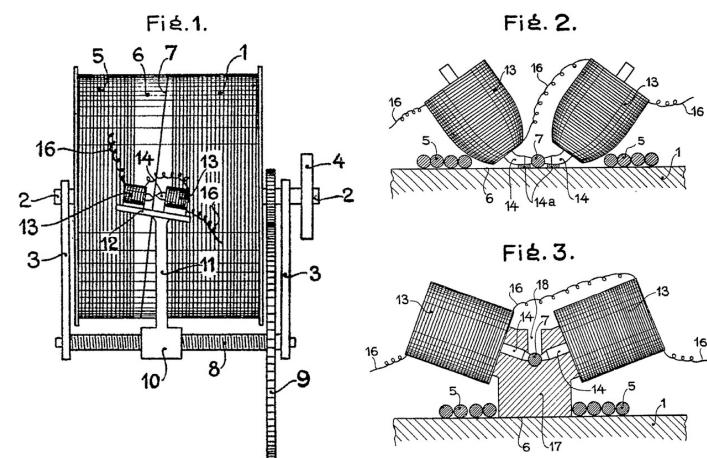


Abbildung 25: Poulsens letzte Telegraphon-Patente: DK 43244, Telegrafon (1. Oktober 1929), FR 702.822, Perfectionnements aux télégraphes und GB 357.378, Improvements in or relating to Telegraphones, beide am 30. September 1930 angemeldet.

Valdemar Poulsen beabsichtigten (zumindest soweit erkennbar) eine militärische Nutzung ihrer Vorschläge und Erfindungen, was sich mit dem Einsatz ihrer Errungenschaften im Militärbereich entscheidend änderte. So war es nur konsequent, dass das deutsche Heereswaffenamt seit 1935 Interesse am Magnetophon zeigte – keinesfalls vorher –, und dank seines üppigen Budgets zunächst die Entwicklung der Diktier-Magnetophone (FT-Serie) förderte. Danach wurde sie mit einer ausschließlich für den Heeres- und Marine-Bedarf gebauten Geräteserie, den Tonschreibern, für die Dauer dieser Periode zur wirtschaftlichen Stütze der Magnetton-Fertigung. Insgesamt wäre es keineswegs sachgerecht, die Magnetspeichertechnik – eigentlich das ganze Gebiet Schallaufzeichnung – in *erster Linie* als militärisch gefordert oder gefördert abzustempeln.

Valdemar Poulsens letztes Wort zur Magnettontechnik

Ein Nachspiel zum Kapitel Telegraphon: 1929 / 1930 meldete Valdemar Poulsen noch einmal drei Patente an. Es geht um eine anscheinend simple Sache. Wieder sind auf einer Walze, eng nebeneinander liegend, Drahtwindungen aufgewickelt, die aber so viel Spiel haben, dass sie entweder großflächig von den Polen zweier Magnete umfasst oder sogar von der Walzenoberfläche abgehoben werden können – das Gerät wäre also mit *einem* Wickelkörper ausgekommen (Abbildung 25). Poulsen gibt an, Drähte mit einer Dicke um 0,2 mm lieferten bessere Aufzeichnungen als dickere, und weiter könnten die entsprechenden Geräte kompakter und leichter ausgelegt werden. Das ist wohl richtig, aber welchen konkreten Zweck er verfolgte, ist nicht eindeutig zu erkennen – am wahrscheinlichsten ist eine Reaktion auf die Arbeiten seines ideellen Nachfolgers in Sachen Magnetton, nämlich Curt Stille.

Elektrizität zur Informationsvermittlung

Zwischen 1910 und 1920 hatte der Erste Weltkrieg das politische Weltbild auf den Kopf gestellt, aber noch stärker sollten die enormen Fortschritte der Naturwissenschaften das ganze Leben verändern. Um nur ein Gebiet herauszugreifen: die Nachrichtentechnik – kurz zuvor noch *Schwachstromtechnik* im Gegensatz zur höher geachteten *Starkstromtechnik* genannt – baute natürlich auf Grundlagen auf, die in den zurückliegenden 150 Jahren von Volta, Ohm, Maxwell, Oersted und anderen gelegt worden waren. Ihre unmittelbaren Erben waren Wissenschaftler und Erfinder wie Graham Bell, dessen Telefon – potenziell weltweit – Kommunikation „in real time“ versprach, darauf Thomas Alva Edison, Emile Berliner und andere, die erste vollständige Systeme zur Ton-, enger umschrieben, zur Musik-Aufzeichnung und -Wiedergabe, entwickelten und kommerziell einführten.

Nach der Jahrhundertwende war dank des Triodenverstärkers endlich das Problem der Verstärkung schwacher elektrischer Signale gelöst (Seite 21), was unter anderen Siemens, die AEG und Telefunken zur Gründung des enorm kreativen Lieben-Konsortiums veranlasste,⁸⁹ das die Röhrentwicklung entscheidend vorantrieb. Damit war die wichtigste Vorbedingung für Erfindung und Verbreitung des Rundfunks gegeben, denn ohne Verstärkung reichte ja die elektrische Spannung, die die Antenne auf dem Hausdach abgab, bestenfalls für einen Kopfhörer aus. Was die Abtastdose des elektrischen Grammofons lieferte, hätte den Lautsprecher bestenfalls zu einem Knarren angeregt. Die Mittel, die in der Schallplattentechnik die Entwicklung des elektrischen Schnitts seit März 1925⁹⁰ und der Ton zum Bildfilm ab 1928 erforderten, stammten nicht zuletzt aus den Gewinnen, die allerorts mit den neu aufgekommenen Rundfunkgeräten gemacht wurden. Der Röhren-Verstärker erlaubte jetzt eine Klangfülle, die Schalltrichter und Kopfhörer überflüssig machten. Allerdings waren Röhren empfindlich, groß und teuer (und standen, ebenso wie ihre Anwendung und Beschaltung, unter striktem Patentschutz⁹¹), die Apparate ebenso, und wer etwas Ordentliches hören wollte, musste neben einer gut bestückten Börse auch technischen Sachverstand mitbringen.

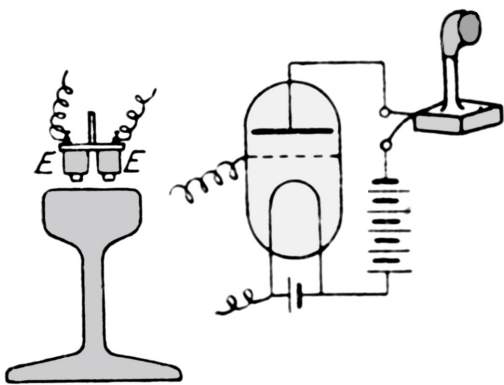


Abbildung 26: A. Nasarischwilys Vorschlag, Eisenbahnschienen als Träger magnetisch aufgezeichneter Befehlsfolgen zu verwenden (veröffentlicht 1921).

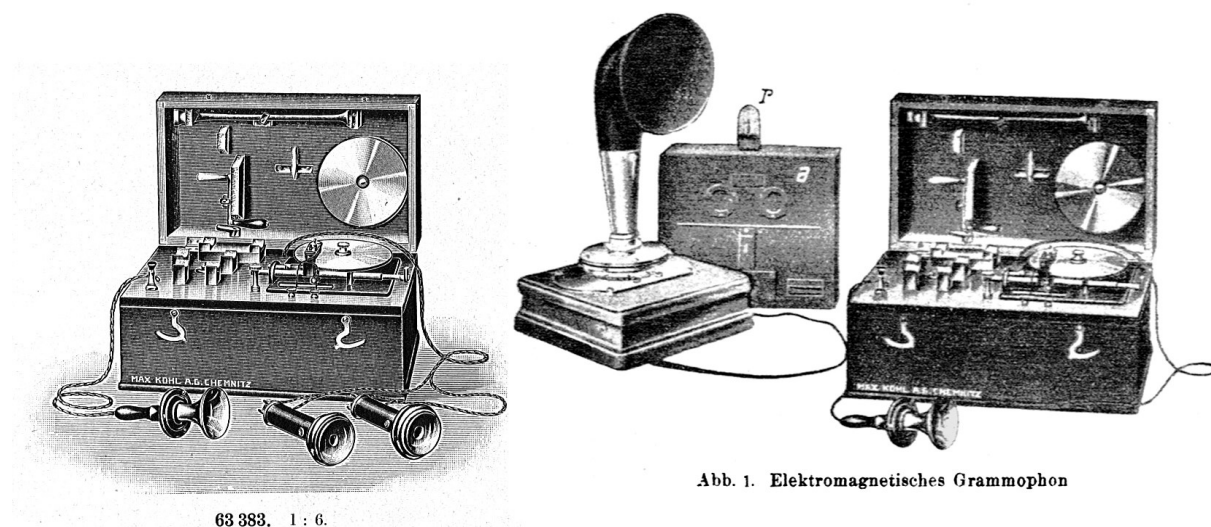
Schallplatte, Tonfilm, Rundfunksendungen: das sind Produkte, die der Endverbraucher „abgeschlossen“ geliefert bekommt. Eigenes aufzuzeichnen, allgemeiner: individuelle Gestaltungsmöglichkeiten, lassen diese „Informationsträger“ so gut wie nicht zu, weil die Verfahren technisch zu anspruchsvoll und/oder zu teuer, im Fall Rundfunk zudem gesetzlich reglementiert sind. Es fehlte also ein Gerät, mit dem jedermann preiswert und ohne Komplikationen Sprache – sei es auch nur als Diktat oder einen Telefonanruf –, Musik, vielleicht auch Rundfunksendungen aufzeichnen und wiedergeben konnte. Darin sahen Scharen von Erfindern sowohl eine technische Herausforderung wie enorme wirtschaftliche Chancen.

Für den mittlerweile fast wieder vergessenen Magnetton bedeuteten die 1920er Jahre, beflügelt auch vom Auslaufen der Poulsen-Patente, eine Zeit ernsthafter wie überspannter Experimente. Über die kurioseste – offenbar sogar realisierte – Anwendung berichtete 1920 A. Nasarischwily: Eisenbahn-

schienen wurden als „Magnetspeicher“ mit Kommandos für Lokomotivführer besprochen (... durchaus reizvoll, sich in die Praxis derartiger magnetischer Aufzeichnungen hineinzudenken ...).⁹² Von A. (auch Al., viel-

leicht für Alexeij Nasarischwily ist so gut wie nichts Persönliches bekannt; er war offenbar schon vor den 1920er Jahren als Ingenieur bei Siemens Berlin angestellt, was einige im Internet aufgeführte Publikationen zeigen.⁹³ Allerdings fand sich bisher kein einziges auf den Erfindernamen Nasarischwily (auch Nazarishwily o.ä.) angemeldetes Schutzrecht.⁹⁴

Und doch hat Nasarischwily einen Platz in der Geschichte der Magnetspeichertechnik gefunden. 1921 erschien in der angesehenen *Elektrotechnischen Zeitschrift* (ETZ) seine zweiseitige, „*Neue Versuche mit dem Telegraphon*“ überschriebene Notiz.⁹⁵ Die zugehörige „Abb. 1“ zeigt neben einem Platten-Telegraphon ein rechteckiges Gehäuse, aus dessen Deckel eine Verstärkerröhren-Anordnung heraussteht, daneben einen Horn-Lautsprecher damaliger Bauart: „*Das dargestellte elektrische Grammophon bei 20 W Sprachenergie spricht ebenso laut wie das mechanische und gibt die Rede klarer und schöner, als das mechanische wieder. Der lästige Beilaut und das unerträgliche Kritzeln, welches dem Edisonschen Grammophon eigen ist, fallen bei dem elektromagnetischen gänzlich fort.*“ Das wäre also nichts Geringeres als die erste magnetische Festplatte mit elektronischer Verstärkung, und dementsprechend lauten die Gewichtungen in Fachliteratur wie Internet-Beiträgen.⁹⁶ „*Das Telegraphon selbst*“, so Nasarischwily weiter, „*ist nach der Konstruktion von Max Kohl, Chemnitz, ausgeführt*“. Eben diese Behauptung hat dazu geführt, dass – nach langjähriger Lesart – eine renommierte Chemnitzer Firma als Konstrukteur dieses „*elektrischen Grammophons*“ galt.⁹⁷



<p>63 383. Telephonograph nach Poulsen, zur dauernden Fixierung und beliebigen Wiederholung eines telephonischen Gespräches, Figur (vgl. E. T. Z. 1901, Seite 57, 181; Drudes Annalen d. Physik 3, 1900, Seite 754), mit Mikrophon zum Geben, 2 Telephonen zum Abhören und den nötigen Elementen sowie 2 Stahlscheiben und Entmagnetisierungs-vorrichtung</p>	<p>Mark 220.—</p>
<p>Die durch ein Mikrophon hervorgerufenen Schwankungen eines Stromes werden durch eine Magnetisierungsspule geleitet, welche in einer Spirallinie, ähnlich wie bei einem Grammophon, über eine gehärtete Stahlplatte geführt wird. Die dadurch erhaltenen bleibenden Magnetisierungsschwankungen der Stahlplatte genügen, um beim Wiedervorbeiführen der Spule des Magneten in dieser Ströme zu induzieren, welche in den Telephonen eine beliebig oft zu wiederholende, genaue, überraschend deutliche Wiedergabe der ursprünglich dem Mikrophon zugeführten Töne geben.</p>	

Abbildung 27 (LINKS): Bild und Text aus Max Kohl A.G., „Preisliste Nr. 50 : Band I; Einrichtungsgegenstände für physikalische und chemische Lehrräume; Experimentier-Schalttafeln; ...“, 1909. Der Telephonograph kostete also 220 Mark (Reichsmark), und das bei einem Durchschnittsentgelt von 1046 Mark in diesem Jahr.⁹⁸
(RECHTS OBEN): „*Neue Versuche mit dem Telegraphon*“; *Elektrotechnische Zeitschrift* 1921, Heft 38, S. 1068 / 22. September 1921.

Die Kataloge der Max Kohl A.G. führen allerdings einen „*Telephonograph nach Poulsen*“ (wie sich versteht, ohne den Verstärker) ausschließlich in ihrer „*Preisliste Nr. 50*“ auf – und die stammt aus dem Jahr 1909.⁹⁹ Hätte die Max Kohl A.G. dieses Gerät selbst in Lizenz nachgebaut, wäre ihm wohl ein längeres Katalog-Leben gegönnt gewesen; wahrscheinlich hatte das Chemnitzer Unternehmen aber nur den Vertrieb übernommen und zeigte schon deswegen kein andauerndes Interesse. Das Katalog-Bild von 1909 entspricht in jedem Detail bekannten Bildern des Dansk Telegrafonfabrik-Plattengeräts, abgesehen davon, dass am Holzgehäuse (oder nur seiner Zeichnung?) der Schriftzug „*Max Kohl A.G., Chemnitz*“ angebracht ist. Eben dieses Katalogbild müsste für die Bildmontage verwendet worden sein, was allerdings zur Frage führt, warum die ETZ-Redaktion kein aktuelles Foto des Versuchsgeräts angefordert hat – und weder dem Siemens-Ingenieur Nasarischwily noch der ETZ der tatsächliche Hersteller des Geräts bekannt war.

Die erste Folgerung: Der Max Kohl A.G. ist hier ohne eigenes Zutun, begünstigt durch eine Falschinformation in der ETZ 1921, eine technische Innovation zugesprochen worden, an der sie bestenfalls am Rande beteiligt war. Zweitens: Die Überschrift „*Neue Versuche mit dem Telegraphon*“ ist wörtlich zu nehmen; die wenigen Zeilen der ETZ dürften bestenfalls ein Kondensat aller Untersuchungen sein. Ihr tatsächlicher Umfang ist unbe-

kannt, wie auch nichts über Weiterentwicklungen oder auch nur eine Reaktion auf die Publikation zu erfahren ist. Nasarischwily sollte eigentlich nicht entgangen sein, dass die Lautsprecher-Verstärker-Kombination nicht nur praxistaugliche Lautstärke lieferte, sondern erstmals auch eine – zumindest rudimentäre – Entzerrung des Wiedergabesignals erlaubt hätte (vor allem des Omega-Gangs). Schließlich hätte es auch nahegelegen, den Verstärker sowohl zum Anheben der Mikrofon-Spannung wie beim eigentlichen Aufzeichnungsvorgang auf der Stahlplatte einzusetzen und zu untersuchen, welche Vorteile sich daraus ergeben könnten. Nasarischwily hatte also offensichtlich nur eine orientierende Untersuchung im Sinn, ohne dass weder die Max Kohl A.G. noch Siemens ein verkaufsfähiges Produkt in größerer Stückzahl geplant hätten. Der praktische Gebrauchswert der Anordnung war schon im Verhältnis zum Aufwand fraglich, da das Platten-Telegraphon kaum mehr als 45 s lang aufnehmen konnte und nur Federwerksantrieb besaß.

Die Annahme *Versuchsbericht* macht weiter plausibel, warum Nasarischwily in dem recht knappen Beitrag noch zwei weitere Themen anreißt, nämlich die magnetische Aufzeichnung auf Draht oder Band. Danach fand er, dass auch auf einem „stark vernickelten Kupferdraht ... Gespräche aufgezeichnet“ werden können, wofür sich auch „Papier mit einem Nickelbelag“ eigne. Dritter Punkt ist die Kurzfassung der oben genannten Eisenbahnschienen-Versuche.

Alle erfinderischen Vorleistungen zusammengefasst, zeigt sich, dass Nasarischwily kaum eine Chance hatte, auf seine im Ansatz sinnvolle *Gerätekombination* ein Schutzrecht zu bekommen. Ironischerweise hat aber der zweite Teil der Notiz im Nichtigkeitsverfahren gegen das Patent DE 500 900, besonders im Berufungsverfahren, eine gewisse Rolle gespielt – das Reichsgericht Leipzig hat dieses Pfeumer-Schutzrecht am 20. April 1936 auf Betreiben der Firma Siemens denn auch endgültig vernichtet, vielleicht im Interesse Nasarischwilys.¹⁰⁰

Hierher gehört auch ein weiteres Kuriosum, dessen Namensgeber sich erkennbar der erloschenen Poulsen-Patente bemächtigt hatte: Ende 1922 wagte sich die Berliner Telegraphon A.G. mit ihrem „Telegraphon“ genannten *Wachswalzen*-Gerät auf den Markt. Auch hier war der Verstärker das eigentlich Neue; Telefon-Sprechströme wurden so weit verstärkt, dass mit einem elektromagnetisch angetriebenen Schreibstichel Gespräche im öffentlichen Telefonnetz aufgezeichnet werden konnten; bei einem Anruf schaltete sich das Gerät automatisch ein, jedoch ohne eine Ansage. Das Wachs-Telegraphon soll immerhin eine halbe Stunde Aufnahmezeit geboten haben, die Walze konnte abgeschliffen und 50 – 80mal wiederverwendet werden.¹⁰¹ (Die Telegraphon AG ist bekannter als Hersteller des ersten „rundfunktauglichen“ Mikrofons aus 12 Kohlekörner-Kapseln mit wattedämpften Membranen, gebaut 1924.¹⁰²) Zu einem nicht genau fixierbaren Datum hat übrigens die Ferdinand Schuchhardt AG eine Weiterentwicklung als „allradio-Telegraphon“ gebaut und vertrieben.¹⁰³

Mitte der 1920er Jahre lieferte aber nicht mehr das Telefon-Zusatzgerät die Entwicklungsimpulse, sondern zunächst das „traditionelle“ Diktiergerät für einen finanzkräftigen Kundenkreis, später ein vollkommen neues Medium: der Kinofilm, der sich technisch mühselig, aber äußerst publikumswirksam, vom Stumm- zum Tonfilm weiterentwickelte.

Exkurs I: Drahtführung der Telephone und ihrer Nachfolger

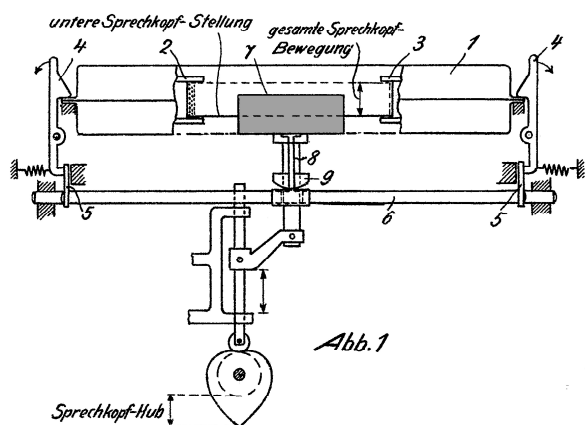


Abbildung 28: Prinzip der Wicklung des Magnetdrahts auf Spulen (hier am Beispiel der Textophon-Kassette, 1938). Die rotierende Herzscheibe (ganz unten) verschiebt über eine Hebel-Mechanik die Drahtführung – hier baulich mit dem Sprech-Hör-Kopf (Aufnahmewandler) vereinigt – über die ganze Höhe der Wickeloberfläche.

Der bei weitem überwiegende Teil der Magnetongeräte arbeitet mit bandförmigem Informationsträger, eben dem Magnetband. Eine ältere, kleine Gruppe benutzt drahtförmige Informationsträger. Während das physikalische Grundprinzip von Aufzeichnung und Wiedergabe identisch ist, gibt es größere Unterschiede in der Art und Weise, wie der Informationsträger mit definierter Geschwindigkeit bewegt, transportiert und zum Beispiel auf Trommeln oder Spulen gewickelt beziehungsweise gespult und aufbewahrt wird.

Zum Antrieb eines Magnetbands siehe den Exkurs auf Seite 68. Traditionell wird hier die konstante Trägergeschwindigkeit durch Reibung zwischen Capstan und Andruckrolle erzeugt.

Beim Magnet-Draht wird die Umfangsgeschwindigkeit der Aufbewahrungstrommel so bemessen, dass sich die gewünschte Trägergeschwindigkeit ergibt. Da sich jedoch die Wickeldurchmesser von Draht-Anfang bis -Ende im Verhältnis von (Aufwickeltrommel leer) zu (Aufwickeltrommel plus doppelter Wickeldicke) ändern, wird nur eine mittlere Trägergeschwindigkeit angegeben; sie liegt im Bereich von 0,5 m/s und 3 m/s. Genaugenommen ändert sie sich stufenweise, da sie mit jeder neu begonnenen Wickellage ansteigt.

Während beim Magnetband-Gerät der Weg des Informationsträgers in allen Betriebsarten im Wesentlichen der gleiche ist (beim Aufwickeln folgt auf die zuletzt aufgewickelte Bandlage beim Aufwickeln folgen die davor aufgespulten Lagen), wird der Magnetdraht aus praktischen Gründen lagenweise aufgespult. Dabei muss die neu aufgespulte Windung sozusagen „kraftschlüssig“ neben der zuvor aufgespulten liegen, damit die Drahtwindungen der darüber

zu liegen kommenden nächsten Lage sich nicht zwischen die darunter liegenden Windungen einzwängen – das würde über kurz oder lang zu Drahtstrissen führen, die durch Verknoten der Drahtenden nur eher unvollkommen zu reparieren sind. Der Magnetdraht muss also derart über die Oberfläche des Wickels geführt werden, dass sich die Draht-Führung pro Trommel-Umdrehung genau um den Drahtdurchmesser weiterbewegt und am Rand des Wickels die Richtung umkehrt. Bei Draht-tongeräten erzeugt diesen Vorschub traditionell eine rotierende Kurvenscheibe, wegen ihrer Form auch Herzscheibe genannt. In Zusammenarbeit mit einem Hebel, der zum Beispiel federbelastet an ihren Rand gedrückt wird, verwandelt sie die Drehbewegung in eine lineare Bewegung mit Richtungsumkehr; auf diese Weise wird der Draht gleichmäßig über die Wickeloberfläche geführt. Daraus folgt zwangsläufig, dass auf jedem Gerätetyp nur Magnetdraht mit dem konstruktiv vorgegebenen Durchmesser verwendet werden – und die Umspulgeschwindigkeit nicht wesentlich über der Normal-Geschwindigkeit liegen kann.

Seltsamerweise lässt sich keine der zahlreichen Presseveröffentlichungen zum Thema Telegraphon näher über den eigentlichen Informationsträger aus, in erster Line also "piano wire" beziehungsweise Klaviersaiten-Draht. Die Bezeichnung ist allerdings nur so lange korrekt, wie der Draht-Durchmesser 0,15 mm und mehr beträgt, da der Klavier- und Konzertflügel-Bau keine dünneren Drähte benutzt.

Klaviersaiten müssen hohe Zugspannungen aushalten, rostfrei sein und über Jahrzehnte halten. Auf die entsprechenden metallurgischen Verfahren und die Technik des „Drahtziehens“ kann hier nicht eingegangen werden. Ob zu Poulsens Zeiten auch die magnetischen Eigenschaften beachtet oder im Herstellverfahren berücksichtigt werden konnten, ist nicht bekannt. Die Annahme liegt nahe, dass auch die Telegraphon-Drähte mit 50 µm Durchmesser nach den gleichen Verfahren wie die gängigen Klaviersaiten gefertigt wurden. – Über die Stahlsorten, die in Poulsens erstem *Band-Telegraphon* arbeiteten, ist ebensowenig bekannt, doch dürfte die Herstellung ähnlich aufwendig gewesen sein. Besonderen Aufwand verlangte die unumgänglich extreme Oberflächenglätte, die nicht ohne mehrfaches Schleifen und Polieren zu erreichen ist. – Siehe dazu auch Seite 39 und Seite 361.

Curt Stilles Entwicklungen

Die farbigste Persönlichkeit unter allen Magnetton-Entwicklern ist wohl Curt Stille gewesen, leider aber auch die, zu der nur noch wenige Dokumente aus erster Hand oder Zeitzeugenberichte aufzufinden sind, von Patentschriften abgesehen. Stilles Lebenslauf ist daher nur noch lückenhaft zu verfolgen, zumal das Überlieferte nicht widerspruchsfrei ist. In seinen besten Jahren muss er eine beeindruckende Persönlichkeit gewesen sein: überzeugungsfähig (immer wieder fand er potente Geldgeber für seine Projekte), kunstsinnig, selbst literarisch produktiv, begabter Koch, Zauberkünstler, oft in Begleitung junger Damen, die er als seine Nichten vorstellte.¹⁰⁴ „20 % seiner Zeit war er als Erfinder tätig, die restlichen 80 % war er unermüdlich unterwegs, um neues Geld zu beschaffen.“¹⁰⁵ Edison, der ihn 1912 besuchte, bewunderte seine elektrische Eisenbahn, die auf Zuruf funktionierte.¹⁰⁶

Geboren 1873 in Hannover, studierte Stille Medizin, Physik und Chemie (seine dänischen Patente weisen ihn als „Fysiker“ aus) und wollte nach der Promotion als Bakteriologe arbeiten. Es soll Poulsens Telegraphon auf der Weltausstellung 1900 gewesen sein, das ihn zu einer gründlichen Änderung seiner Lebenspläne veranlasste. Zunächst versuchte er, im eigenen Labor in Berlin ein Telegraphon der Berliner Firma Mix & Genest zu verbessern und stieß prompt mit Oberlin Smith's „X“ zusammen. Mit einem „*Telephonrelais mit in einem magnetischen Felde beweglichen Spulen*“, auch „mikrofonischer Verstärker“ genannt, meinte Stille eine Lösung gefunden zu haben. Aber dieses Prinzip – man stellt es sich am einfachsten als Kopfhörer plus Mikrofon mit gemeinsamer Membran vor – war nicht funktionsfähig. Um 1911 galten seine Interessen einem „*Verfahren der elektrischen Fernphotographie*“,¹⁰⁷ patentiert am 3. Juni 1911 als DE 274 926. Hans-Hermann Atorf, hochverdienter Foto- und Kinotechnik-Ingenieur (Seite 55), bezeichnet es als

... grundlegende Erfindung [...], bei der „die zu übertragenden Bilder in Lichtintensitätsschwankungen zerlegt wurden. [Diese] werden in elektrische Ströme umgewandelt, die zur Magnetisierung eines Stahldrahtes dienen. Das Bild ist damit magnetisch fixiert. Stille war seiner Zeit um fast 50 Jahre voraus. Erst heute [1955] wurde seine Erfindung mit Hilfe der modernen Elektronen- und Magnetbandtechnik Wirklichkeit. [...] Mit dem am. [erikanischen] Patent 1 771 360 (Juni 1922) beansprucht der Russe Rtscheouloff den Schutz eines Verfahrens zur Aufzeichnung von Bild- und Tonteil auf einem Magnetband. Es bringt gegenüber den Arbeiten von Stille keine wesentlichen neuen Erkenntnisse.“¹⁰⁸

Vor und während des Ersten Weltkriegs arbeitete Stille an Richttelefonie-Systemen, Horchgeräten, Flugzeug-Radiogeräten und einem Schallmessverfahren mit Magnetspeicher. Solche rüstungsnahen Aufgaben dürften den 1914 schon 41-jährigen vor dem Militärdienst bewahrt haben. Es läge nun nahe, Stille auch mit der U-Boot-Telegraphon-Affäre (Seite 22) in Verbindung zu bringen, doch dafür gibt es keine Anhaltspunkte.

Mit Curt Stilles Name und seinen geschäftlichen wie erfinderischen Aktivitäten verbindet sich ein nicht leicht überschaubarer Komplex von Firmen oder Lizenzverwertungsgesellschaften, die über längere Zeiträume gleichzeitig aktiv waren und in teils mehrfachen Abhängigkeiten zueinander standen. Mangels einer verlässlichen Biographie sind derzeit meist nur ungefähre Daten zu ermitteln. Die folgende Aufstellung kann zumindest eine Grob-Orientierung geben:

Telegraphie Gesellschaft mbH System Stille: gegründet etwa 1917 / 1918, erstes Patent angemeldet am 01.09.1918, letzte Patentanmeldung am 01.05.1931

Vox-Schallplatten- und Sprechmaschinen Aktiengesellschaft, gegründet am 01.01.1921, die Schallplattenproduktion wurde eingestellt am 01.05.1929¹⁰⁹

Vox Maschinen AG, erstes Patent am 17.01.1922, Konkurs 1929

Telegraphie Patent Syndikat, Gründung im Mai 1922, letzte Patentanmeldung 07.07.1932, Zweck laut

Semi J. Begun: „*This company existed for the purpose of selling licenses to manufacture magnetic-recording equipment.*“¹¹⁰

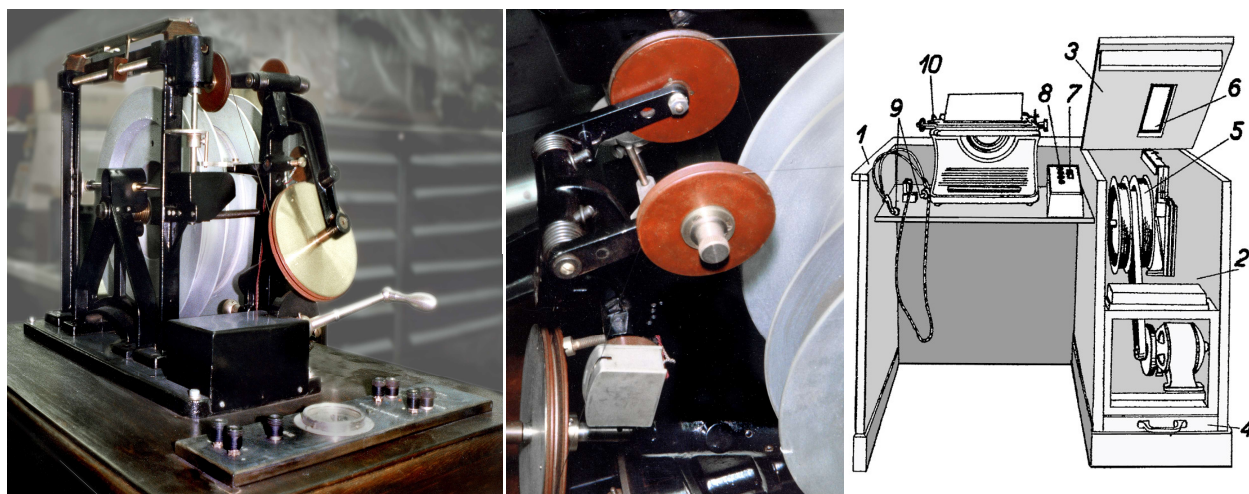
Echophon Maschinen AG: Stille vergibt 1928 eine Dailygraph-Lizenz an Kurt Bauer; dieser verkauft die Firma am 15.08.1932 an die Standard Elektrizitäts-Gesellschaft AG (eine Tochtergesellschaft der ITT)

Stille Inventions Ltd. London, gegründet von Ludwig Blattner am 05.09.1929, 35 & 36, Little Newport Street, London, W.C. 2, „and also of Berlin, W. 56, Germany“, letzte Patentanmeldung am 07.10.1934

British Blattnerphone (System Stille) Ltd., London registriert für Ludwig Blattner am 01.02.1931, London, W.C. 2, Little Newport Street; erstes Patent vom 31.07.1931, letzte Patentanmeldung 29.07.1932.

Alle Schutzrechte wurden im März 1933 an Marconi's Wireless Telegraph Company (Marconi Co.) verkauft.

Seine erste sprudelnde Finanzquelle erschloss sich Stille aufgrund von Familienbeziehungen zu den Gebrüdern Stollwerck in Köln. Sie waren wohl die ersten, die ihre Schokoladen-Produkte in Automaten verkauften, und scheinen überhaupt für alle technischen Neuerungen aufgeschlossen gewesen zu sein. Jedenfalls ermöglichten sie Stille, Ende 1916, Anfang 1917 eine Firma Telegraphie Gesellschaft mbH System Stille zu gründen,¹¹¹ deren erstes Patent vom September 1918 wohl als Produktionsprogramm zu verstehen ist: „*Verfahren zur elektromagnetischen Aufzeichnung und Wiedergabe von Licht- und Schallwellen auf einem Draht, besonders zur Herstellung sprechender Filme*“.¹¹² Erster Geschäftsführer der Telegraphie Gesellschaft mbH System Stille war der damals bekannte Radiofachmann Erich F. Huth, der sich aber bald wieder von Stille trennte; möglicherweise spielten hier vier Patente zum Thema Telephon eine Rolle, die Huth zwischen Mai und November 1916 angemeldet hatte.¹¹³ Ausweislich ihrer Patentanmeldungen war die Telegraphie Gesellschaft mbH System Stille bis Ende 1930 aktiv, wobei nicht bekannt ist, wie lange die Gebrüder Stollwerck daran beteiligt blieben.



Stilles glänzendste Zeit begann gegen Ende oder kurz nach dem Ersten Weltkrieg, als er in dem „Diamantenkönig“ August Stauch seinen potentesten Finanzier fand. Stauch, 1908 Bahnmeister einer Eisenbahngesellschaft in Namibia (damals „Deutsch-Südwestafrika“), war von seinem einheimischen Bahnarbeiter Zacharias Lewala auf besondere Steine hingewiesen worden¹¹⁵ und hatte sich umgehend die Schürfrechte für ein ausgesprochen ergiebiges Fundgebiet gesichert. Wie Stauch sein Vermögen über Weltkrieg und Geldentwertung gerettet hat – man darf Naturalien vermuten –, ist nicht bekannt, doch konnte er auch in der Inflationszeit stets mit Devisen bezahlen.

Stauch investierte 1921 beachtliche Mittel in ein repräsentatives Geschäftshaus in Berlins bester Lage, Potsdamer Strasse 4, Berlin W 9, bekannt geworden als Vox-Haus. Hier gründeten Stauch, Otto Klung und Curt Stille 1921 die „Hauptgesellschaft für Industrien“, die sich bald mehrere Tochtergesellschaften zulegte, darunter die „Vox-Schallplatten- und Sprechmaschinen Aktiengesellschaft“ und die „Vox Maschinen AG“, die sich bis 1929 halten konnten.¹¹⁶ Eigens als Patentverwertungs-Gesellschaft dürfte Stille im Mai 1922 das „Telegraphie-Patent-Syndikat“ initiiert haben, das bis Mitte 1932 aktiv blieb.

Mit Blick auf seine Vox-Schallplatten- und Sprechmaschinen AG hielt es Stauch für eine gute Investition, das Gründungskapital für eine Rundfunkstation zur Verfügung zu stellen. So konnte die „Deutsche Stunde, Gesellschaft für drahtlose Belehrung und Unterhaltung mbH“ am 29. Oktober 1923 Deutschlands erste öffentliche

Rundfunksendung aus dem Vox-Haus ausstrahlen (Curt Stille war übrigens 1923 bis 1928 Aufsichtsratsmitglied der Nachfolgesellschaft Funkstunde AG ¹¹⁷). Auch die am 1. Mai 1925 gegründete Reichs-Rundfunk-Gesellschaft hatte ihren ersten Sitz im Vox-Haus.¹¹⁸

Die „Vox Maschinen AG“ hatte ein recht breites Programm, das von Lautsprechern, Rundfunkgeräten und Schallplattenspielern über *„Maschinen zum Sortieren von gelochten Zählkarten“* und *„Lochapparaten für statistische Karten zur Aufnahme der Angaben von Uhrwerken, Zählwerken und dergleichen“* bis zu *„elektromagnetischen Diktiermaschinen“* reichte. Curt Stille scheint hier überwiegend als Ideen-, Lizenz- und Auftraggeber gewirkt zu haben, wie die in amerikanischen und englischen Patentschriften üblichen Erfindernennungen beweisen. So ist beispielsweise der „Stillesche Fernschreiber“ etwas irreführend benannt: der verantwortliche Konstrukteur hieß Waldemar Hagemann, „Fernschreiber“ war eine wörtliche Übersetzung von „Telegraphon“, als Wortzeichen jetzt ebenso frei wie Poulsens Patente. Die Patente zur Lochkartentechnik – womit die Vox Maschinen AG in direkter Konkurrenz zu IBM stand – stammen von Walter Vogelsang; dieses Projekt scheint aber Ende 1923 abgebrochen worden zu sein.¹¹⁹

Hagemann konnte in Stilles Labor mit einem Telegraphon, vermutlich aus amerikanischer Fertigung, experimentieren, dazu kamen zwei hauseigene Nachbauten. Ihre Betriebssicherheit litt unter ärgerlich häufigen Draht-rissen und erheblichen Laufgeräuschen, als deren Ursache Hagemann die hohe Drehzahl beziehungsweise die darin enthaltene kinetische Energie der relativ kleinen, dafür schwer bewickelten Spulen ausmachte. Bei einer nicht zu unterschreitenden Drahtgeschwindigkeit von 3 m/s und den geforderten 30 bis 60 min Aufzeichnungsdauer waren 5.400 beziehungsweise 10.800 m Draht auf einer Spule unterzubringen, die etwa 10 cm Durchmesser hatte und mit rund 10 Umdrehungen pro Sekunde rotierte. Das Maximalgewicht von 2 kg beziehungsweise 4 kg allein für den 0,25 mm dicken Draht sorgte für hohen Verschleiß und störend laute „Lagerstöße“. Als Konsequenz entwarf Hagemann den „Stilleschen Fernschreiber“ mit zwei 28 cm großen Spulen, die nur mit *„4 sekundlichen Umdrehungen“* liefen und keine übergroßen Rotationsenergie-Mengen speicherten, also auch schnell abzubremesen waren.¹²⁰

Im Frühjahr 1922 dicht aufeinanderfolgende Patentanmeldungen lassen vermuten,¹²¹ dass das Gerät im Lauf dieses Jahres marktfähig wurde. Allerdings wäre dieser Start mitten in die Hochphase der deutschen Inflation gefallen. Abgesehen von einigen werbewirksamen Verkäufen war der Erfolg des Geräts offenbar nur gering.¹²² Immerhin sollen die Schriftstellerin und Drehbuchautorin Thea von Harbou, verheiratet mit dem bedeutenden Filmregisseur Fritz Lang, ebenso wie der Romanautor Hans Dominik die Hagemann-Stille-Geräte zum Diktieren oder Fixieren von Einfällen verwendet haben.

Hagemann wurde 1924 zur Vox-Schallplattenfabrik versetzt. Im Herbst des gleichen Jahres erschienen in den USA die ersten elektrisch geschnittenen Schallplatten, natürlich unter striktem Patentschutz, so dass die Vox gezwungen war, hier eigene Verfahren zu entwickeln; Stille soll daran führend beteiligt gewesen sein.¹²³

Bei Stilles engen Verbindungen zum Rundfunk wundert es kaum, dass er auch dort seine Geräte angewendet sehen wollte. So hatten zwei leitende Ingenieure der BBC 1925 an einer Demonstration in Berlin teilgenommen, freilich nicht allzu beeindruckt.¹²⁴ Mehr Aufmerksamkeit erzielte der „Stillesche Schreiber“ bei der ersten „Tagung für Rundfunkmusik“ am 3. Mai 1928 im Theatersaal der Hochschule für Musik in Berlin-Charlottenburg, die sich, ausgesprochen fortschrittlich, eine *Rundfunkversuchsstelle* zugelegt hatte (zu ihren Mitarbeitern gehörten Musiker wie Paul Hindemith und Oskar Sala, bekannt als einziger Spieler des „Trautoniums“ seines Ingenieur-Kollegen Friedrich Trautwein). Alle Darbietungen der Eröffnungsveranstaltung wurden aufgezeichnet und wiedergegeben, doch der ausgewiesene Fachmann Gustav Leithäuser äußerte herbe Kritik: *„Worauf es ankommt, ist, dass die Wiedergabe möglichst naturgetreu ist, und hier versagt das Stillesche Stahlband völlig“*.¹²⁵ Ganz anders urteilte der einflussreiche Musikwissenschaftler Georg Schünemann: *„Der Dr. Stillesche Fernschreiber, nach unseren Erfahrungen hierfür der beste Apparat, gibt das auf den elektromagnetischen Apparat Aufgeschriebene mit großer Klarheit wieder. [...] Und der Lehrer hat ein wertvolles Unterrichtsmaterial, das er ganz nach seinem Gutdünken weiter verwenden oder auslöschen kann. Der Stillesche Schreiber kann für uns unentbehrlich werden, wenn er hält, was wir erwarten.“*¹²⁶ Dieser „Stillesche Schreiber“ dürfte auch im Sommer 1929 auf der Leipziger Mustermesse gezeigt worden sein.¹²⁷

Als Stauchs Diamantenkapital aufgezehrt war, geriet der Vox-Konzern 1929 wirtschaftlich in turbulentes Fahrwasser,¹²⁸ sein letztes Patent meldete das einst so stolze Unternehmen Anfang April 1929 an.¹²⁹ Mittlerweile hatte aber eine andere Entwicklung mit enormem wirtschaftlichen Potenzial Curt Stilles Interesse gefesselt: im Sommer 1928 verzeichneten die ersten Tonfilme aus den USA in Europa, zuerst natürlich in England, sensationelle Besucherrekorde. Da aber noch nicht ausgemacht war, wie beziehungsweise woher der Ton zum Film kommen sollte – der Nadelton war, technisch gesehen, erkennbar *nicht* die definitive Antwort – traten scharenweise Erfinder auf den Plan. Stille propagierte, naheliegend, den Magnetton, wenn auch beileibe nicht als erster, so doch mit einem potentiell praxistauglichen Verfahren.

Vom Stumm- zum Tonfilm

Die faszinierenden Laufbilder zogen schon lange ein riesiges Publikum an – war es doch denkbar einfach, ins Kino zu gehen, wo jedermann eine Welt der Illusionen offenstand und jeder Geschmack bedient wurde.¹³⁰

Wirklich „stumm“ liefen diese Filme in keinem Lichtspielhaus, das auf sich hielt. Waren es nicht regelrechte Orchester, die auch dem Gehörsinn der Zuschauer, dramaturgisch wohlberechnet, etwas zu verarbeiten gaben, dann wenigstens der legendäre „Mann am Klavier“.

Nicht nur der Rundfunk verdankt „der Röhre“ seine Existenz, sondern auch der Tonfilm. Viel früher, als es Produzenten, Schauspielern und Kritikern angebracht schien,¹³¹ beschäftigte ideenreiche Erfinder der Gedanken, welche technischen, geschäftlichen, vielleicht sogar künstlerischen Chancen hier warteten. Dementsprechend kam es auch zu Erfindungen in Fülle, die aber letzten Endes nur als Warningschilder vor technischen Sackgassen taugten. Der schon genannte Berliner Ernst Ruhmer gehörte zu den ersten, die kurz nach 1900 Experimente mit Lichtton anstellten. Lee de Forest versuchte es mit Magnetton: sein „Phonofilm“-Verfahren kombinierte einen Film-Projektor und ein Telegraphon, dessen Draht ein spezielles Antriebsrad am Projektor transportierte. Die Tonqualität soll ebenso mäßig gewesen sein wie das Interesse der Filmfirmen.¹³²

Eingehende Recherchen eines Technikhistorikers brachten zutage,¹³³ dass sich in den USA noch wenigstens vier andere Erfinder am Magnet-Filmton versuchten: Henry C. Bullis bereits 1915,¹³⁴ Eugene Peterson erhielt 1920 ein entsprechendes Patent,¹³⁵ und schließlich 1927 Joseph A. O'Neill, der in einer Art Rinne des Bildfilms eine halbflüssige magnetisierbare Dispersion aufbringen wollte und damit die *Idee* der Magnetton-Spur um etwa zwanzig Jahre vorwegnahm.¹³⁶ Im Dezember 1928 stellte der Besitzer der Baruch's Sound Pictures, Inc., ein Elektroingenieur aus New York, Sydney Baruch, das „Moviephone“ als – erfolglose – Alternative zum aktuellen Lichtbeziehungswesen Plättenton vor.¹³⁷

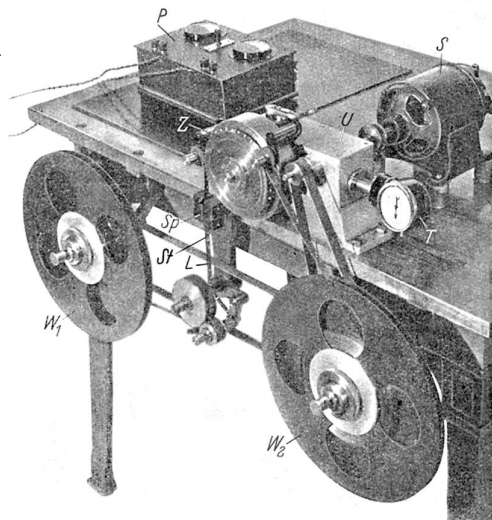
Europa sollte nicht zurückstehen: der Ungar Armand Mamor versuchte sich 1914 an dem Thema,¹³⁸ Friedrich Hansen und Emil Flachmann folgten 1919 („*Man erhält also einen Film, der das Phonogramm in Eisenteilchen darstellt, die in ihrer Dichte den photographierten Lautwellen entsprechend gruppiert sind*“¹³⁹). Ebenfalls Ähnlichkeiten mit dem O'Neill'schen System zeigte ein Verfahren, das der Franzose René Nublat entwickelte.¹⁴⁰ Um 1920 ging, wieder in Berlin, die Tri-Ergon-Gruppe die Aufgabe erneut an. Die Herren Joseph (Jo) Benedict Engl (München 1893 – New York 1942), Joseph Massolle (Bielefeld 1889 – Berlin 1957) und Hans Vogt (Wurlitz, Oberfranken, 1890 – Passau 1979),¹⁴¹ erlebten zwar den Triumph, bereits 1922 einen echten Lichttonfilm im „Tri-Ergon-Lichttonverfahren“ vorführen zu können, doch die desolaten Wirtschaftsverhältnisse der Zeit verhinderten internationale Erfolge ihrer Erfindung.¹⁴²

Den ersten, am 23. Dezember 1929 uraufgeführten deutschen Tonfilm mit Spielfilmlänge, DIE NACHT GEHÖRT UNS mit Hans Albers und Charlotte Ander in den Hauptrollen, drehte Regisseur Carl Froelich ab September 1929 mit dem deutschen TOBIS-Tonsystem¹⁴³ – als „Ton-Regisseur“ zeichnete übrigens Joseph Massolle, seit Gründung der Gesellschaft am 13. August 1928 deren Technischer Direktor.¹⁴⁴

Abbildung 30: Curt Stilles Stahlband-Magnettonfilm-Gerät von 1929. Es arbeitete mit 6 mm breitem, entlang der Mittelachse perforiertem Stahlband mit 50 µm Dicke. Die Bandgeschwindigkeit dürfte 73 cm/s gewesen sein, entsprechend Stilles Angabe, wonach das Band 60 % schneller als der Bildfilm (45,6 cm/s) lief.

Das Magnettonfilm-Gerät dürfte, wenn nicht in Stilles eigenem Labor, bei oder in Zusammenarbeit mit der Ferdinand Schuchhardt AG, Berlin, gebaut worden sein.

Die Abbildung stammt aus einer Publikation Stilles von Anfang 1930, als er schon zum unperforierten Stahlband übergegangen war – siehe dazu Abbildung 31.



Legende:

S Synchronmotor	L Lochung im Stahlband
U Umschaltgetriebe	Sp Sprechkopf
Z Zahntrommel	W ₁ , W ₂ Wickeltrommeln
T Tachometer	P Polarisationsgerät
St Stahlband	

Gegenüber dem Tri-Ergon-Lichttonverfahren war das erste kommerziell erfolgreiche Tonfilm-Verfahren technologisch unverkennbar ein Rückschritt: das amerikanische „Vitaphone“ der AT&T-Tochter Western Electric. Hier kam der Ton von Schallplatten mit 16 Zoll (knapp 41 cm) Durchmesser, die bei 33¹/₃ Umdrehungen pro Minute die gleiche Spieldauer wie eine Filmrolle, also 9 – 10 Minuten, boten¹⁴⁵ und mit einem elektrischen Tonabnehmer von innen nach außen abgetastet wurden; der Plattenteller lief, mechanisch verkoppelt, synchron mit dem Projektor.¹⁴⁶ Ungeachtet der „widernatürlichen“ Kopplung eines platten- und eines streifenförmigen Trägers – die das Publikum natürlich nur dann interessierte, wenn eine Platte vertauscht wurde, zerbrochen war oder ein gerissener Film unter Bildverlust geklebt wurde –, hatten die ersten abendfüllenden Vitaphone-Filme DON JUAN (Uraufführung: 6. August 1926) und THE JAZZ SINGER, der erste Film mit Musik und kurzen Dialogpassagen, überall sensationelle Erfolge. So auch in London, wo THE JAZZ SINGER seit 27. September 1928 und gegen Jahresende ein weiterer Al-Jolson-Film, THE SINGING FOOL, gezeigt wurden.¹⁴⁷ Mit dieser Entwicklung waren die meisten

kommerziellen Vorbehalte gegen den Tonfilm hinfällig; gegen Ende 1929 soll es in den USA fast 9.000 tonfilmfähige Kinos gegeben haben. Allerdings seien dabei nicht weniger als 234 unterschiedliche Verfahren benutzt worden, bei der Mehrzahl kam der Ton von Schallplatten.¹⁴⁸

Wie unsicher man allerdings in Filmproduzenten-Kreisen angesichts der anstehenden Neuerungen war, zeigt ein Beitrag in der April-Nummer 1929 der Zeitschrift „Kinotechnische Umschau“. Hier erging sich der Filmpionier, Techniker und Kameramann Guido Seeber über Versuche, eine kolloidale Mischung von Eisen, Nickel und Kobalt in den Film zu „integrieren“.¹⁴⁹ Jahre später kam heraus, dass dieser Bericht „*leider bisher noch das geblieben [ist], was er war, nämlich ein guter Aprilscherz!*“¹⁵⁰ – was freilich nur beweist, dass damals neben dem Licht- auch der Magnet-Tonfilm allorts herumspukte, wäre Seebers Elaborat doch anders kaum gedruckt worden. Ironie der Technikgeschichte: zwanzig Jahre nach dem Aprilscherz wurde in Ludwigshafen versuchsweise ein Magnetfilm in Masseband-Technologie gefertigt, der Seebers Phantasieprodukt ziemlich genau entsprach. Kein Wunder, dass noch 1981 eine amerikanische Dissertation die Seeber-Geschichte für bare Münze nahm.¹⁵¹ Im Juni 1982 stellte Kodak schließlich einen Bildfilm vor, der auf Rückseite eine 8 µm dicke, vollkommen farblose und durchsichtige Magnetschicht trug. Sie war insbesondere zur Aufzeichnung von Steuerimpulsen verschiedenster Art gedacht (unter anderem einzelbildgenaue Codierungen); analoge Tonsignale hatten bestenfalls Telefonqualität. Das Projekt scheint kaum Erfolg gehabt zu haben.¹⁵²

Curt Stille versucht sich am Magnet-Tonfilm

Die neue Attraktion, die „talkies“, zwang alle Film-Produzenten, sich ernstlich mit dem Ton zum Film zu befassen. Kleine Produzenten konnten sich ausrechnen, dass ihre Mittel nicht ausreichen würden, um Lichtton-Lizenzen von einer der beiden finanzstarken amerikanischen Gesellschaften Western Electric und RCA zu bekommen, und so suchten sie nach technischen Alternativen.¹⁵³ Zu ihnen gehörte auch Ludwig Blattner (auch Louis B.), ein 1884 in Deutschland geborener, in Großbritannien lebender Filmproduzent, der 1927 ein kleines, ehrgeiziges Filmstudio in Elstree bei London eröffnet hatte und sich ein Jahr später unversehens der Herausforderung Tonfilm gegenüber sah.

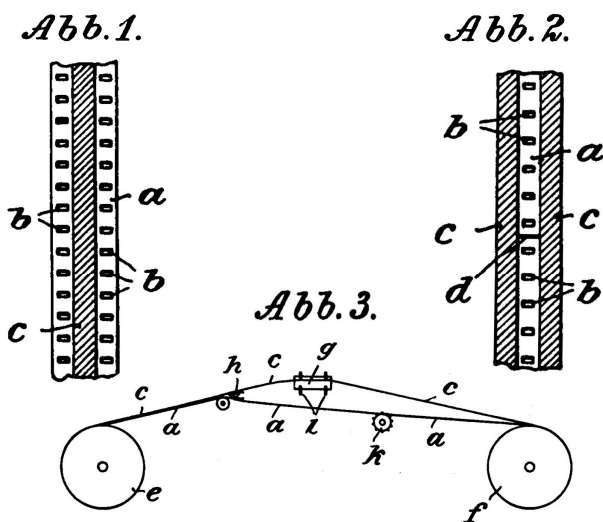


Abbildung 31: Stilles unperforiertes Stahlband. Zusammen mit einem nichtmagnetischen, perforierten Träger a werden die Stahlstreifen c aufgewickelt; die gezahnte Transportrolle k sorgt für bild-synchronen Transport. – Die „Abb. 3“ ist etwas ungenau: die „freien Längen“ zwischen dem Trennstück h und dem Aufwickelpunkt auf der Spule f müssen natürlich genau gleich lang gezeichnet sein. – Als Erfinder wird Willy Hornauer nur im Patent US 1,846,110 genannt, das entsprechende Patent DE 572 877 vom 26. September 1929 ist vom Telegraphie-Patent-Syndikat GmbH angemeldet worden.

Abbildung 32 (RECHTS): Eine bunte Mischung aus seriöser Information und werbewirksamer Übertreibung: eine Anzeige aus der Zeitschrift „Kinotechnik“ vom 27. April 1929.

Kennen Sie ein

TONFILMSYSTEM

herr Produzent!

das vollendetste Tonwiedergabe und natürlichste Sprache hat?
das keine Patentstreitigkeiten kennt?
das trägheitslose Aufzeichnung ohne Eigengeräusche benutzt?
das beliebig viele Kopien in wenigen Stunden gestattet?

herr Regisseur!

das keine Umwälzung der Aufnahmeformen erfordert?
das weder im Atelier noch außen Schwierigkeiten kennt?
das sofort abzuhören ist?
das sofort retuschierbar ist?

herr Theaterbesitzer!

das nie Enttäuschungen bereitet?
das nicht von Vorführung zu Vorführung schlechter wird, so wie Platte und Film?
das in jedem Theater der Welt spielbar ist?
das an jeden Projektor der Welt leicht anzubauen ist?
das unzerstörbar erscheint?
das die einfachste Bedienung erfordert?
und
das zugleich das billigste aller existierenden Tonfilmsysteme ist?

Wenn nicht, so nennen wir Ihnen das

BLATTNERPHONE

(STILLE SYSTEM)

Keine Platte, kein Film, sondern
synchronisiertes magnetisches Stahlband

Die Weltlizenz dieses einzigartigen Tonfilmsystems hat die
BLATTNER PICTURE CORPORATION LIMITED
LONDON W.C.2 35, 36 LITTLE NEWPORT STREET

Deutsche Vertretung:
BLATTNER FILM-VERWERTUNGS-GESELLSCHAFT M.B.H.
BERLIN SW.48, FRIEDRICHSTR. 221 TEL. BERLIN 5555 1121

Curt Stille, auch in Filmkreisen bekannt, verdankt seine Bekanntschaft mit Ludwig Blattner dem Kameramann Karl Freund.¹⁵⁴ Sie lernten sich kennen, als Blattner für die Berliner Lignose-Hörfilm, die ein Schallplatten-Filmtonverfahren besaß, seine Phototone-Filme produzierte. Blattner, finanziell längst nicht so gut gebettet wie Diamanten-Stauch in seinen besten Tagen, finanzierte trotzdem über Jahre Curt Stilles Arbeit, die recht nahe an ein studiofähiges Tonfilmsystem heranführte.

Zunächst arrangierte Blattner für Stille und seine Stahldrahtgeräte mehrere publikumswirksame Auftritte, darunter einen am 31. Oktober 1928 in London, der aber die Berichterstatter der Fachpresse nur mäßig begeistern konnte. Unverdrossen kündigte Blattner für das Frühjahr 1929 eine speziell für bildsynchrone Tonaufnahme geeignete Neuentwicklung an;¹⁵⁵ Stille präsentierte folglich seine nächste Schöpfung am 30. April 1929 in Berlin vor der Kinotechnischen Gesellschaft, die die Veranstaltung als veritable Sensation einstufte.¹⁵⁶ Stille war vom – eben nur relativ preiswerten – Stahldraht zum aufwendig herzustellenden, 6 mm breiten, mittig perforierten Stahlband übergegangen, das zwar schneller laufen musste als der Bildfilm, aber wegen seiner Dicke von lediglich 50 µm nur zum gleichen Wickeldurchmesser auflief. Die Bandgeschwindigkeit exakt anzugeben, vermied Stille; er umschrieb sie damit, „dass das Stahlband etwa 60 % schneller läuft als der Bildstreifen“ – das wären 72,96 cm/s, ausgehend von der Standard-Filmgeschwindigkeit 45,6 cm/s bei 24 B/s; für Musikaufnahmen forderte er allerdings 1,2 m/s, womit sein Gerät einen relativ geradlinigen Frequenzgang bis etwa 5 kHz erreichte. Überzeugt vom Potenzial des Verfahrens, verlaublich Stille, angesichts eines (angestrebten) Frequenzbereichs bis 10.000 Hz sei sogar die elektromagnetische Aufzeichnung von Farbbildern mit Begleitton denkbar; damit knüpfte er an seine Videorecorder-Vorahnung von 1918 an.¹⁵⁷

Abbildung 33: Stilles „Vorrichtung zum gleichzeitigen Herstellen mehrerer Stahldraht- oder Stahlbandkopien nach einer magnetischen Schallaufzeichnung“, in Deutschland angemeldet als DE 515 255 am 21. Oktober 1928, in den USA als US 1,811,817 am 12. April 1929, hier mit klarem Bezug zum Kopieren von „sound records ... of talking films“: Die erste Dupliziermaschine für Tonaufzeichnungen!

Die Vorrichtung war sowohl für Stahl-Draht als auch -Band gedacht. Trägerlaufrichtung von oben nach unten, das Original 2 (ganz rechts) läuft von Spule 1 auf Spule 3. Der Kern des Kopier-Magnetkopfs (Fig. 2) sollte kammartige Einschnitte aufweisen, der magnetische Kreis ggfs. durch ein spiegelgleiches Exemplar von oben geschlossen werden. – Leider erwähnt Stille nicht die Möglichkeit, mit mehrfacher Originalgeschwindigkeit zu kopieren.¹⁵⁸

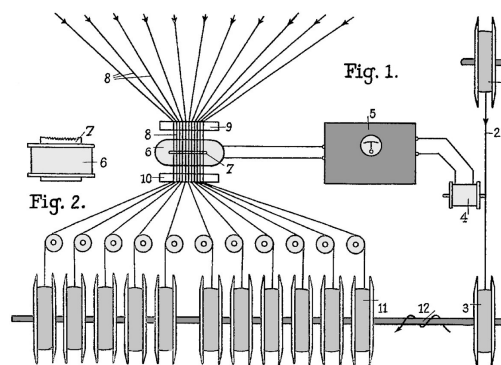


Abbildung 34: Curt Stille (links) und ein Mitarbeiter, vermutlich Willy Hornauer, Mitte / Ende der 1920er Jahre¹⁵⁹

Stilles Magnetfilmgerät dürfte, wenn nicht im eigenem Labor, bei oder in Zusammenarbeit mit der Schuchhardt AG gebaut worden sein. 1886 als Berliner Fernsprech- und Telegraphenwerk gegründet und 1921 in „Ferdinand Schuchhardt Berliner Fernsprech- und Telegraphenwerk AG“ umbenannt, war die Firma ein anerkannter Reichspostlieferant. Seit 1923 entwickelte der bekannte Physiker Gustav Leithäuser in ihrem Auftrag Rundfunkgeräte, deren Produktion 1928 den Höhepunkt erreichte.¹⁶⁰ Blattner hatte im März 1929 eine Mehrheitsbeteiligung erworben,¹⁶¹ und so sollte Schuchhardt während der drei folgenden Jahre die führende Rolle im Magnettongeräte-Bau spielen. So einleuchtend Stilles Magnetfilm-Konzept erschien – nicht zuletzt blieb ja das volle Bildformat des Stummfilms erhalten –, so schwierig wurde die Realisation. Stahlband zu perforieren hat seine Tücken: nur relativ sprödes Material bietet gute Magnet-Eigenschaften, nutzt aber im Gegenzug Perforierstanze wie auch das Film-Transportwerk vorzeitig ab. Selbst wenn nur auf den lochfreien Bandteilen aufgezeichnet wird, können rhythmisch wechselnde „seitliche Einstreuungen“ (von den Perforations-Zwischenstegen in den Wieder-gabe-Wandler) penetrante Störtöne erzeugen. Außerdem drohten Patentschwierigkeiten: Heinrich Küchenmeister hatte schon 1927 ein ausdrücklich für die Tonwiedergabe zum Bildfilm bestimmtes Stahlband vorgeschlagen,¹⁶² das nur in dem zur Aufzeichnung bestimmten „Streifen“ gehärtet war; die Restbreite sollte wenig oder nicht vergütet sein, um einerseits das Perforieren zu erleichtern, andererseits die Lebensdauer von Träger und Abspielgerät zu verlängern.

Stilles nächste biographische Station, die Gründung der Stille Inventions Ltd. im Mai 1929, hat durchaus riskante Aspekte: die Firma gehörte Ludwig Blattner, dem Stille schon im August 1928 seine Magnetton-Patente (also seine Patentverwertungs-Gesellschaft Telegraphie Patent Syndikat) hatte abtreten müssen.¹⁶³ Blattner, ein versierter PR-Fachmann, organisierte am 29. Oktober 1929 in London eine wiederum öffentliche Vorführung der neuesten Stille-Entwicklungen. Gezeigt wurden laut Presseberichten ein ansonsten unbekanntes Gerät namens Echophone (entweder eine Verwechslung mit dem Firmennamen oder ein Entwicklungsmodell aus dem Bereich Kurt Bauers), ein nie wieder genanntes Magnetophone <sic> genanntes Draht-Gerät für den Heimgebrauch, und das neueste Magnet-Tonfilmgerät mit überarbeitetem Antriebskonzept, jetzt unter dem doch etwas anmaßenden Namen Blattnerphone – so günstig kam also der Finanzakrobat Ludwig B. an sein Geschichtsplätzchen.¹⁶⁴

Obwohl das Blattnerphone mit unperforiertem Stahlband auskam, sollen Bild und Ton „nach ½stündiger Vorführung noch die Genauigkeit von ± eine Bildchenhöhe (d. i. 1/24 sec.)“ besessen haben – eine beachtliche Leistung.¹⁶⁵

Zu verdanken war sie nicht zuletzt Willy Hornauer, der (mit seiner letzten für Stille patentierten Erfindung) gleich mehrere Probleme mit einem Schlag lösen wollte: er spulte glattes Stahlband zusammen mit einem perforierten, unmagnetischen Träger auf, verband allerdings Stahl- und Transport-Band nur am Anfang und Ende miteinander. Neben der naheliegenden Ausführung – ein Stahlband mittig zwischen der Doppelperforation – gab es eine Variante: zwei Stahlstreifen rechts und links auf einem mittig perforiertem Träger (Abbildung 31). Im Magnetbandgerät wurde das Stahlband streckenweise vom Träger abgehoben und lief über den Wiedergabekopf; in den Lochstreifen griff eine Zahntrommel ein, die „mit dem Bildapparat synchron läuft und für den zwangsläufigen Transport des Phonogrammträgers sorgt.“¹⁶⁶ Als Begleiterfindung hatten die Schuchhardt-Werkstätten eine „Vorrichtung zur synchronen Wiedergabe von Ton und Bild unter Benutzung je eines besonderen Bild- und Tonträgers“ beigesteuert, die auch nach „überlapptem Zusammenkleben nach Bruch des Filmbandes“ noch Synchronität zwischen Bild- und Tonträger gewährleisten sollte.¹⁶⁷ Ein entsprechender Blattner-Tonfilm, von dem aber nicht einmal der Titel überliefert zu sein scheint, lief zwischen Januar und März 1930 in London.¹⁶⁸

Dem Presseecho nach zu urteilen, war die Vorführung vom 29. Oktober 1929 ein voller Erfolg. Für die Zukunft des Stahlbands wichtiger war jedoch, dass zu den Teilnehmern auch der Chefsingenieur der BBC gehörte, denn so vielversprechend Stilles System auch gewesen sein mag: außer ein paar unverbindlichen Ankündigungen kam nichts Konkretes zustande. Gegen die amerikanischen Lichttonsysteme hatte die kleine, unterkapitalisierte Firma Ludwig Blattner Picture Corp. Ltd. keine Chance. Während sie kaum mehr als Verluste produzierte, hatten die amerikanischen Gesellschaften Western Electric und, zunächst weniger erfolgreich, RCA die englischsprachigen Filmproduzenten zu ihren Lichttonsystemen bekehren können.¹⁶⁹ Zu überzeugend waren die Vorteile, die der Lichtton bei der Produktion der Theaterkopien und ihrer Vorführung bot; eine zusätzliche kostspielige Einrichtung wie das Blattnerphone wollten die Kinobetreiber weder bedienen noch warten, geschweige denn kaufen. Daran konnte auch ein Vergleich mit dem TOBIS-Klangfilm-Lichttonverfahren im Jahr 1929 nichts ändern, der zu Gunsten des Blattnerphones ausging.¹⁷⁰ Blattners Lage war bedenklich: in diesem Jahr wurden in den USA erstmals mehr Tonfilme als Stummfilme gedreht, das Zeitfenster, um ein Magnettonsystem durchsetzen zu können, war zugefallen.¹⁷¹ Auch in Deutschland waren die Türen verschlossen, seit die Blattner / Stille-Patente von der Patent-Poolbildung im Gefolge der TOBIS-Gründung (1929) ausdrücklich ausgenommen wurden;¹⁷² kein Wunder, war doch die N.V. Küchenmeesters Internationale Maatschappij voor Sprekende Films, die das oben erwähnte Patent auf perforiertes Stahlband besaß, mit 36 % am Gründungskapital der TOBIS beteiligt.¹⁷³

Semi J. Begun (1905 – 1995)

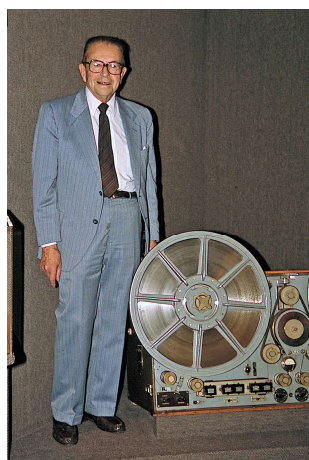


Abbildung 35: Dr. Semi J. Begun neben seiner Stahlton-Bandmaschine im Haus von Radio Basel, 8. Dezember 1986. Er hat bei dieser Gelegenheit den Maschinentyp nach 50 Jahren zum ersten Mal wiedergesehen.

Die Ferdinand Schuchhardt AG bildete zwei, drei Jahre lang zumindest für Europa das Zentrum der Magnettontechnik. Die Schuchhardt-Geschäftsführung bewies eine gute Hand, als sie in kurzem Abstand zwei hochbegabte Jung-Ingenieure einstellte – Kurt von Heising und Semi Joseph Begun. Am 2. Dezember 1905 als deutscher Bürger geboren, erhielt Begun 1919 die staatliche Zugehörigkeit zur Freien Stadt Danzig. Den Hauptteil seiner Studien absolvierte er an der damaligen Technischen Hochschule Charlottenburg, wo er im April 1929 mit dem Diplom abschloss; die Anstellung bei der Ferdinand Schuchhardt AG folgte kaum einen Monat später. Als die Dailygraph-Produktion störungsfrei lief, wechselte Begun zur Echophon-Maschinen AG, Kurt Bauers Vertriebsfirma, und war dann, auf teils europaweiten Reisen, für Installation und Inbetriebnahme der Dailygraphen verantwortlich. Neue Aufgaben brachte ihm die Firmen-Neuordnung nach den Übernahme-Aktion der ITT. Seine 1933 genehmigte Dissertation „Beitrag zur Theorie der elektromagnetischen Tonaufzeichnung auf Stahldraht“ schrieb er 1932 „berufsbegleitend“ schon bei C. Lorenz als Leiter des Projekts „Stahlton-Bandmaschine“. Als sich um 1935 abzeichnete, dass ihn sein Status als Danziger Bürger nicht mehr verlässlich vor antisemitischer Verfolgung schützen würde, wanderte er auf den schon unumgänglich verschlungenen Wegen in die Vereinigten Staaten aus.¹⁷⁴ Nach schwierigen Anfangsjahren konnte er bei der Brush Brush Development Company seine lebenslange Vorliebe für die Magnettontechnik mit Konstruktion und Produktion bekannter Geräteserien wie „Soundmirror“ und „Mail-A-Voice“ fortsetzen. 1949 schrieb er eines der Standard-Werke der Magnettontechnik, *Magnetic Recording*, das mehrere Auflagen erreichte.¹⁷⁵ In späteren Lebensjahren verlagerte sich sein Arbeitsschwerpunkt auf sein beachtliches soziales Engagement und unternehmerischen Fähigkeiten; im Ruhestand gründete er sein eigenes Unternehmen Aucor Associates, eine gesuchte Management-Beratungsfirma. – Semi J. Begun verstarb am 5. Januar 1995 in Cleveland, Ohio.¹⁷⁶

Kurt von Heising (1906 – 2003)

Kurt von Heising hat, anders als Semi J. Begun oder Eduard Schüller, zwar nur während einer relativ kurzen Phase seines Berufslebens an (Stahl-) Magnetbandgeräten gearbeitet hat, dafür aber – nicht zuletzt in ihren Abmessungen – beeindruckende Entwicklungen hinterlassen. Geboren am 14. Dezember 1906 in Berlin, kam er 1930 mit frisch erworbenem Diplom als Entwicklungsingenieur zur Ferdinand Schuchhardt AG, hat dort zur gleichen Zeit wie Semi J. Begun gearbeitet und die ersten Blattnerphone-Generationen gebaut.¹⁷⁷ 1931, gerade 25 Jahre alt, nahm er ein Angebot der „Stille Inventions Limited“

als Entwicklungs- und beratender Ingenieur an und lebte seither in England. Mit dem Niedergang der Blattner-Unternehmungen wechselte er zu Marconi's Wireless Telegraph Company (Marconi Co.), die ihn auch an der Konstruktion der imposanten MSR 3-Maschinen beteiligte. Seine Rückkehr 1938 nach Deutschland scheint eher unfreiwillig, denn er hatte sich in seinem Gastland offenbar allzu auffällig für die Deutsche Arbeitsfront (DAF) engagiert, das obskure Gewerkschafts-Substitut der NSDAP.¹⁷⁸ Bis 1945 gehörte er der deutschen Wehrmacht als promovierter Major an. In den 1950er Jahren machte er Karriere bei Volkswagen AG, in seiner letzten Position leitete er bis 1968 die Kundendienst-Zentrale des Konzerns.¹⁷⁹ Er verstarb hochbetagt am 25. April 2003,¹⁸⁰ nach Hans Seiberth (Seite 313) der lebens-älteste aus der Generation der Magnetton-Entwickler.

Curt Stilles Erbe(n)

Ferdinand Schuchhardt AG, Berlin: Dailygraph

Einen vielversprechenden Geschäftsbereich erschloss sich Stille mit der Telegraphie Gesellschaft mbH System Stille (deren Verhältnis zum Vox-Konzern unklar ist), als Nachfolger Hagemanns tritt Willy Hornauer auf.¹⁸² Wie die Folge seiner Patente zeigt, hat er in mehreren Schritten das Konzept ausgearbeitet,¹⁸³ die beiden

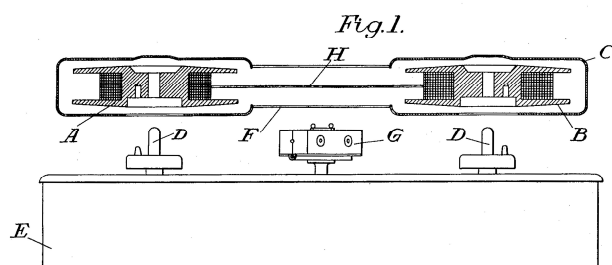


Abbildung 36: Das Patent „Elektromagnetische Diktiermaschine“, DE 418 666, angemeldet am 29. Juni 1924, Erfinder Willy Hornauer laut US 1,665,784 (20. Juni 1925), zeigt, dass Vorstufen des späteren Dailygraph schon Mitte der 1920er Jahre entwickelt wurden.¹⁸¹

Spulen der Draht-Diktiermaschine in einer Wechselskassette, also einem gemeinsamen Gehäuse beziehungsweise Kassette, zusammenzubauen. Damit war einmal der Draht mechanisch geschützt, was deutlich erhöhte Betriebssicherheit brachte. Der große Gebrauchsvorteil war jedoch, dass die Kassette als Ganzes an beliebiger Stelle der Aufzeichnung vom Gerät abgenommen werden konnte, und zwar ohne das für frühe Drahtgeräte typische, zeitraubend langsame Umspulen – wesentlich höher als die Betriebs- konnte nämlich auch die Spulgeschwindigkeit nicht sein. Das Patent „Elektromagnetische Diktiermaschine“, DE 418 666 vom 29. Juni 1924 und dessen USA-Version US 1,665,784 (20. Juni 1925), das ihn als Erfinder ausweist, belegen, dass Vorstufen des späteren Dailygraph

schon Mitte der 1920er Jahre angekündigt wurden.¹⁸⁴ Laut der Legende zu Abbildung 36 aus dem Jahr 1928 wurde schon „... vor 3 Jahren [...] von der Erfindung der elektromagnetischen Diktiermaschine gesprochen. Jetzt endlich rückt das neue Bürogerät der kaufmännischen Realisierung näher. [...] Hoffentlich lässt der Verkaufsbeginn nicht mehr zu lange auf sich warten.“¹⁸⁵ 1928 fand Stille nämlich einen Lizenznehmer namens Kurt Bauer – als Person bleibt der Besitzer schattenhaft –, dessen Firma „Echophon Maschinen Aktien Gesellschaft“ den Vertrieb der Diktiergeräte übernahm,¹⁸⁶ auch wenn deren Mitarbeiter an zehn Fingern abzuzählen waren. Zunächst gab er eine Neukonstruktion bei der Ferdinand Schuchhardt AG in Auftrag; diese hatte zwar Personal und Einrichtungen, um den feinmechanischen Teil des Geräts zu fertigen, aber keinen Magnetismus-Experten. Dafür stellte man im Mai 1929 den 24jährigen Semi Joseph Begun ein, der gerade erst sein Diplomingenieur-Examen abgelegt hatte. Wie er berichtet, fand er nur wenige Messgeräte vor, die Gerätekonstruktion sollte sogar nahezu von Grund auf neu beginnen.

Zu den Lücken in Curt Stilles Biographie gehört, wieviel theoretisches und praktisches Wissen er seinen Lizenznehmern, hier Kurt Bauer, offenlegte. Denn warum musste sich Begun als Entwicklungsgrundlage mit einem betagten Apparat der American Telegraphphone Co. begnügen, anstatt mit einem Gerät nach dem Stand der Technik?¹⁸⁷ Schließlich hatten doch bereits Waldemar Hagemann (bei der Telegraphie Gesellschaft mbH System Stille) und Walter Hornung (für Vox Maschinen AG) „elektromagnetische Diktiermaschinen“ konstruiert. Also würde es zumindest wirtschaftlich vernünftig erscheinen, auf vorhandenen Erkenntnissen aufzubauen. Kaum plausibel ist Beguns Grundlagenarbeit auch deswegen, weil Schuchhardt selbst schon um die Jahreswende 1928 / 1929, also Monate vor Beguns Eintritt, an Stilles Stahl-Filmtongerät arbeitete.¹⁸⁸

Ebensogut ist möglich, dass Stille aus seinem Kenntnisschatz oder Patentbesitz jedem Konstrukteur nur in Quanten gerade das zukommen ließ, was im Augenblick förderlich war. Begun hat übrigens Stille während seiner anderthalb Jahre bei Schuchhardt nur selten zu Gesicht bekommen¹⁸⁹ – der dürfte zu dieser Zeit mit der Propagierung des Film-Blattnerphones voll ausgelastet gewesen sein. Die „Publikumsarbeit“ behielt sich natürlich Stille selbst vor, wie er auch als Autor eines an prominenter Stelle (der „Elektrotechnischen Zeitschrift“, Ausgabe vom 27. März 1930) platzierten Dailygraph-Einführungsaufsatzes auftritt.¹⁹⁰

Jedenfalls hat sich Begun mit Feuereifer auf sein Arbeitsgebiet gestürzt, das sein Vorgesetzter, Wilhelm Klappenecker, klar umrissen hatte: für alles, was Magnetismus und Elektronik betraf, war Begun verantwortlich; das Gebiet Mechanik behielt sich Klappenecker selbst vor. Wie Begun ihn mit respektvoller Sympathie schildert, muss der Mechanikermeister Klappenecker ein vierschrotiger Berliner mit scheinbar plumpen Fingern, aber nahezu ein Genie im Entwerfen und Zusammenbauen feinmechanischer Bauteile gewesen sein.¹⁹¹ Das Ergebnis

der Begun-Klappeneckerschen Kooperation war das Gerät Dailygraph, das in der vorgegebenen Entwicklungszeit – etwa ein Jahr – fertiggestellt war. Von Stille Ende März 1930 als in Fabrikation befindlich genannt, dürfte es vermutlich im Mai / Juni 1930 als „kombiniertes Diktier- und Telefongesprächsaufnahmegerät“ auf den Markt gekommen sein. Die Aufzeichnungsdauer war mit 1 Stunde angegeben, der 0,2 mm dicke Stahldraht lief mit 2,1 m/s (7 ft/s) und war in einer 7.200 m fassenden Kassette – vermutlich eine Weiterentwicklung des von Hornauer entwickelten Kassetten-Typs (Abbildung 36) – untergebracht.¹⁹² Begun hatte dem Dailygraph einen einfachen Röhrenverstärker und eine automatische Aussteuerung für das Aufzeichnen von Telefonaten mitgegeben, also weitere bemerkenswerte Gebrauchsvorteile.¹⁹³ Dass das Dailygraph in der einfachsten Ausführung schon horrende RM 2.250 kostete, wird seinen Einsatz auf Industriebetriebe, auch staatliche Telefon-Gesellschaften, beschränkt haben. Die komplexeren Ausführungen waren außerdem fernsteuerbar, mussten also nicht im gleichen Raum wie der Benutzer arbeiten.¹⁹⁴

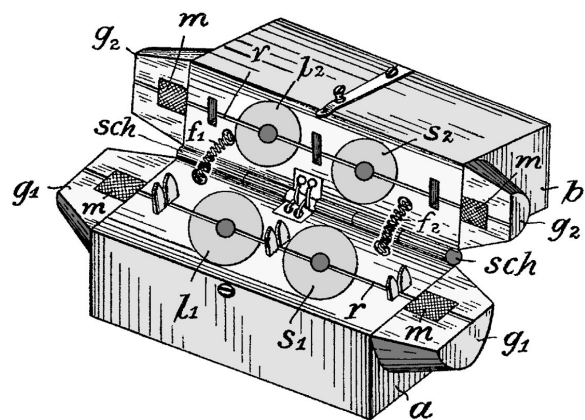


Abbildung 37: Der „Magnetkopfträger“ des Dailygraph: r Lauf-
rinne für den Stahldraht, l1 und l2 Löschmagnetsystem, s1 und s2
Aufnahme-/Wiedergabe-Magnetsystem. Der Draht läuft von links
nach rechts durch Filzpolster m, die eventuelle Schwingungen
dämpfen und ihn leicht einfetten. Beim Öffnen des Haltebügels
(oben) klappen die Hälften dank der Federn f1 und f2 auseinander;
sie verbinden außerdem die Wicklungen der Magnetspulen
von l1 / l2 und s1 / s2 miteinander. Am Auslauf sind zwei weitere
Filzpolster angeordnet. Aus Patent DE 584 276 vom 29.12.1929¹⁹⁵



Abbildung 38: Das Stahl-Draht-Diktiergerät Dailygraph, gebaut bei der
Ferdinand Schuchhardt AG Berlin, im Vertrieb der Echophon Maschi-
nen-AG. Technischer Stand vom März 1930.

Diese nach Schweden gelieferte Anlage besteht aus zwei Geräten, die
sich bei hohem Diktier-Aufkommen gegenseitig ablösen konnten. Je-
des Gerät war 88 cm breit, 44,5 cm tief und 92 cm hoch. Zwischen den
Geräten die Diktierstation und unbekannte Zusatzgeräte. Es fehlt der
aus anderen Quellen bekannte Fußkontakt für die Laufwerkssteue-
rung beim Abschreiben eines Diktats. © Häll, Peter; Tekniska Museet

Begun wechselte nach Abschluss der Dailygraph-Entwicklung als Technischer Direktor zur Echophon Ma-
schinen AG. Seine Aufgabe war jetzt die technische Unterstützung des Verkaufs, er hatte also in vielen europäi-
schen Ländern erläuternde Vorträge zu halten und die Installationen der einzelnen Geräte zu betreuen. Leider
ist nicht mehr festzustellen, wieviele Dailygraphs gebaut beziehungsweise verkauft worden sind; 1932 berich-
tet Begun lediglich „von zahlreichen Exemplaren“ in einem Beitrag, der die Aufgaben der „Diktiermaschine im
Großbetrieb“ mit allen Details der Fernsteuerung beschreibt.¹⁹⁶ Schließlich soll sich die Echophon AG finanziell
übernommen haben, jedenfalls fiel sie zunächst an Schuchhardt, dann an ITT.¹⁹⁷

C. Lorenz AG, Berlin: Textophon

Zu Stilles Erben gehörten auch die renommierte C. Lorenz AG, Telephon- und Telegraphenwerke, Berlin,
wenn auch nicht aus eigenem Willen oder aufgrund früherer Aktivitäten in Sachen Magnettonaufzeichnung. Im
Jahr 1930 engagierte sich nämlich die US-amerikanische ITT (auch I.T.T., International Telephone and Telegraph,
unter ihrem bemerkenswert robusten Chairman Sosthenes Behn) in Deutschland und versammelte in kurzer
Zeit die Ferdinand Schuchhardt AG (von ihrem Hauptaktionär Ludwig Blattner) und Kurt Bauers überschulde-
te Echophon Maschinen-A.G. unter dem Dach ihrer Standard Elektrizitäts-Gesellschaft AG in Berlin, schließlich
eben auch die C. Lorenz AG, bei der ab 1932 alles zusammengefasst wurde, was die ITT an Magnetton-Aktivitä-
ten miterworben hatte. Folgerichtig fand sich auch Dr.-Ing. Semi Joseph Begun (er hatte im April 1932 promo-
viert¹⁹⁸) zu C. Lorenz versetzt. Über seine neue Aufgabe – die Konstruktion der Stahlton-Bandmaschine – wird
weiter unten berichtet; mit Stahl-Draht-Diktiergeräten war er seither nicht mehr befasst.

Das Dailygraph ist auch nach der Übernahme durch die C. Lorenz AG weitergebaut und verkauft worden,
was eine undatierte „Anweisung für die Inbetriebnahme, Bedienung und Pflege der Dailygraph Maschine ...“ beweist,
bei der der Firmenname Echophon mit „C. Lorenz Aktiengesellschaft, Abt.: Dailygraph“ überdruckt ist, sowie
ein Produktfoto des Dailygraph, bei dem auf dem Unterbau eine „C. Lorenz“-Plakette zu erkennen ist. Wann
und aus welchem Grund ein dem Dailygraph zumindest äußerlich gleichendes Gerät zum Textophon umbenannt
wurde und dabei auch vermutlich die interne Bezeichnung „BW 1“ erhielt, ist derzeit nicht feststellbar.¹⁹⁹

Jedenfalls entwickelte eine namentlich nicht vollständig bekannte Ingenieurs-Gruppe der C. Lorenz das
Dailygraph alsbald zum Textophon weiter.²⁰⁰ Auf einschlägigen Patentschriften erscheinen die Namen Friedrich

Brinkmann, Heinz Kauffmann, Albert Kofes, Arnold Stapelfeldt und Hermann Heidenwolf (dieser 1942 mit dem verblüffenden Vorschlag, ein Stahlband in hochfrequente *mechanische* Schwingungen zu versetzen, um ähnliche Verbesserungen wie mit der Hochfrequenz-Vormagnetisierung zu erzielen²⁰¹). Leiter der Gruppe, schon nach der Zahl seiner Patente zu schließen, dürfte der Oberingenieur Stapelfeldt gewesen sein, 1938 der Gewinner eines nationalen Wettbewerbs um die Konstruktion des „Deutschen Kleinempfängers“ (DKE 38, Preis RM 35, auch „Goebbelsschnauze“ genannt), als preiswerte Ergänzung zum Volksempfängers (RM 75).²⁰²

Die weitere Entwicklung der Textophone scheint nicht mehr in allen Details darstellbar zu sein. Es sind Typenbezeichnungen wie BW 1 und BW 4 bekannt, was auch Geräte mit der Bezeichnung BW 2 und BW 3 erwarten lässt, nur fehlen dafür bisher Anhaltspunkte, welchen Entwicklungsstufen diese Bezeichnungen zuzuordnen sind. Im Folgenden dargestellt ist daher der am plausibelsten erscheinende Ablauf.



Abbildung 39: Ein Textophon, vermutlich Typ „BW 1“, zumindest äußerlich dem Dailygraph noch sehr ähnlich (wahrscheinlich mit ihm identisch). Die 37 cm lange, 12,5 cm breite, abnehmbare Stahl Draht-Kassette fasste 7.200 m Draht mit 0,2 mm Durchmesser.

Die Firma Otto Glogowski, Berlin, deren Schriftzug rechts unterhalb des prominenten Schriftzugs „Textophon“ zu erkennen ist, war in den 1930er Jahren ein großer Büromaschinenhändler, jedoch nicht der Hersteller des Geräts.

Drei Lorenz-Patente von März 1934 betreffen die Konstruktion des Sprechkopfs; die Anmeldedaten legen nahe, die Umgestaltung zum Textophon auf das erste Halbjahr 1934 zu datieren. Ob und welche Verbesserungen es sonst noch aufwies, ist unbekannt; diese Ausführung dürfte die Bezeichnung „BW 1“ erhalten haben.

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Werk Ludwigshafen, ließ sich am Jahresende 1934 ein Textophon – dem Zeitpunkt nach wohl ein BW 1 – vorführen.²⁰³ Die Absicht war offenbar, das „Umfeld“ des gerade reifenden Magnetophons zu erkunden, und so erfuhr man aus dem postwendend folgenden Angebot: das Grundgerät, also die „Textophon-Kombinator-Anlage“ mit Zubehör, sollte RM 1.365 kosten, eine zweite, gekoppelte Maschine RM 875; ein „Spulenkasten“ mit 4.000 m „Textophon-Draht“ für eine „Aufnahmekapazität von ca. 1 Stunde“ kam auf RM 100.²⁰⁴ Nach einer Anstandsfrist stellte man in Ludwigshafen aber fest, dass „eine derzeitige Anschaffung noch verfrüht sei“.

Deutlich bekannter wurde die nachfolgende Bauform des Textophons, die in sechs Exemplaren für die Berichterstattung von den Olympischen Winterspielen in Garmisch-Partenkirchen (6. bis 16. Februar 1936) und im gleichen Jahr bei den Sommerspielen in Berlin eingesetzt wurde. Hier unterstützen nicht weniger als 40 Geräte die internationalen Pressevertreter.²⁰⁵ Konstruktion und Fertigung dürfen also auf die

erste Jahreshälfte 1935 datiert werden, da vor dem ersten Einsatz ja noch Ausschreibungsfristen, Abnahmeprozessen und dergleichen zu berücksichtigen sind. Naheliegender wäre es, diese Bauform als „BW 2“ einzuordnen.

Die Draht-Kassette des BW 2 unterschied sich erheblich vom Vorgänger wegen der „Ringskalen“ auf der Oberseite. Hier befanden sich zwei feststellbare Reiter, mit denen besprochene Drahtlängen vor Löschen gesichert werden konnten, denn die Maschine wurde an diesen „Grenzstellen“ automatisch abgeschaltet. Vor dem Spulenwechsel musste der zweiteilige „Sprechkopfräger“ aufgeklappt werden, um den Draht freizugeben. Die Rücklaufgeschwindigkeit des Drahts war immerhin doppelt so hoch wie bei Aufnahme und Wiedergabe, also statt 1,50 m/s mit 3 m/s.²⁰⁶ 1936 kostete das Textophon „BW 2“ RM 1.650, Material für – allerdings nur noch – 20 Minuten Aufzeichnungsdauer RM 50.²⁰⁷

Semi J. Begun, der selbst ein Textophon („BW 2“) besaß – Sprach- und Musikaufzeichnungen sind in Kopie erhalten –, erfuhr von mehreren hundert Verkäufen allein in die Schweiz und an zahlreiche Dienststellen der NSDAP.²⁰⁸ ITT soll ohnehin beträchtlich an der Modernisierung der Fernmeldesysteme von Gestapo, Heer, Luftwaffe und Marine beteiligt gewesen sein.²⁰⁹ Welche Firmen im Alltag Textophone einsetzten, ist kaum noch zu rekonstruieren, wie auch offen bleibt, ob es – wie stark und aus welchen Gründen – dem Magnetophon in seinen mageren Anfangsjahren Konkurrenz gemacht hat.

Ein Textophon-Typ „BW 3“ ist bisher nicht bekannt geworden; denkbar wäre eine Sonderausführung für Behörden und Militär. Eindeutig als „BW 4“ anzusprechen ist dagegen die (vermutlich) letzte Variante des Textophons. Diese Ausführung wurde, wieder nur nach Patenten zu schließen,²¹⁰ mehrfach verbessert und bis Ende 1942 durchgreifend überarbeitet: „Es handelt sich um eine ganz neue Entwicklung des Textophons. Dieses Modell stellt eine Stahldrahtmaschine für lange Sprechzeiten dar. Der Stahldraht hat einen Durchmesser von 0,1 mm. ... Das Modell hat den Herren Dr. von Braunmühl und Weber vorgelegen. Die Herren haben sich anerkennend darüber geäußert. ... Die Möglichkeit, dass die Herren der RRG das Gerät von Lorenz durch Anwendung des Hochfrequenzverfahrens verbessern wollen, ist durchaus nicht von der Hand zu weisen.“²¹¹ Insbesondere die Drahtkassette wurde bedienungsfreundlicher

umgestaltet, ebenso die Mitnahme- und Verbindungselemente zwischen Kassette und Gerät.²¹² Auch dieser Typ dürfte in großer Auflage produziert worden sein, er war jedenfalls auch für den Export bestimmt, wie Exemplare in einem schwedischen Museum und ein ausführlicher Pressebericht aus der Schweiz beweisen. Dieser widmete sich 1943 (im Anschluss an eine eloquente Schilderung, welches Rationalisierungspotenzial das Diktieren auf Stahldraht erschließe) der „erste(n) Grossanlage der Welt mit 9 Stahltonmaschinen und einer Zentrale, in der die Verbindungen zwischen 7 Steuer- und Abhörstellen und den Maschinen hergestellt werden. Diese Einrichtung befindet sich – von ihr geplant und ausgeführt – bei der Firma Radio-Steiner AG, Bern, in Betrieb.“²¹³ Der Firmenbesitzer, Hermann Steiner, hat übrigens ab 1946 in der Schweiz die Stahldraht-Geräte Textophon-Dictor (Diktiergerät) und Recordophon als Musikaufnahmegerät produzieren lassen, und zwar mit Lizenzen der Armour Research Foundation, das heißt, von Marvin Camras.²¹⁴ Außer dem nach Schweden gelieferten Exemplar in Abbildung 45 ist ein „BW 4“ betriebsfähig in einer privaten Sammlung erhalten, das Herstellerschildchen zeigt Abbildung 47. Der erste Eintrag im Service-Kontroll-Buch der Maschine Nr. 8063 stammt von Ende 1945, der letzte, der auf größere Reparaturen schließen lässt, vom Januar 1953.²¹⁵

Ein kurzes Intermezzo absolvierten späte Nachkommen der Textophone auf der Hannover-Messe 1949, als C. Lorenz eine Neuauflage unter dem Namen „Lorenz Stahlton“ als Diktier- und Telefonaufnahme-Gerät vorstellte; die Lorenz-Tochtergesellschaft Schaub zeigte eine Kombination aus Rundfunkgerät, Plattenspieler und Stahldrahtrecorder namens Luxus-Super. Gegen die bald aufkommenden Tonbandgeräte hatten diese Epigonen jedoch keine Chance mehr.



Abbildung 40: Das beeindruckend große Draht-Magazin des Textophons („BW 2“); es konnte 4.000 m Draht von 0,1 mm Ø aufnehmen und erreichte damit bei einer Drahtgeschwindigkeit von 1,5 m/s eine Spielzeit von 45 min.

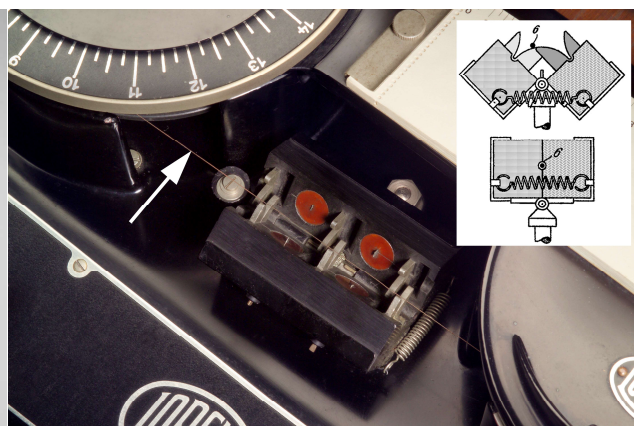


Abbildung 41: Der geöffnete Magnetkopfträger des Textophons („BW 2“). Der Magnetdraht (Pfeil) ist gut zu erkennen. Die vier schneidenförmigen Magnetköpfe (je zwei gegenüberliegende für Aufzeichnung und Wiedergabe) saßen in der Mitte der kreisförmigen Flächen.

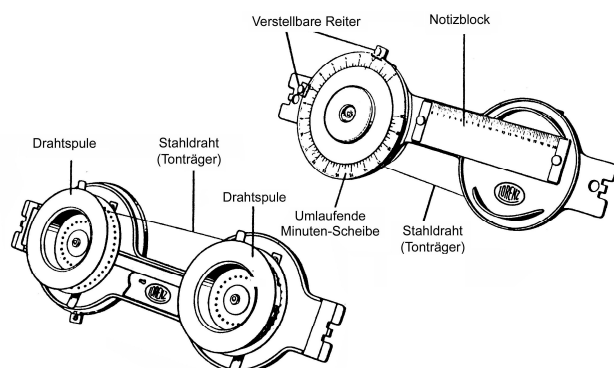


Abbildung 42: Der „Spulenträger“ des Textophons (Konstruktionsstand 1935). LINKS die Ansicht von unten, RECHTS von oben gesehen. Die Spulen waren von einem Gehäuse umschlossen.



Abbildung 43: „Schaltzentrale des Olympischen Komitees in der Hardenbergstraße, Berlin, mit Stahltondrahtmaschinen“ (also während der Sommerspiele), aus „Nachrichtenmittel bei den Olympischen Spielen Deutschland 1936“, einer Dokumentation der C. Lorenz AG, Ende 1936



Abbildung 44:
Das Textophon „BW 2“,
von der C. Lorenz AG aus
dem Dailygraph weiterent-
wickelt, LINKS Vorderan-
sicht, RECHTS Rückansicht.

Die Abbildungen geben ei-
nen Eindruck von der Mas-
sigkeit des Geräts. Die FT-
Serien des Magnetophons
hatten die gleiche Größen-
ordnung.

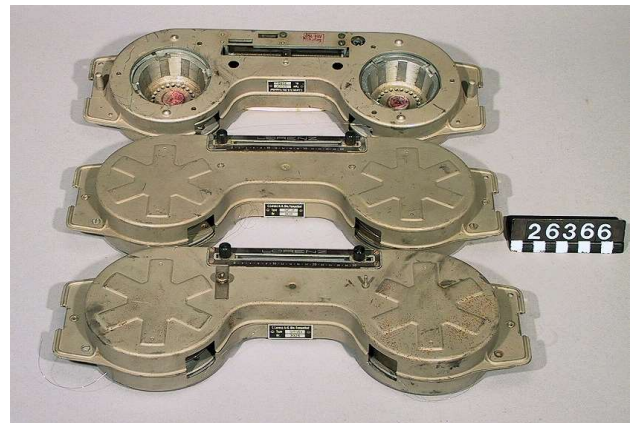
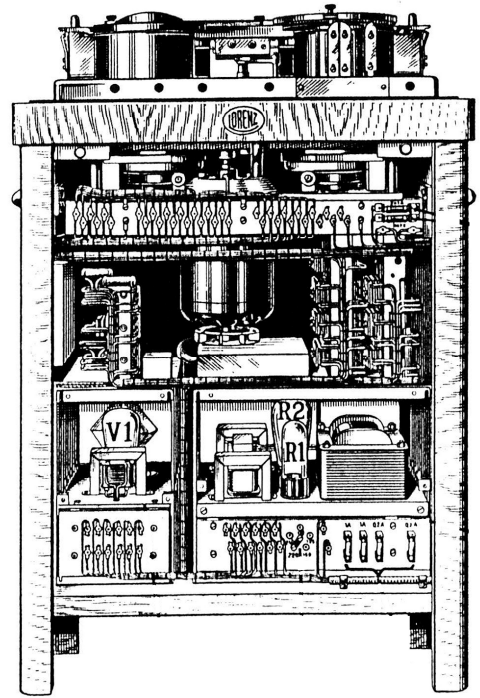


Abbildung 45 (LINKS): Das Textophon, Bauart BW 4, gefertigt ab etwa 1942

© Häll, Peter; Tekniska Museet

Abbildung 46 (RECHTS OBEN): Die neugestaltete Kassette mit Draht von 0,1 mm Durchmesser (nach anderen Angaben 0,22 mm), der für 30 Minuten Aufnahmezeit ausreichte. Zur Draht-Geschwindigkeit sind keine Angaben überliefert, so dass auch die Drahtlänge nicht zu ermitteln ist. – Länge der Kassette: 39 cm, Breite 12,5 cm, Gewicht 2,3 kg

© Häll, Peter; Tekniska Museet

Abbildung 47 (RECHTS UNTEN): Das Typenschild eines Textophons BW 4 aus dem früheren Bestand der Firma Radio-Steiner, Bern CH (in Privatbesitz).

Mit Stahlband vom Tonfilm zum Rundfunk

Es wird Stille selbst gewesen sein, der im Oktober 1929 dafür gesorgt hatte, dass Blattner zu seinen Londoner Tonfilm-Demonstrationen auch die BBC einlud, konnte er doch dank seiner Erfahrungen im Berliner Vox-Haus die seinerzeit geradezu explodierende Bedeutung des Rundfunks einschätzen. Immer aufgeschlossen für Neuheiten, hatte die Reichs-Rundfunkgesellschaft (RRG) in Berlin sein Filmtone-Stahlbandgerät „Blattnerphone“ messtechnisch untersucht,²¹⁶ und nun erwachte ebenso auch das Interesse der einflussreichen (und finanzkräftigen) British Broadcasting Corporation. BBC wollte nämlich 1932 ein neues Sendeformat starten, das sowohl in Australien wie in Kanada jeweils am zeitigen Abend zu hören sein sollte; die Programme mussten also innerhalb weniger Stunden wiederholt werden. Dafür schien das Blattnerphone prädestiniert; BBC war offenbar souverän genug, diese ja in Berlin bei Ferdinand Schuchhardt gebauten Geräte in Betracht zu ziehen. Blattner war, wie beschrieben, seit Anfang 1929 mit Gründung der Stille Inventions Ltd. faktisch Schuchhardt-Eigentümer. So wie Semi J. Begun für den Dailygraph, war Kurt von Heising bei Schuchhardt für die Konstruktion der Blattnerphones zuständig.

Um mit BBC auf gleicher Augenhöhe verhandeln zu können, gründete Blattner Anfang Februar 1931 die British Blattnerphone (Stille System) Ltd. Trotz der Namensgebung ist unklar, ob Stille an diesem Unternehmen beteiligt war oder ob Blattner lediglich von dessen Rechten Gebrauch machte. Die neue Gesellschaft beschränkte sich zunächst darauf, die Blattnerphones zu vermarkten, hat aber seit der Übersiedlung von Heising nach London auch Geräte gebaut. Es hat insgesamt drei Blattnerphone-Bauformen gegeben, denen alle die vertikale Bandführung mit drei beziehungsweise fünf Magnetwandlern (Magnetköpfen) gemeinsam war.

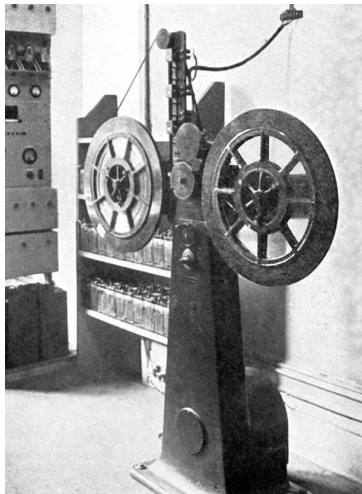


Abbildung 49: Das erste „BBC“-Blattnerphone, das 1930 in Betrieb ging (Bauform 1). Es arbeitete mit 6 mm-Stahlband, Bandgeschwindigkeit 1,5 m/s, Spielzeit 20 min. Gebaut von Ferdinand Schuchhardt AG, Berlin. – Links im Hintergrund ist das Gestell mit den zugehörigen Verstärkern angeschnitten.

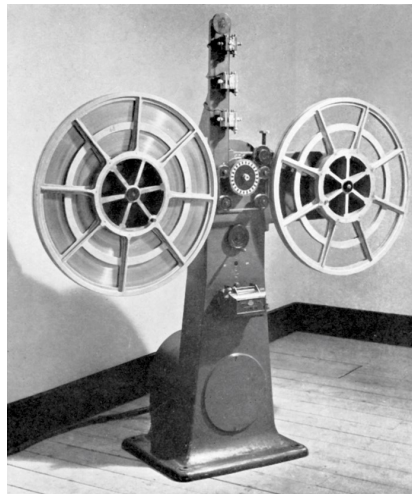
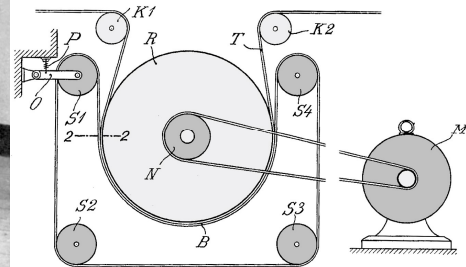


Abbildung 50: Das Blattnerphone von 1932 für 3 mm breites Stahlband, Spielzeit bis 32 Minuten, Bandlänge >2.700 m, Bandgeschwindigkeit 1,5 m/s, jetzt mit Wechselstrom-Motor (Bauform 2). Die beiden Geräte dieser Bauart waren die letzten von Schuchhardt gebauten Blattnerphones.

Abbildung 48: Wilhelm Klappenecker, Antriebsvorrichtung für band- oder drahtförmige, vorzugsweise magnetische Tonträger, Patente DE 593 836 (1931), FR 730.822, GB 396.403 und US 1,955,813 (hieraus die Zeichnung); Ferdinand Schuchhardt AG; alle 1932.



Das Stahlband T läuft über die Rollen K1 sowie K2 und wird von dem endlosen Band B über die „Tonrolle“ R mitgenommen, B läuft über die Rollen S1 bis S4. Den Antrieb von R besorgt der Motor M über einen eigenen Riemen.

Seit September 1930 testete BBC ein erstes Blattnerphone (Abbildung 49); es arbeitete immerhin so zufriedenstellend, dass man damit am 12. November 1930 eine Ansprache des Königs George V. aufzeichnete und sendete.²¹⁷ BBC mietete im Frühjahr 1931 zwei weitere Blattnerphones dieser Bauform 1, die sich ebenfalls bewährten. Diese Maschinen arbeiteten, wie die Tonfilmmaschine, mit 1.600 m Band der Breite 6 mm und kamen damit auf knapp 18 min Spieldauer. Lediglich der Bandantrieb durch einen Gleichstrommotor konnte nicht zufriedenstellen: „*Although the quality was not really satisfactory for reproducing music, the machine had potentialities for rehearsal purposes, since any recording could be reproduced, after rewinding, as soon as it had been made.*“ Das BBC-Jahrbuch von 1932 bezeichnet die Betriebsaufnahme immerhin als „*In some ways the most important event of the year [1931] has been the adoption by the B.B.C. of the Blattnerphone recording apparatus*“.²¹⁸

Ein drittes Blattnerphone (in der Bauform 2), das äußerlich weitgehend der Bauform 1 glich, ging im September 1932 in Betrieb. Diese Weiterentwicklung arbeitete mit nur noch 3 mm breitem, 2.700 m langem Stahlband und erreichte so als Aufzeichnungsdauer 32 min (Abbildung 50). Eine weitere wesentliche Änderung war der Antrieb durch einen Wechselstrommotor, was der Konstanz der Bandgeschwindigkeit zugute kam. Mit diesen Geräten verabschiedete sich übrigens die Berliner Ferdinand Schuchhardt AG vom Blattnerphone-Bau.

Eine weitere 3 mm-Maschine, als Kurt von Heising's Erstling von British Blattnerphone (Stille System) gebaut, kam im Februar 1933 zur BBC (Bauform 3). Die Säulenform der Bauformen 1 und 2 wurde zugunsten der Montage auf einer „bench“, also einer holzgefertigten Werkbank, aufgegeben. Diese Maschinen hatten erstmals fünf Magnetköpfe, nachdem es, bevorzugt an Löt- beziehungsweise Schweiß-Nähten (Abbildung 60), zu

Schäden an den schmalen Schneiden und damit zu Sendestörungen gekommen war. Bei solchen Vorkommnissen konnte nun auf die Reserveköpfe umgeschaltet und die beschädigten Polstücke getauscht werden. Es scheint nur ein Gerät dieser *Bauform 3* gegeben zu haben; es unterscheidet sich von seinem Nachfolger äußerlich nur dadurch, dass das Handrad nicht senkrecht unter dem „Kopfträger“ stand, sondern nach links versetzt war. Den Bandantrieb übernahmen zwei wuchtige Wechselstrom-Motore.

Marconi Co., London: Marconi-Stille-Recorder

Ludwig Blattners Unternehmungen gingen im März 1933 in Konkurs, und als Folge sicherte sich die bedeutende Marconi Wireless Telegraph Company Limited alle Rechte an Stilles Erfindungen, und damit verschwand, zumindest offiziell, auch die Bezeichnung „Blattnerphone“. Die BBC schloss im September 1933 einen Mietvertrag über drei (noch zu bauende) Nachfolger der *Bauform 4* ab (Abbildung 51), sie gingen zwischen November 1933 und Januar 1934 in Betrieb. Ein internes Marconi-Dokument gibt diesem Typ die Bezeichnung „SCR-1“, die allerdings kaum benutzt wurde.²¹⁹ Diese Ausführung wurde beim Schweizerischen Kurzwellendienst,²²⁰ der Australian Broadcasting Commission in Melbourne, der Canadian Radio Broadcasting Commission in Ottawa, der Egyptian Broadcasting Co. in Kairo, Polskie Radjo in Warschau, beim Tschechoslowakische Rundfunk Prag und Le Service de la Radiodiffusion in Paris, also fast weltweit, eingesetzt (die Maschinen von Ottawa und Melbourne – letztere betriebsfähig – stehen heute in Museen).²²¹ Dass SCR-1 in Warschau und Kairo auftauchten, wird wohl damit zusammenhängen, dass die technische Ausrüstung der dortigen Funkhäuser von Marconi geplant und gebaut worden war.²²² Ihr Einsatz dürfte beendet, zumindest erschwert worden sein, als mit Beginn des Zweiten Weltkriegs kaum noch Bänder aus schwedischer Fabrikation zu bekommen waren.²²³

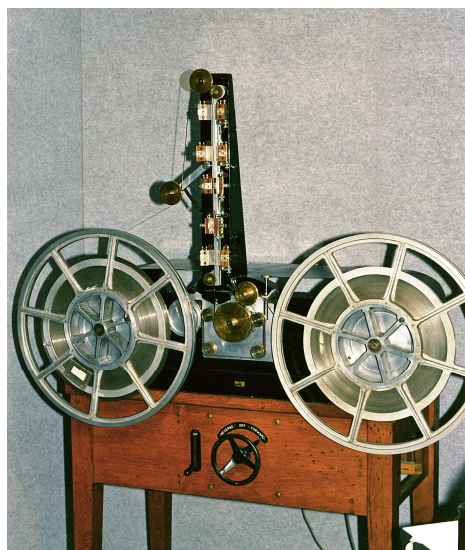
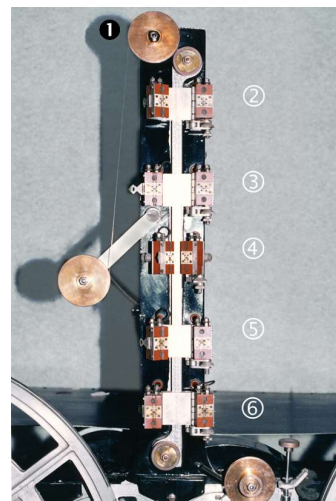


Abbildung 51 (LINKS): Marconis erste Stahlbandmaschine, Type SCR-1 (*Bauform 4*), gebaut ab Ende 1933. Bandbreite 3 mm, Bandgeschwindigkeit 1,5 m/s.

Das Handrad diente zur Umsteuerung der Wickelrichtung des Antriebs. Die Funktion des Handhebels links davon ist bisher nicht zu klären. Der Hauptmotor war richtungsumschaltbar, die abwickelnde Spule wurde durch Friktion (Reibung) gebremst.²²⁴

Abbildung 52 (RECHTS): Der „Kopfträger“ der SCR-1. Das Band läuft zunächst zur obersten Umlenkrolle ①, dann senkrecht abwärts durch den Löschkopf ② sowie die paarweise vorhandenen Aufnahmeköpfe ③, ④ und Wiedergabeköpfe ⑤, ⑥; alle Köpfe sind aufgeklappt. Das Haupt-Antriebsrad sitzt zwischen den beiden Spulen (Klappenecker-Patent!).



Marconi Co. ließ es sich nicht nehmen, in der hauseigenen „Marconi Review“ ihre Verdienste um die Neuheit gebührend herauszustellen:

To the German engineer Herr Stille must be given the great credit of developing the system with the aid of amplifiers up to the point where it could be practically applied for broadcasting purposes, whilst the engineers of the British Broadcasting Corporation, in collaboration with Mr. Von Heising, of Stille Inventions, Ltd., by applying frequency correction circuits to the system as developed by Stille, first succeeded in producing an arrangement which satisfactorily met the stringent conditions as to quality of reproduction which broadcasting imposes. [...] The Marconi Company have further developed the system of amplification and correction used, and research work is being carried out in order to effect improvements in the magnetic materials and processes.²²⁵

Die ausgemusterten Blattnerphones (also die Geräte der *Bauformen 1* bis *3*) gab BBC später an den Hersteller zurück, ausgenommen eines der 6 mm-Geräte aus Schuchhardt-Produktion, das für technische Untersuchungen benutzt wurde. Diese Maschine hatte ihren letzten großen Auftritt, als sie 1939 dazu diente, die Rede des britischen Premierministers Neville Chamberlain mit der britischen Kriegserklärung an Deutschland aufzuzeichnen.²²⁶

Es konnte nicht ausbleiben, dass die SCR-1 im intensiven Einsatz einige Schwächen zeigten, kein Wunder bei täglichen Betriebszeiten bis zu 17 Stunden. Die Bandgeschwindigkeit war weniger konstant als gefordert, Hochlauf und Rückspulen dauerten zu lange, und damit waren die Grenzen dieser Bauart erreicht.

Kurt von Heising – inzwischen zu Marconi Co. gewechselt – und BBC entwickelten also gemeinsam einen weitgehend neu konstruierten Typ (*Bauform 5*), der das Non-plus-ultra des Stahlbandzeitalters werden sollte: den Marconi-Stille-Recorder MSR-3, 1,53 m breit, 1,42 m hoch, 75 cm tief und rund eine halbe (metrische) Tonne schwer.²²⁷ Ebenso exzessiv war auch der Preis: £ 1.250; zum Vergleich: ein Textophon kostete damals £ 198.²²⁸ Zum Gewicht trugen zwei Wickelmotore und ein großzügig bemessener Asynchronmotor für den Bandantrieb bei, ebenso die Bremsvorrichtungen, die entsprechend der kinetischen Energie der 60 cm-Spulen, voll bewickelt rund 11 kg schwer, auszulegen waren.²²⁹ Hier war ja nicht nur eine möglichst kurze Auslaufzeit gefragt, sondern

auch zu fordern, dass das Band keine losen Schlaufen bilden konnte, die nur zu leicht zu Bandrissen führten – herumzischende freie Längen des scharfkantigen Bands brachten die Bediener ernstlich in Gefahr. Natürlich arbeitete auch die MSR-3 mit der Bandgeschwindigkeit 1,5 m/s und 3 mm breiten Stahlband; die Rückspulgeschwindigkeit war auf 3 m/s gestiegen, damit war die Umspulzeit jedoch immer noch halb so lang wie die Aufzeichnungsdauer.²³⁰

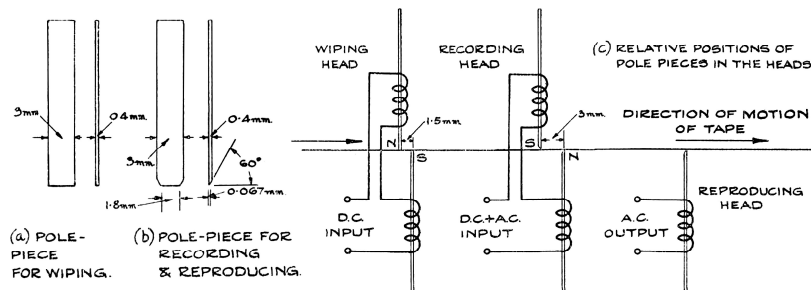


Abbildung 53: LINKS: Form und Abmessungen der Polstücke der Magnetwandler im MSR-3. Rechts: Anordnung der Polstücke und Beschaltung der Spulen. Die einpolige Wandler-Bauweise des Wiedergabesystems hatte sich aus längeren Versuchsreihen ergeben.²³¹

Abbildung 54: Vorderansicht der Marconi MSR-3: (1) auslaufseitige Bandschlaufenkammer, (4) linkes Bandantriebsrad, (11) Bandkontakt in Kammer (1) (siehe Text), (17) Löschkopf, (18 und 19) Aufnahme-Köpfe, (20 und 21) Wiedergabe-Köpfe, (25) Antriebsrad, (28) Bandantriebsriemen, (27) Band-eintritt in die Schlaufenkammern, (30) Bandführung am gefederten Arm, (33) Bandführungen, (50) Anzeigeleuchten.

Die linke Spule dreht sich bei Aufnahme und Wiedergabe in Uhrzeigersinn, die rechte im Gegenuhrzeigersinn!

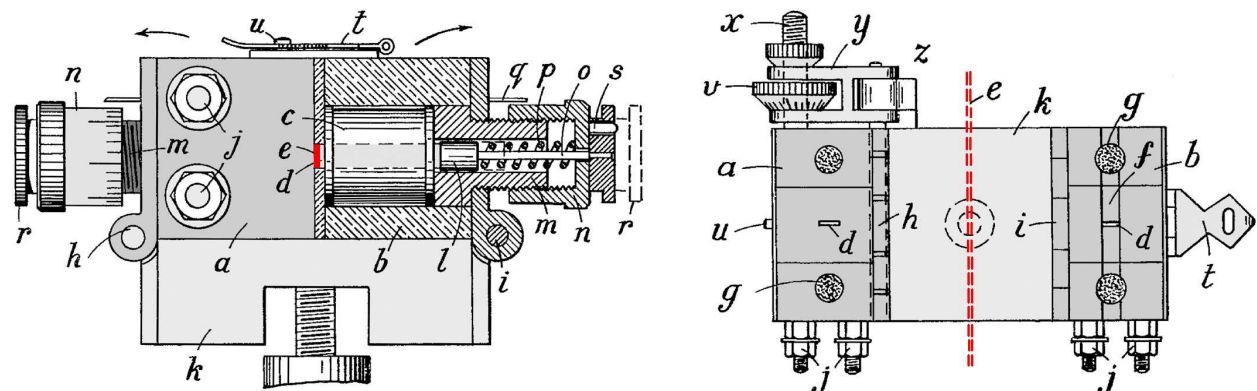
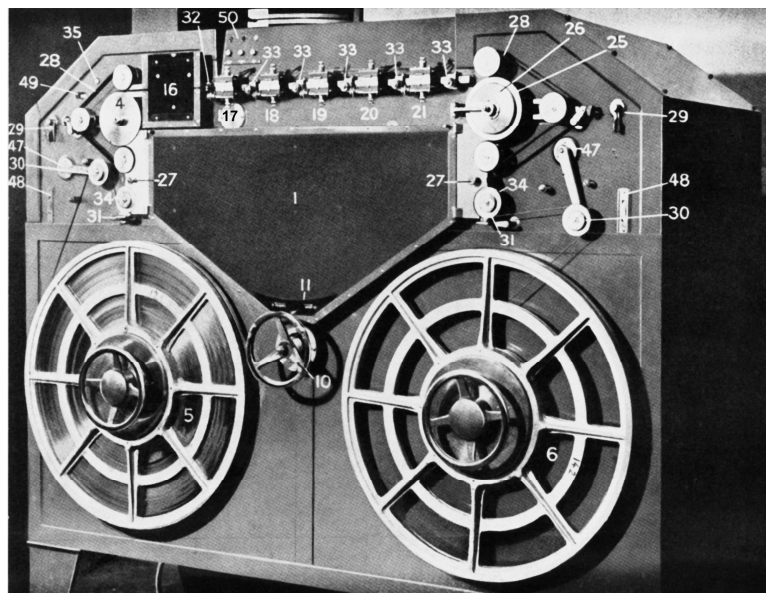


Abbildung 55: Detailzeichnung des Aufnahmekopfs der MSR-3. Das Stahlband ist mit e bezeichnet, es läuft in der linken Zeichnung senkrecht aus der Blattebene heraus. Die „rechte Hälfte“ des Magnetsystems besteht aus Spule c und Magnetkern d, die „linke“ ist dazu spiegelbildlich. Die beiden Systemhälften-Träger a und b klappen um die Scharniere h und i auf, wenn der Verschluss u, t geöffnet wird – was zum Bandeinlegen unbedingt erforderlich ist! Der Magnetkern wird vom Stößel l unter Federkraft (p) angedrückt; der Anpressdruck wird mit der Mikrometerschraube m eingestellt. Weitere Elemente sichern die Anpressdruckeinstellung, wenn die Einheit aufgeklappt ist. Mit den Einstellschrauben x und v wird der Versatz der Magnetkerne in Bandlaufrichtung zueinander eingestellt, also die „Spaltbreite“. Eine „Azimuteinstellung“ der Magnetkerne d war nicht vorgesehen – wegen der kürzesten Wellenlänge von etwa 300 µm auch nicht zwingend erforderlich. – Zeichnung nach Patent US 2,044,033, angemeldet am 4. Oktober 1934 – das letzte (bekannte) Patent der Stille Inventions Ltd.²³²

Marconi hat für MSR-3 gewissermaßen den „Dual-Capstan-Antrieb“ erfunden (siehe die beiden Klappenecker-Antriebe oberhalb der Spulenkörper), erweitert um zwei Schleifenkammern des Bandes, eine kleine am Einlauf, eine weitaus größere, optisch beherrschende, die fast den ganzen Zwickel oberhalb der beiden Spulen einnimmt, an seinem Auslauf.²³³ Wurde die Bandschleife in der Kammer zu groß, schloss das Band einen Kontakt, und über eine Thyatronschaltung wurde der entsprechende Wickelmotor an höhere Spannung gelegt. Das Hauptantriebsrad war am Auslauf aus der Kopfträger-Anordnung positioniert, danach lief das Band in die große Schleifenkammer.

Die erforderlichen Verstärker waren in eher unscheinbaren Gestellen untergebracht. BBC investierte in umfangreiche Untersuchungen, als deren Ergebnis die Dynamik der Anlage um etwa 10 dB verbessert wurde. Dazu trugen eine neue Auslegung der Magnet-Wandler bei – der Wiedergabekopf berührte das Band nur einseitig – ebenso wie Anpassungen der Entzerrung an die Erfordernisse realer Musikaufzeichnungen (Untersuchungen zur Amplitudenstatistik).

BBC erhielt den ersten von insgesamt sechs dieser Boliden im März 1935. Sie verrichteten ihren Dienst zuverlässig bis 1952, wenn auch ab 1945 einige ausgemustert worden sind.²³⁴ Sveriges Radio Stockholm betrieb zwischen 1935 und 1948 ebenfalls drei Maschinen; in der Schweiz standen wenigstens zwei Exemplare im Dienst.²³⁵ Drei MSR-3 haben in Museen überlebt: eine in Großbritannien, eine im Technischen Museum Stockholm (beide leider in Depots) und eine dritte im Museum des Türkischen Fernsehens. Eine Kurznotiz in der Marconi-Review von März / April 1937 berichtet vom Neubau des Rundfunkgebäudes in Ankara, das von Marconi natürlich nach dem neuesten Stand der Technik ausgerüstet wurde („...will naturally be equipped in the most up-to-date fashion“). Diese MSR-3 dürfte, wenn auch in dieser Notiz nicht genannt, zum Auftragsvolumen gehört haben.²³⁶ Selbst der Vatikan, für den der gebürtige Italiener Guglielmo Marconi auf eigene Kosten „Radio Vaticano“ entwarf und ausstattete (im Gegenzug annullierte der Vatikan seine erste Ehe), besaß nun eine MSR-3, die zumindest ein Mal auch für die verdeckte Aufzeichnung einer Papst-Audienz benutzt wurde. Diese vatikanische „audiosurveillance“ wurde erst nach der Jahrtausendwende bekannt.²³⁷

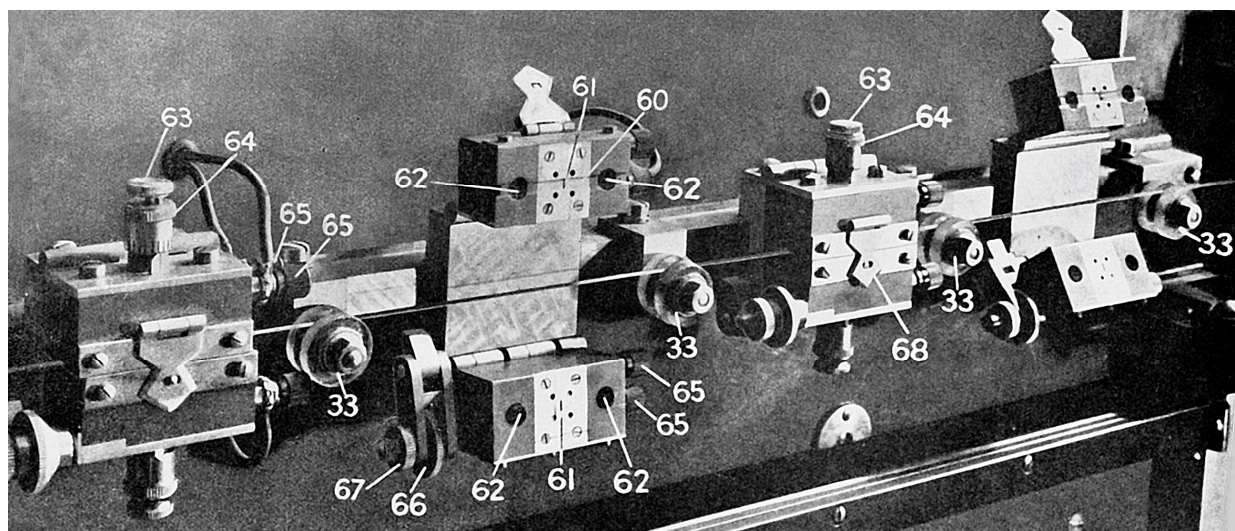


Abbildung 56: Der Magnetkopf-Pfad der Marconi-Maschine MSR-3, im Bild die paarweisen Aufnahme- und Wiedergabeköpfe, jeweils einer geschlossen und aufgeklappt (vergleiche auch Abbildung 55). Bezeichnungen: 33 Bandführung, 60 Bandpfad im Magnetkopf, 61 Schlitz für die Magnetkerne (0,37 mm dick, 3 mm breit, 19 mm lang, an der Bandseite auf 2 mm Breite und 60 µm Dicke „angeschärft“), 63 Andruckfeder mit Einstellschraube (64), 65 Längsverstellung („Spaltbreite“) eines Magnetkerns, 62 Filz-Andruckpolster zur Dämpfung der Längsschwingungen des Stahlbandes.

Magnetbandlaufwerke mit größerem Volumen hat es nicht gegeben: mit der MSR-3 waren Höhepunkt und Abschluss der Stahlbandgeräte-Entwicklung erreicht. Es ist immerhin bemerkenswert, dass eine derart komplexe Konstruktion noch zehn Jahre praktisch unverändert blieb, was einerseits für ein gewisses britisches Beharrungsvermögen spricht, andererseits zeigt, wie solide und ausgereift die Marconi-Konstruktion war. BBC zeigte sich mit den Geräten durchaus zufrieden, bis ihr nach dem Zweiten Weltkrieg die in Deutschland entwickelten Magnetophone und ihre britischen Abkömmlinge bekannt wurden, die dann allerdings die letzten MSR-3 zügig verdrängten.

C. Lorenz AG, Berlin: Stahlton-Bandmaschine

Bei seinen guten Verbindungen war es kein Wunder, dass Stille schon 1930 die deutsche Reichs-Rundfunkgesellschaft (RRG) für sein Magnettonfilm-Gerät zumindest so weit interessieren konnte, dass es dort messtechnisch untersucht wurde.²³⁸ Warum also die RRG die doch in Berlin gebauten Blattnerphones ignorierte, ist nicht bekannt. Jedenfalls entschloss sie sich um 1932, ein Lorenz-Entwicklungsprojekt zu unterstützen, das auf den Bau eines professionellen Stahlbandgeräts hinauslief.²³⁹

Nur war jetzt, nach dem „Großeinkauf“ der ITT, nominell die C. Lorenz AG zuständig – der damit betraute Betriebsteil dürfte praktisch mit der bisherigen Ferdinand Schuchhardt AG identisch gewesen sein. Kurt von Heising, der die ersten Stahlton-Geräte entwickelt hatte, arbeitete seit 1931 bei „Stille Inventions Limited“. Daraufhin entwarf Semi J. Begun die „Stahlton-Bandmaschine“, eine gegenüber den Blattnerphones, insbesondere den MSR3-Ungetümen, recht kompakte 150 kg-Konstruktion, die auf 3 mm breitem, 80 µm dicken Stahlband der schwedischen Firma Sandviken AB bei 1,5 m/s Bandgeschwindigkeit 30 min lang aufzeichnen konnte.²⁴⁰ Die öffentliche Premiere der Lorenz-Stahlton-Bandmaschine fand anlässlich der Berliner Funkausstellung (18. bis 27. August 1933) statt.²⁴¹

Mit ihren beiden 60 cm-Bandspulen, die leer 4,6 kg und voll bewickelt 9,7 kg wogen, brauchte die Stahlton-Bandmaschine natürlich einen leistungsfähigen Antrieb mittels eines Drehstrommotors und wirksame Bremsen beziehungsweise leistungsfähige Kupplungen, um die Kräfte beim Bandstart und Anhalten beherrschen zu können. Mit einem jüngeren Begriff beschrieben,²⁴² handelte es sich demnach um eine Ein-Motor-Maschine. Beide „Trommeln“, also die Bandspulen, sollten innerhalb einer Minute ausgetauscht werden können. Doch um das ohnehin beträchtlich große und schwere Gerät bei Außeneinsätzen noch transportieren zu können, musste am Gewicht der Antriebs- und Bremseinrichtungen gespart werden mit der Folge, dass das Band nicht schneller als mit 1,5 m/s zurückspulen konnte (also gleich schnell lief wie bei Aufnahme / Wiedergabe); daher war auch hier das Verhältnis zwischen Rüst- und Arbeits-Zeiten mit etwa 1: 1 recht ungünstig.²⁴³

Für den schlupffreien Bandantrieb sorgte ein endlos gewebter Textilriemen, der das Band an das Hauptantriebsrad andrückte – eine platzsparende Vier-Rollen-Modifikation des Klappenecker'schen Antriebs (siehe in Abbildung 48). Den Frequenzumfang nannte Lorenz „praktisch geradlinig“ von 70 Hz bis 5.500 Hz, als Aussteuerungsbereich 1 : 85 bei 5 % Klirrfaktor, was man nur vorsichtig als Dynamik von 38,5 dB interpretieren kann, weil die Charakteristik des Bewertungsfilters (sofern überhaupt im Einsatz) unbekannt ist. RRG nannte als obere Frequenzgrenze allerdings nur 4 kHz.²⁴⁴ Wegen ihrer separaten Magnetköpfe für Aufnahme und Wiedergabe erlaubte die Stahlton-Bandmaschine Hinterband-Kontrolle mit „weniger als 1 Sekunde“ Verzögerung. Aufschlußreich ist ein Hinweis: es konnte ein Störton mit einer Frequenz zwischen 4 kHz und 70 kHz auftreten, der von der freien Schwinglänge der Wiedergabekerne abhing – sie wurden offenbar durch die Reibung am Stahlband in Vibrationen versetzt, was bekanntlich zu ungewollten Induktionserscheinungen führen kann.

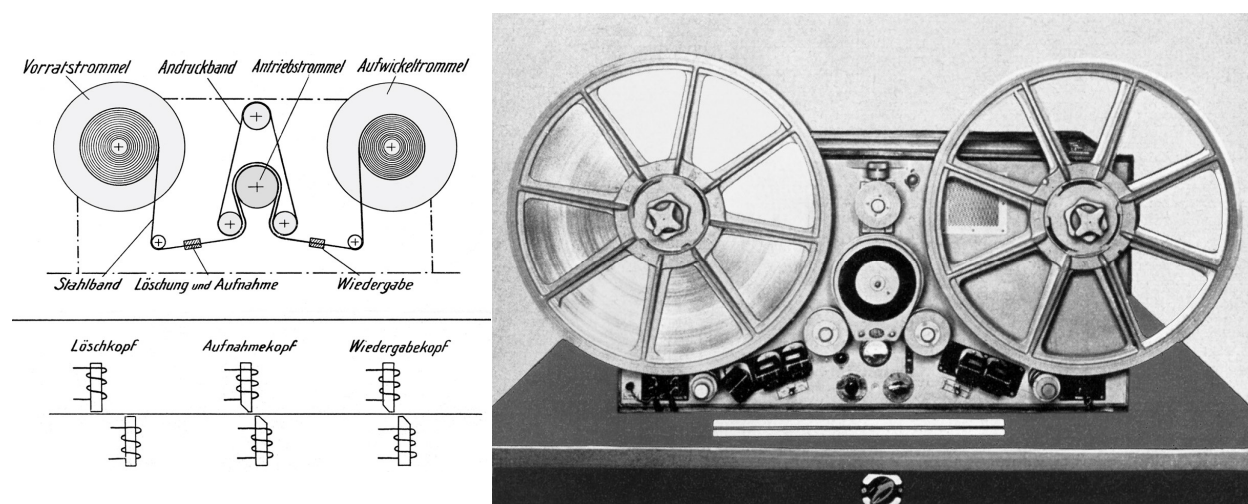


Abbildung 57: Semi J. Beguns Stahlton-Bandmaschine, Hersteller: C. Lorenz AG, Berlin, in der Bauart für die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, sowie ihr Bandantriebs-Schema. Man beachte die Unterschiede im Bandlauf sowie in der Magnetkopfanordnung gegenüber der SRG-Ausführung. – Das Lineal vor der Maschine ist 50 cm lang. Offenbar fehlt auf diesem Foto das „Andruckband“.

Vorteilhaft war, dass die Stahlton-Bandmaschine, anders als die Plattensysteme, gelassen auf Erschütterungen und Schräglage reagierte; um sie zu bedienen, brauchte man nicht die besonderen Kenntnisse und Betriebserfahrungen, wie sie die kritische Wachsplatten-Schneidmaschine voraussetzte. Gegenüber den Schallfolien-schreibern (Seite 176), bei RRG seit 1932 für aktuelle Aufnahmen bevorzugt eingesetzt, bot sie zwar siebenfache Spielzeit, dafür war aber der Preis für das Stahlband ernüchternd hoch: 1934 werden RM 500 für eine Spule, 1935 RM 260 für eine Stunde Aufnahmedauer genannt (also RM 130 für 30 min, und das bei Facharbeiter-Monatseinkommen um RM 250).²⁴⁵ Das 150 kg-Gewicht entpuppte sich schließlich doch als Hindernis: ohne Weiteres konnte die Maschine im Wortsinn nicht als transportabel gelten, zumal das Laufwerk Drehstrom-Anschluß brauchte. Um solche Beschränkungen zu umgehen, benutzte die RRG einen Umformerkoffer mit Motorgenerator, der aus einem 24 V-Akkumulator gespeist wurde und alle benötigten Betriebsspannungen lieferte. Zwei Stahlton-Bandmaschinen und diese „Peripherie“ waren in einen Übertragungswagen eingebaut, so dass auch Aufnahmen während der Fahrt möglich wurden. In der typischen Tonart jener Zeit berichtet eine Fachzeitschrift, die Atmosphäre beim ersten Besuchs Hitlers im Saarland 1935 hätte „nur dadurch so eindrucksvoll vermittelt werden [können], weil eine solche Stahlton-Bandmaschine in einem unmittelbar hinter dem Auto des Führers fahrenden Kraftwagen mit

„einem Reporter untergebracht war“.²⁴⁶ Allerdings wurde dieser Übertragungswagen recht bald für Magnetophone umgebaut. – Die bei den Olympischen Winterspielen 1936 eingesetzte Stahlton-Bandmaschine war übrigens gleichartig ausgestattet.

Erfolg hatte die Stahlton-Bandmaschine bei der Schweizerischen Telegraphen- und Telefonverwaltung (PTT); hier scheint sie sich bis 1938 gegen eine 1933 leihweise beschaffte Marconi-SCR-1²⁴⁷ und auch gegen die MSR-3²⁴⁸ durchgesetzt zu haben: „Alle schweizerischen Studios mit Ausnahme desjenigen von Bern verfügen nun über eine solche Anlage“.²⁴⁹ Die Schweizer Ausführung (Abbildung 59) ist gegenüber dem RRG-Modell offensichtlich verändert worden, wohl mit dem Ziel größerer Betriebssicherheit. Die Maschinen seien allerdings wegen der aufwendigen und manchmal gefährlichen Wartung und Bedienung unbeliebt gewesen; der Preis stand dazu in krassem Gegensatz: etwa CHF 12.000 (aktuell etwa CHF 92.000).²⁵⁰ Auch die italienische RAI arbeitete mit einer Stahlton-Bandmaschine; dieses Gerät ist im Internet im Betrieb zu besichtigen.²⁵¹

Bemerkenswerterweise hat es auch als Sonderanfertigung eine Stahlton-Bandmaschine für Senkrechtbetrieb in Schrankform gegeben. Die RRG hatte nämlich um 1939/1940 ein aufwendiges Fernseh-Großprojektionsgerät gebaut. Das Fernsehbild wurde von einem Monitor abgefilmt, der Film entwickelt, fixiert und schließlich projiziert. Natürlich musste der Ton während der Bearbeitungszeit – etwa 90 Sekunden – zwischengespeichert werden, und dazu diente ein „endloses“ Stahlband, das dauernd umlief und, wie sich der Konstrukteur Otto Schulze noch 1982 erinnerte, „gewisse Tücken hatte“.²⁵² Es fehlt leider der Nachweis, dass dies womöglich die „zweite Lebensaufgabe“ einer der beiden ausgemusterten RRG-Maschinen war.

Abbildung 58: Wie zu sehen, hatte auch die „Olympia-Stahlton-Bandmaschine“ rechts neben der Antriebseinheit Reserve-Köpfe (vermutlich Aufnahme- und Wiedergabekopf, ggfs. Wiedergabeköpfe zweifach).²⁵³

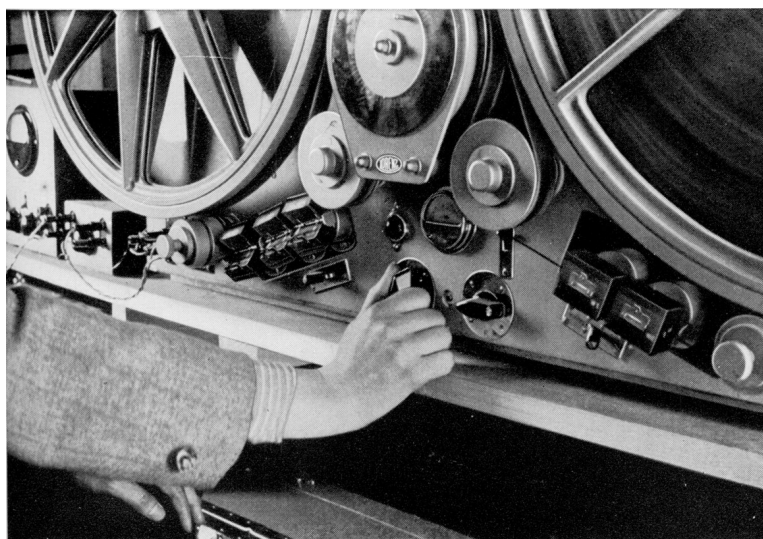
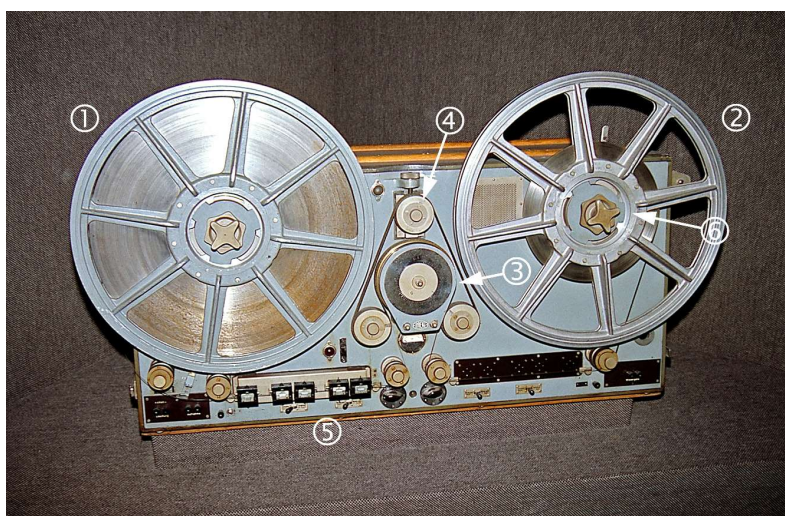


Abbildung 59: Die Stahlton-Bandmaschine in der Ausführung für schweizerische Rundfunkanstalten. ① und ② Bandspulen, ③ „Hauptantriebsrad“, an das ein endloser Textilriemen ④ das Stahlband andrückt (die oberste Umlenckrolle mit Spannvorrichtung!); ⑤ Magnetköpfe (Löschen, 2 x Aufnahme, 2 x Wiedergabe mit Umschalter), ⑥ Spulenverriegelung.

Die hier gezeigte Variante ist offenbar breiter als die bei RRG eingesetzte Ausführung; die kurze Distanz zwischen Aufnahme- und Wiedergabeköpfen erlaubte Hinterband-Kontrolle mit relativ kurzer Verzögerungszeit. – Das Feld mit den Steckvorrichtungen auf der rechten Seite scheint für zusätzliche Köpfe vorgesehen zu sein.²⁵⁴



Stahlband aus Schweden

Wer fertigte die Stahlbänder, mit denen alle Blattnerphones, Marconi- und Lorenz-Maschinen arbeiteten? Die Hauptmenge stammte von der schwedischen Firma Uddeholm Tooling AB, Hagfors, eine kleinere Menge – hauptsächlich für die Lorenz-Maschinen verwendet – lieferte die ebenfalls in Schweden ansässige Sandviken AB. Die maximale Bandlänge, die beide Firmen liefern konnten, war 1.000 m, das heißt, für die Halb-Stunden-Spule mit ihren 2.700 m Band mussten drei Längen sorgfältigst aneinander gelötet werden. Solche Lötstellen waren

natürlich Schwachpunkte, und was passierte, wenn Stahlband oder -draht riss, beschreibt der versierte Fachautor Heinrich Kluth anschaulich:

Ein zu einer Spule aufgewickelter Stahldraht schnurrt mit erheblicher Energie auseinander, wenn er plötzlich bricht oder reißt. Bei einem aufgewickelten Stahlband ist das Bestreben, sich bei einem Nachlassen der Wickelenergie gerade zu richten, noch energischer. Das führte bei Diktier- und Stahlbandmaschinen oft zu außerordentlich großen Schwierigkeiten, da es vielfach unmöglich war, den aufgeschnurrten Stahl wieder so zu legen, dass die Rolle ohne Störungen weiter glatt abgewickelt werden konnte. Noch schwieriger aber war es, die Bruchstelle zu reparieren. Beim Band blieb nur die umständliche Schweißtechnik übrig, die zudem noch den Nachteil hatte, die magnetischen Eigenschaften des Stahls auf einer verhältnismäßig großen Strecke zu stören. Diese Störungen machten sich bei der Wiedergabe durch ein krachendes Nebengeräusch bemerkbar.²⁵⁵

Wie man sich die entsprechende, natürlich maßstäblich verkleinerte Löt- oder Schweißvorrichtung vorzustellen hat, zeigt Abbildung 60 – wenn auch an einem deutlich größeren Stahlband-Typ.

Nr. 1219. Bandsägen-Lötapparat,
bestehend aus Befestigungseisen, 4 Schrauben und 1 Zange,
Gewicht . . . ca. kg 4,300 . . . komplett . . . das Stück 12,25

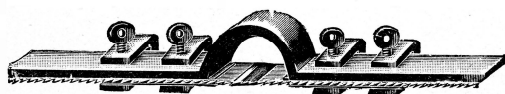


Abbildung 60: Etwa so dürfte die Löt- oder Schweiß-Vorrichtung für Stahlbänder ausgesehen haben, natürlich maßstäblich verkleinert. Aus dem Katalog der Firma Ernst Ruhrberg, Düsseldorf-Oberkassel, etwa 1925

Der überaus komplizierte Herstellprozess dieser Bänder namens UHB Arngrim 2 – eine spezielle Legierung wurde heiß und kalt gewalzt, dann mehrfach vergütet, poliert und aufwendig geprüft – wird wohl nur für Metallurgen verständlich sein. Aufschlussreicher ist, was über die Fertigungsmengen zu ermitteln war: zwischen 1936 und 1950 dürften nicht mehr als 2.000 Bänder ausgeliefert worden sein,²⁵⁶ das heißt, Stahlbänder konnten überwiegend nur für Aufnahmen mit kurzer Lebensdauer, also aktuelle Berichte und dergleichen, eingesetzt werden, waren dann zu löschen und wiederzuverwenden. Dafür war nicht zuletzt der bemerkenswerte hohe Preis pro Spule verantwortlich: seinerzeit musste die Schweizerische

Rundspruchgesellschaft (SRG) dafür CHF 500 bezahlen, nach heutigem Wert etwa CHF 3.800. Der gleiche Bericht sieht die Musik-Wiedergabequalität durchaus kritisch: „*technisch schlechthin erbärmlich*“, genaugenommen also nur für aktuelle Wortbeiträge brauchbar.²⁵⁷

Offenbar waren diese Stahlbänder nicht rostfrei; ein britisches Patent von 1938 – „*a method of and means for improving or renovating the steel-tape record carriers [...] when they have become noisy owing to rust having formed on them during use or storage*“ – empfiehlt einen Bandreiniger mit Andruckpolstern, durch die das Band hindurchlaufen sollte und dabei zunächst geölt und dann gereinigt wurde. Dieses Zusatzgerät für die MSR-3 sollte nur bei Bedarf in unmittelbarer Nähe der Abwickelspule angebracht werden.²⁵⁸

Nachschrift auf Curt Stille

Man kann sagen, dass seit 1933 weltweit Millionen Rundfunkhörer von Stilles Entwicklungen profitierten. Trotzdem musste er sich zur Jahreswende 1933 / 1934 eingestehen, dass ihm weder die Zusammenarbeit mit Schuchhardt noch mit Blattner (der nahm sich 1935, finanziell ruiniert, das Leben) materiellen Erfolg gebracht hatte.²⁵⁹ Stille setzte jetzt auf ein weiteres Projekt, eine Diktiermaschine mit einer 28 cm langen Stahlröhre mit 2 cm Durchmesser, die eine Spieldauer von 3 min bot; das Gerät sollte unter RM 100 kosten (Textophon ca. RM 1.650). Mit dieser Ausführungsform, auf die er übrigens bereits 1929 ein englisches Patent erhalten hatte,²⁶⁰ knüpfte Stille damit sozusagen an Pedersens Walzen-Telegraphon an²⁶¹ – war möglicherweise deswegen auch nicht patentfähig – und nahm gleichzeitig die US-amerikanischen Arbeiten an magnetischen Speichertrommeln Anfang der 1950er Jahre vorweg.²⁶² Weiter arbeitete er an einem *Schmalfilmverfahren auf spiegelglänzendem Stahlband*, gemeinsam für Bild und Magnetton; das bildtragende Stahlband sollte wie im Episkop abgetastet werden. Stille versuchte vergebens, mehrere deutsche Unternehmen wie Agfa (I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Wolfen), die Nationale Telegraph- und Telephon-Gesellschaft Frankfurt²⁶³ und Telefunken²⁶⁴ dafür zu interessieren. 1936 führt ein bestelltes Gutachten des Patentanwalts der GEMA zehn Anmeldungen auf diese Verfahren an,²⁶⁵ ohne dass daraus nachweisliche Erfolge resultierten. Die *Patentierung* dürfte daran gescheitert sein, dass ähnliche Erfindungen bereits für Stilles Kontrahenten Küchenmeister geschützt waren;²⁶⁶ man fragt sich aber doch, woher Stille die Zuversicht nahm, das fotochemische Filmverfahren gewissermaßen im Alleingang ablösen zu können.

1939 – Stille war jetzt 66 Jahre alt – fand er, nach einem Arbeitsleben als Selbständiger, eine Anstellung bei der GEMA, der Gesellschaft für Elektroakustische und Mechanische Apparate in Berlin, die, von Paul-Günther Erbslöh und Hans-Karl von Willisen gegründet, als führende deutsche Gesellschaft in Sachen aktiver Wasserschall- und Funkortungstechnik bekannt wurde; GEMA konnte schon 1935 der deutschen Marine ein einsatzfähiges Radargerät vorführen. Die Firma arbeitete damals an Sprachverschlüsselungsverfahren und erhoffte sich von Curt Stille Unterstützung bei Teilaufgaben, für die magnetische Tonaufzeichnung eingesetzt werden sollte.²⁶⁷ Stille, geistig noch durchaus präsent, war damals schon etwas hinfällig. Immerhin konnte er 1939 noch zwei Patente zur Magnetton-Technik anmelden²⁶⁸ – man kann sich trotzdem des Eindrucks nicht erwehren, als hätte die GEMA vornehmerweise dem alternden Wissenschaftler eine Sinecure verschafft.²⁶⁹ Sein letztes Patent, *Verfahren*

zur magnetischen Aufzeichnung elektrischer Ströme, angemeldet am 6. April 1943, geriet in die Auflösungserscheinungen des deutschen Patentwesens: laut Vermerk von 1955 kann „Das Patent ... im Bundesgebiet mangels Druckunterlagen nicht mehr geltend gemacht werden.“²⁷⁰ Wo sich Stille zwischen 1943 (als die GEMA ausgelagert wurde) und 1950 aufgehalten hat, ist noch unbekannt. Seit er in diesem Jahr wieder nach Berlin zurückkam, war er als freier Mitarbeiter beim VEB Funkwerk Köpenick tätig, der DDR-Neugründung (1949) der GEMA.²⁷¹ Er müsste dort mit Bernhard Vinzelberg zusammengearbeitet haben, der, zuvor bei der AEG, hier die Entwicklung der ersten Konsum-Tonbandgeräte aus DDR-Fertigung betreute – Stille scheint noch „Gelegenheit [gehabt zu haben], seine Ideen in einer Serie von Magnetongeräten zu verwirklichen“,²⁷² was sich aber nicht präzisieren lässt. Bevor Curt Stille am 7. September 1957 starb, soll er „von der Altersversorgung der Intelligenz in Ost-Berlin“ gelebt haben.²⁷³

Stille hat mehr als jeder andere Erfinder nach Poulsen dafür getan (und seine Konstrukteure Hagemann, Hornung, Begun und von Heising tun lassen), dass die Magnetspeichertechnik lebendig blieb, ganz im Sinn von Oberlin Smith, „on the principle that a demonstration of what can't be done is often a pertinent hint to what can be“. Seine Aktivitäten hielten das Interesse wach, zeigten anderen Erfindern, dass Geschäftschancen warteten und regten sie an, besser gangbare Verfahren zu durchdenken und zu realisieren. Wenn Pionier ein Ehrentitel ist, hat ihn Stille genau so verdient wie Poulsen.

Magnetton-Aktivitäten 1920 bis 1939

Patenturkunden, Korrespondenzen und Presseveröffentlichungen beweisen eine lebhaftige Aktivität in Sachen Magnetton während der 1920er Jahre. Wendell Carlson und Glenn W. Carpenter konnten im März 1921 die Empfindlichkeit ihres US-Marine-Telegraphons mittels Hochfrequenz-Vormagnetisierung steigern, ohne zu merken, dass sie den Schlüssel zur Qualitäts-Magnettonaufzeichnung in der Hand hielten.²⁷⁴ Da war Friedrich Wilhelm Otto Bauch von der Berliner Dietz, Otto und Bauch OHG, dem 1929 eine „sprechende Schaufensterscheibe“ patentiert wurde. Dahinter verbarg sich nicht nur ein gut durchdachtes Magnetbandgerät für 2 mm breiten Federstahl, sondern auch, freilich nur nach besonderem Hinweis erkennbar, der erste Ringkernkopf für die Magnetaufzeichnung, und zwar für Transversalaufzeichnung.²⁷⁵ Heinrich Küchenmeisters perforiertes Stahlband für Filmtonaufzeichnungen vom April 1927 wurde bereits genannt.²⁷⁶

Das Kapitel Film-Magnetton ist mit Blattners Konkurs anno 1933 für die 1930er Jahre beinahe abgeschlossen. I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft (Ludwigshafen) startete 1935 als „Versuchsballon“ eine Patentanmeldung,²⁷⁷ die aber, wie zu erwarten, zurückgewiesen wurde. Auch die TOBIS (Ton- und Bild-Syndikat, nach UFA das bedeutendste deutsche Filmstudio) scheint im kleinsten Rahmen geforscht zu haben, wie ein erteiltes und ein angemeldetes Patent aus dem Jahr 1935 nahelegen: Otto Kornei (später zusammen mit S. J. Begun bei Brush Development Co.)²⁷⁸ beschrieb verbesserte elektromagnetische Wandler, allerdings ist kein direkter Zusammenhang mit dem Filmtone erkennbar.²⁷⁹

Zwei weitere Versuche sind bekannt geworden, das Magnetophon für den Filmtone nutzbar zu machen. Erich Schwandt berichtet 1938 von einer internen Veranstaltung der Technisch-Literarischen Gesellschaft (TELI), bei der der Ton zu einem Schmalfilm unverkoppelt von einem Magnetophongerät abgespielt wurde. Der Autor verband damit den Wunsch an die Industrie nach einem billigen, einfachen Gerät mit Synchronisierereinrichtung, wie es der Traum aller Schmalfilm-Amateure geblieben ist.²⁸⁰

1939 übertrug der Fernsehsender Berlin-Witzleben zwei Kulturfilme „EIN BLICK IN DIE MARK“ und „RHEINSBERG“, deren Ton von Magnettonband synchron zum Bild wiedergegeben wurde.²⁸¹ Magnetophon und Projektor waren mechanisch gekoppelt, der Synchronismus ließ sich mittels eines Nachsteuergetriebes von Hand regeln.²⁸² Alles in allem blieb aber der Film-Magnetton bis 1941 bestenfalls Zukunftsmusik.

Siemens & Halske und die Magnetspeichertechnik

Welche Interessen die Firma Siemens & Halske zwischen 1900 und 1950 in Sachen Magnetspeichertechnik verfolgte, war (und blieb) weniger deutlich.²⁸³ Um 1901 gehörte Siemens für kurze Zeit zu dem Syndikat, das die Poulsenschen Geräte in Deutschland, Österreich und Russland fertigen wollte.²⁸⁴ Dass der Radioingenieur A. Nasarischwily (Erfinder der magnetisierten Eisenbahnschiene) als Wohnsitz Berlin-Siemensstadt angibt, könnte ein Hinweis auf Firmenzugehörigkeit sein; 1921 berichtete er, „auch auf einem stark vernickelten Kupferdraht können Gespräche aufgezeichnet werden.“²⁸⁵ 1929 meldete Siemens drei einschlägige Patente an (oder erwarb sie?),²⁸⁶ wahlweise denkbar als Reaktion auf Pfeumers Suche nach einem Industriepartner, auf Stilles Vorstellung seines Magnetongeräts in England 1928 oder seine Berliner Stahlband-Demonstration vom April 1929. 1931 folgt eine Serie von Magnettechnik-Patenten, von denen zwei wichtige Erkenntnisse transportieren: DE 587 916 bezeichnet die Ausrichtung des magnetischen Pulvers durch ein richtendes magnetisches Feld als bekannt; DE 652 011 beschreibt als vorteilhaft, Aufzeichnungen auf magnetischen Trägern mit Wechselfeldern zu löschen.²⁸⁷

Zumindest indirekt war Siemens auch an zwei Veröffentlichungen beteiligt, die jahrelang als die Standard-Referenzen in Sachen Magnetton-Theorie galten: Ernst Hormanns Aufsatz „Zur Theorie der magnetischen Tonaufzeichnung“ vom Mai 1932²⁸⁸ sowie Eduard Schüllers (und seines Professors Erwin Meyer) Untersuchung „Magnetische Schallaufzeichnung auf Stahlbänder“, erschienen Ende September 1932. Schüller hat 3 mm-Stahlbänder (80 und 50 µm dick) teils von der schwedischen Firma Sandvikens Jernverk AB, teils von Siemens & Halske bekommen, die auch den „zweipolig offene[n] Sprechkopf sowie de[n] einpolige[n] Hörkopf“ beisteuerten.²⁸⁹ Kaum noch

nachvollziehbar ist heute, warum die AEG und Siemens im Sommer 1935, etwa gleichzeitig mit der Vorstellung des Magnetophon K 1 und seinem entscheidend innovativen Ringkopf, gemeinsam (!) Lizenzen auf zwei bereits überholte Magnetwandler-Patente erwarben,²⁹⁰ die Meyer und Schüller kurz vor der Publikation der „*Theorie der magnetischen Tonaufzeichnung*“ angemeldet hatten²⁹¹ – kein Wunder, dass 1939 die AEG kein Interesse mehr hatte, diese Schutzrechte aufrechtzuerhalten und deshalb beabsichtigte, ihren Anteil an Siemens abzutreten.²⁹²

Nicht mehr rekonstruierbar ist ebenfalls, was Siemens 1934 veranlasste, gegen Pfeumers Haupt-Patent erfolgreich einen Nichtigkeitsprozess anzustrengen – es sei denn zum Schutz eigener Arbeiten auf diesem Gebiet. Keine geringere Behörde als der I. Zivilsenat des Reichsgerichts (Leipzig) machte in zweiter Instanz am 12. Mai 1936 Pfeumers DE 500 900 den Garaus, in einem Verfahren mit einem Streitwert von RM 50.000. Die Siemens-Position gestärkt hatte übrigens ein ausführliches Gutachten von Erwin Meyer, erstellt im Juli 1935.²⁹³

Bis 1941 folgen sporadisch weitere Siemens-Magnettonpatente, aus denen aber keine Entwicklungslinie ersichtlich wird. Dazwischen geistert durch eine Notiz der I.G. Ludwigshafen von 1935 ein Siemens-Gerät mit einer Drahtgeschwindigkeit von 6 m/s,²⁹⁴ die Filmfabrik Wolfen hörte im November des gleichen Jahres, Siemens wolle zukünftig die automatische Aufzeichnung von Telefongesprächen „bearbeiten“;²⁹⁵ 1936 fragen die Siemens-Schuckert-Werke in Ludwigshafen vergebens nach 2 kg Magnetophonband, Breite 15 mm, an.²⁹⁶ Im Mai 1941 will Siemens Überlegungen „zurückstellen“, gegen die AEG auf dem Magnettongebiet vorzugehen; dies sei zwischen Reichsrat von Buol und Geheimrat Bücher abgestimmt.²⁹⁷ Schließlich betont Siemens 1941 anlässlich der Klangfilm-Übernahme, das Haus habe kein Interesse (mehr) am Magnetophon.²⁹⁸ – Eine durchaus positive Rolle in Sachen Magnetton sollte Siemens & Halske – genauer: die Tochtergesellschaft Klangfilm G.m.b.H., Karlsruhe – nach 1945 spielen (Seite 547).

Magnetische Tonaufzeichnung bis 1933: eine Bilanz

Warum hatte es in der Magnetspeichertechnik zwischen 1878 und 1933 keinen durchschlagenden Erfolg im Konsumentenmarkt gegeben, wie beispielsweise bei Radio oder Schallplatte? Vor allem deshalb, weil es keinem Erfinder gelang, einen leistungsfähigen Industriebetrieb zur Zusammenarbeit zu gewinnen. Die einschlägigen Hersteller hatten stark in die mechanische Schallaufzeichnung, also Schall-Platten und -Walzen, investiert, so dass ein Verfahren, das erst noch zur Praxisreife entwickelt werden musste, schlechte Karten hatte.

Vor 1912, genauer: bis zur Einführung der Vakuumröhre in Endverbrauchergeräte anfangs der zwanziger Jahre, litt der Magnetton unter dem Handicap seiner ungenügenden Wiedergabelautstärke, die kaum ein Urteil über die Aufzeichnungsqualität und folgerichtig auch kein Abschätzen erlaubte, ob hier Investitionen sinnvoll wären. Erst mit der Ausbreitung des Rundfunks standen halbwegs akzeptable Lautsprecher, später auch Mikrofone, zur Verfügung. Insgesamt gab es beim Magnetton, im Gegensatz zu Edison-Zylinder und Schallplatte, keine systematische Weiterentwicklung. Als Stille mit dem Blattnerphone, Marconi mit den Marconi-Stille-Recordern technische Erfolge hatte, konnte gerade eine Handvoll dieser professionellen Riesengeräte aufgelegt werden, und selbst Dailygraph und Textophon blieben für Privatpersonen außerhalb jeder Reichweite. Allerdings brauchte auch das Magnetophon fünfzehn Jahre, bis es zu „endverbraucher-gerechten“ Kosten hergestellt werden konnte. Der Markt „Magnettontechnik“ war also interessant, blieb aber so lange klein, bis wenigstens in einem professionellen Bereich ein potenter Abnehmerkreis gefunden und aufgebaut war.

Fazit des ersten Halbjahrhunderts Magnettontechnik (1878 – 1933): sie bietet offensichtlich eine attraktive Alternative zur mechanischen Tonaufzeichnung, denn während die Schallplatte als reines Wiedergabemedium in der Regel ein Großserienprodukt sein muss, verspricht die Magnettechnik qualitativ und preislich günstige individuelle Tonaufzeichnungen für Unikate mit flexibler Spielzeit (zum Beispiel Diktate und akustische Protokolle, später auch Musikaufzeichnungen und Rundfunkproduktionen). Wegen mangelnder Praxistauglichkeit bleibt es im Allgemeinen bei Experimenten, bestenfalls Kleinserien. Von den zwischen 1898 und 1930 erteilten Magnetton-Patenten führte letzten Endes nur eines zu anhaltendem technischem wie wirtschaftlichem Erfolg. Bedenkt man die in den übrigen Schutzrechten investierte Arbeit – ganz zu schweigen von den erfolglosen, daher meist „untergegangenen“ Anmeldungen –, steht man vor einer bedrückend langen Kolonne vergessener Erfinder und vergeblich durcharbeiteter Stunden. Ein Labyrinth zu früh gekommener Erfindungen, teils unterbewertet, teils in Sackgassen festgefahren.

Wer die allerdings kennt, findet mit weniger Anläufen unversperrte Pfade – oder, um wieder Oberlin Smith zu zitieren, „*on the principle that a demonstration of what can't be done is often a pertinent hint to what can be.*“²⁹⁹ Den ersten zielführenden Weg beschreibt ein Patent mit dem unauffälligen Titel „*Lautschriftträger*“, bekanntgemacht Anfang 1930, dessen Anmelder es mit großer Tatkraft verstand, einen goldenen Einfall in ein innovatives Produkt umzusetzen. Damit war der zeitbedingt bestmögliche Aufzeichnungs-Träger gefunden, aber es dauerte noch dreieinhalb Jahre – Sommer 1933 –, bis für diesen Träger auch ein „bestmöglicher Wandler“ vervollkommen war. Die Rede ist von Fritz Pfeumers Magnetband, Patent DE 500 900, und Eduard Schüllers Ringkopf, den er am 24. Dezember 1933 anmeldete, später bekannt als Patent DE 660 377. Zusammengefügt gaben die Innovationen *Träger* und *Wandler* die wenigstens siebzig Jahre gültige Antwort auf die Frage nach dem „bestmöglichen Verfahren“ der Magnetspeichertechnik – für die Aufzeichnung von Tönen, Bildern, Meßwerten und Daten, und im Arbeitsprinzip der Festplattenspeicher aller Computer lebte es weiter.

Fritz Pfeumers Innovationen

Fritz Pfeumer wurde am 20. März 1881 in Salzburg als drittes von sechs Kindern von Minna Pfeumer, geborene Hünich, aus Freiberg in Sachsen und des Buchdruckers Robert Pfeumer aus dem reussischen Greiz geboren.³⁰⁰ Seine älteren Geschwister waren Mimi (* 13. September 1877) und Hans (* 12. März 1880), die jüngeren Herman (* 18. April 1882), Otto (2. Januar 1884 – 5. März 1887) und Mizzi (* 10. November 1889). Über die Jugend Fritz Pfeumers ist nichts bekannt. Seit 1897 oder 1898 wohnte er in Dresden,³⁰¹ wo er wohl seine technische Ausbildung mit dem Abschluss als „Elektroingenieur“ abrundete.³⁰² Zwischen 1905 und 1922 lautete seine Anschrift Dresden, Marienstraße 48, daneben sind zwischen 1909 und 1911 Anschriften in London (31, St. James, New Cross) und Paris (Boulevard Magenta 105) nachweisbar. Seit 1923 bis zu seinem Tod 1945 wohnte er in Dresden-Gruna, Bodenbacher Straße 44.

Die drei Brüder Hans, Fritz und Herman machten, teils gemeinsam, teils auf durchaus unterschiedlichen Feldern, als Erfinder von sich reden. Als Auftakt meldeten zum Jahresbeginn 1906 Robert Pfeumer und seine fünf Kinder gemeinsam eine Erfindung an,³⁰³ nach der Automobilreifen mit vulkanisiertem Schaum gefüllt werden sollten, offensichtlich, um deren Notlaufeigenschaften zu verbessern. Diese Entwicklung³⁰⁴ und anschließende Patente³⁰⁵ bildeten das Startkapital für eine Firma „Pfleumatic Syndicate Ltd.“, die Fritz Pfeumer zusammen mit dem Chemiker Robert John Caldwell im Februar 1908 in London gegründet hatte.³⁰⁶ Ihr letztes gemeinsames Patent datiert vom 16. April 1910,³⁰⁷ so dass man annehmen kann, Pfeumer habe sich zu dieser Zeit wieder aus der Firma zurückgezogen (dafür spricht auch ein „Prospect“ der Pfeumatic vom Februar 1910, in der Pfeumer nur als Patenterfinder genannt ist). Über die weitere Entwicklung des anfangs recht erfolgreichen Unternehmens ist nichts bekannt; Caldwell verstarb bereits 1915.³⁰⁸ Pfeumer meldete zum Thema „schaumstoffgefüllte Automobilreifen“ noch weitere Schutzrechte an;³⁰⁹ ein letztes einschlägiges britisches Patent von 1913 gibt als seinen Wohnsitz Paris an.³¹⁰ Wie auch später festzustellen, reduziert Pfeumer das erste intensive Engagement nach einiger Zeit auf weitere Entwicklungsarbeiten und wendet sich dann einem neuen Gebiet zu.

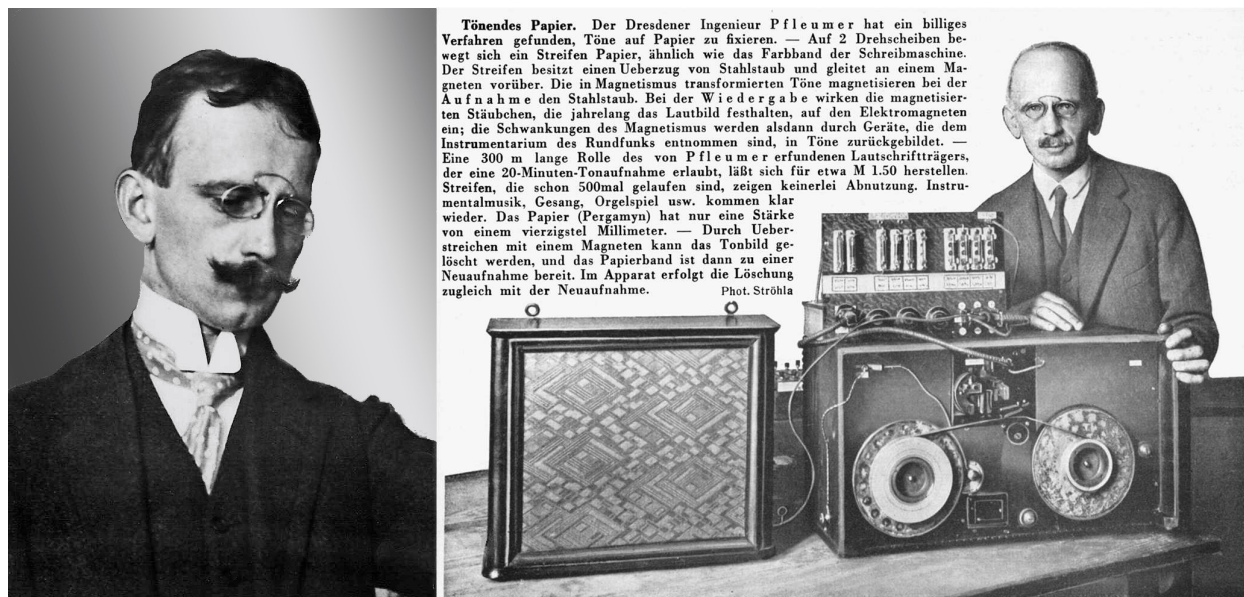


Abbildung 61: Fritz Pfeumer, links in jungen Jahren (etwa 1912), rechts im fünfzigsten Lebensjahr mit seinem Magnetbandgerät, Stand von November 1931

Den nächsten Zyklus dieses Musters beginnt Herman Pfeumer, Fritz' ein Jahr jüngerer Bruder, der ihm nach Dresden gefolgt war; übrigens scheinen alle Geschwister immer engen Kontakt gehabt zu haben. Ein Zufallsergebnis bei Hermans Arbeit an schaumstoffähnlichen Materialien führte ihn im Frühjahr 1915 zu einem „Verfahren zum Verdichten von Holz“, ³¹¹ das dabei annähernd auf die Hälfte seines Ausgangsvolumens komprimiert wurde, was es natürlich härter und polierfähiger werden ließ – ein neuer Bau- und Möbelwerkstoff mit Eigenschaften zwischen Metall und Holz war gefunden. Die Pfeumer-Brüder taten sich mit seriösen Investoren zusammen und gründeten die „Holzveredelung GmbH“ mit Sitz in Berlin, die ihr erstes von 22 bekannten Patenten im Februar 1918 anmeldete.³¹² Angesichts der schwierigen Lage gegen Ende des Ersten Weltkriegs ist es verständlich, dass es der Firma nicht gelang, die Produktion aufzunehmen, und so übertrug der Hauptinvestor seine Anteile vermutlich schon 1919 an einen Berliner Dr.-Ing. Heinrich Oexmann (von dem noch zu berichten ist), dessen erstes „Lebenszeichen“ ein Patent aus dem Jahr 1915 ist. Oexmann seinerseits baute ein Zufallstreffen mit einem Bekannten, dem Bremer Fabrikanten Ludwig Roselius (1906 erster koffeinfreier Kaffee), zur Geschäftsverbindung aus, die noch im September 1919 zur „Lignostone GmbH“ führte – nach einigen, auch politisch bedingten Wirren wurden daraus zwei Betriebe, die noch heute weiterentwickelte Nachfolger der Pfeumer-Produkte herstellen.³¹³

Das Beteiligungs-Muster der Pfelemer-Brüder wiederholte sich: sie lösten noch 1919 ihre unmittelbare Beteiligung an der Holzveredelung GmbH auf, arbeiteten aber an dem Verdichtungs-Verfahren weiter und dürften an beide Produzenten Lizenzen auf ihre Schutzrechte vergeben haben. Herman konzentrierte sich anschließend auf das Erzeugen von Presskörpern, zum Beispiel Knöpfe, die statt aus teurem Natur- aus preiswertem Ersatzmaterial gefertigt wurden.³¹⁴ Sein Patent DE 438552 von 1925, „Isolierstoff aus Schaumgummi“,³¹⁵ war für lange Jahre Grundlage der Produktion von hartem Zellkautschuk als Isolationsmaterial für Kühlhäuser, Kühlwaggons und ähnliche Anwendungen.³¹⁶ Erst das geschäumte Polystyrol, eine als „Styropor“ bekanntgewordene Erfindung der BASF-Mitarbeiter Fritz Stastny und Rudolf Gäth von 1949, entwickelte sich zu einem immer erfolgreichereren Mitbewerber. – 1929 betrieb Herman Pfelemer ein technisches und fototechnisches Büro in Dresden-Loschwitz.³¹⁷

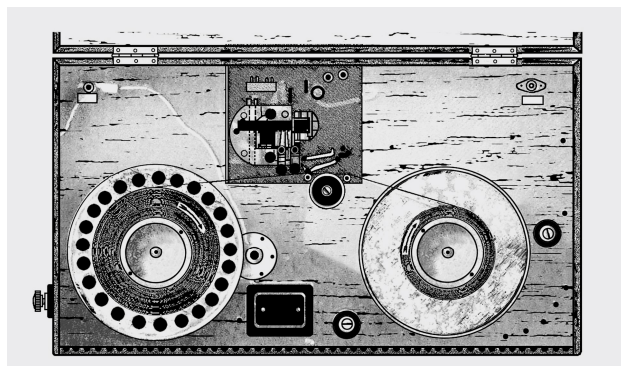


Abbildung 62: Rekonstruktion des Versuchsgeräts von Fritz Pfelemer, Stand etwa von 1929 / 1932 (Roland Schellin)

Hans Pfelemer (1880 – 1971³¹⁸), ältester der Brüder, ist früh in die USA ausgewandert und hat dort geheiratet, er blieb aber nachweislich zumindest bis 1935 in Verbindung mit seiner Verwandtschaft.³¹⁹ Er war beteiligt an einem Unternehmen namens Expanded Rubber Company; Indizien weisen darauf hin, dass sich diese Firma an kunststoffgefüllten Autoreifen und Isolationsmaterialien versucht hat.³²⁰ Patente, die Hans Pfelemer zwischen 1938 und 1958 für eine Rubatex Products, Inc. angemeldet hat, befassen sich überwiegend mit kautschuk-artigen oder -haltigen Geweben für Bekleidungs- oder ähnliche Zwecke. Die Nachfolgefirma, Rubatex Corp., Sitz Bedford, MA, ist erst 2003 erloschen.³²¹ Kurioserweise war Bedford auch Sitz einer US-amerikanischen Tochtergesellschaft der BASF AG, die dort, wenig erfolgreich, den USA-Markt

mit Magnetbandprodukten beliefert hat und 1996 liquidiert wurde.

Fritz Pfelemer hat sich zwischen 1917 und 1927 auf weiteren, durchaus verschiedenartigen Gebieten als Erfinder betätigt, so meldete er Patente auf einen „Thermoelektrischen Stromerzeuger“ an,³²² arbeitete Details früherer Erfindungen weiter aus und übernahm vermutlich Auftragsentwicklungen für Dresdner Firmen, etwa Trinkröhrchen aus Kunststoff statt aus dem ungleichmäßigen Naturprodukt Stroh.³²³ Als Ersatz für das (echte) Stanniol, also einer Zinnfolie, entwickelte er ein metallpulver-beschichtetes Buntpapier als feuchtigkeits- und aromadichtes Verpackungsmittel.³²⁴ Einige Erfindungen konnten die Brüder Herman und Fritz Pfelemer an Firmen in Frankreich, den Niederlanden und in den USA verkaufen. Vielfach dürften solche veräußerten Erfindungen allerdings unter dem Namen des Lizenznehmers patentiert worden sein, die Erfinder sind dann nur unter günstigen Bedingungen nachzuweisen.

Seine speziellen Kenntnisse der Papierproduktion bildeten auch die Basis für Fritz Pfeumers folgenreichste Erfindungen. In Dresden, nicht nur Sitz namhafter Optik-Firmen und einer Technischen Hochschule, sondern auch einem Schwerpunkt der deutschen Tabakwaren- und der entsprechenden Verarbeitungs- und Verpackungsmaschinen-Industrie, gab es größeren Bedarf an blattgold-ähnlichen Metallfolien für Mundstücke hochwertiger Zigaretten. Um 1914 wurde hierfür echtes, freilich maschinell schlecht zu verarbeitendes Blattgold eingesetzt.³²⁵ Erste Austauschstoffe dürften weder optisch noch haptisch überzeugt haben. Abhilfe schaffte Pfeumers 1924 patentiertes Verfahren:

Es wurde nun gefunden, [...] dass man als Bindemittel für das Bronzepulver³²⁶ die Cellulose selbst, und zwar in Form eines bis zur schleimigen Beschaffenheit gemahlenen Papierbreies, sogenannten Pergamynpapierstoff,³²⁷ verwenden kann. ... Man kann ... auf 1 Teil trockenen Pergamynpapierstoff 3 und mehr Teile Bronzepulver anwenden und verstärkt so das metallische Aussehen der Folie. Die Festigkeit der so erhaltenen Gebilde ist sehr groß, selbst wenn man sie in einer Dicke von nur etwa 0,01 mm herstellt. Der Metallglanz kann durch Kalandern erhöht werden. Die Haftfestigkeit des Bronzepulvers in der Masse wird durch Zusatz von Klebmitteln zur Masse oder durch Überziehen der Folien mit einer dünnen Lackschicht erhöht.³²⁸

Diese Auftragserfindung adaptierte Pfelemer einige Zeit später an einen Zweck, der ihn schon als Siebzehnjährigen gefesselt hatte: die magnetische Schallaufzeichnung. Er kannte die Stilleschen Diktiergeräte, ihre auf Poulsen zurückgehende Arbeitsweise ebenso wie ihre Nachteile: den enormen Preis des hochvergüteten und geschliffenen Stahldrahts,³²⁹ sein großes Gewicht und seine Bruchanfälligkeit. Hier war ein Markt, und hier kam Pfeumers Innovation: Der magnetische Schallträger musste keineswegs zwingend aus massivem Material bestehen; gut fixiertes Stahlpulver oder anderes feinverteiltes permanentmagnetisches Material auf einer flexiblen Unterlage würde den gleichen Zweck erfüllen. Ein solches „Lautschriftträger“-Band könnte er nach Art der Blattgold-Ersatzfolien preiswert und technisch vorteilhaft herstellen. Das ist kurzgefasst der Inhalt der Patente DE 500 900 – „das Grundpatent der Magnetogrammträger“³³⁰ – und DE 544 302,³³¹ beide angemeldet am 31. Januar 1928. Zu folgern ist daraus, dass Pfelemer das Magnettonband in der zweiten Jahreshälfte 1927 erfunden und etwa zur gleichen Zeit ein „Tonbandgerät“ zur Erprobung und für erste Demonstrationen gebaut hat.

Pfleumer hat seine Erfindung – er soll sie der Hochstimmung nach einem guten Geschäftsabschluss in Paris verdanken³³² – nicht nur in Deutschland geschützt, sondern auch in Belgien, Frankreich, Großbritannien, Holland und Kanada.³³³ Sowohl die französische wie die britische Patentschrift führen alle Ansprüche aus DE 500 900 und DE 544 302 auf, nennen aber zusätzlich eine unverkennbar vielversprechende Anwendung:

The sound indication carrier according to this invention may also be used in combination with a photographic film for moving pictures and thus apply to the synchronous reproduction of the moving picture and the corresponding sound record. For this purpose the steel powder may be either applied on the edge of the film or better still the speech recording strip be subsequently stuck on the picture film. The development of the photographic film then takes place as usual, while the sound record which cannot be photographically copied in <sic> obtained after the development of the light film by the synchronous running of the original and copy of the film, a suitably constructed magnet running over each speech strip. The magnetic properties of the original strip may of course also be amplified in the usual manner and then transferred to one or more copy strips which are then subsequently stuck on the copy film.³³⁴

Hier ist nicht weniger als der Bildfilm mit Magnettonspur (COMMAG) beschrieben, der zwischen 1950 und 1970 praktisch erst den Mehrkanalton im Kinofilm erlaubte (und damit indirekt alle Breitwandformate), außerdem das „Bespurungsverfahren“ für alle Laufbild-Formate.³³⁵

Es liegt nahe, dass Pfeleumer nicht seine ganze Arbeitskraft auf den Magnetton konzentrieren konnte – schon die internationalen Patentanmeldungen dürften viel Zeit beansprucht haben –, so dass er 1928 bis 1930 nur schrittweise einem vorführungsreifen System näherkam, mit dem er Lizenznehmer gewinnen konnte. Den größten Entwicklungsbedarf sah er zunächst beim Stahlpulver, woraus 1930 zwei Patente resultierten: weg von harten, stark abrasiven „Körnern“ zu schuppigen Blättchen, die sich unter reibendem Druck („friktionieren“) zu einer kompakten Schicht mit blanker Oberfläche zusammenfügen.³³⁶

Pfleumer ging von einer Bandbreite von 16 mm aus, seinen „kleinen Versuchsapparat“ hatte er bereits so gebaut, dass er „einige Bänder gleichzeitig“ beschichten konnte, „das war bereits die vorbereitete Massenfabrikation.“³³⁷ Das Band war nur 1/40 mm stark, also erstaunliche 25 µm, möglicherweise ist das jedoch nur die Dicke des „spiegelglatten Pergamynpapiers“, das er „in schmalen Röllchen“ von einer Firma bezog, die noch nach einem alten Verfahren arbeitete.³³⁸ Weil Pfeleumer das Pergamin wegen seiner großen Festigkeit – was die geringe Trägerdicke erlaubte – und der vermeintlich besonders glatten Oberfläche wählte, handelte er sich auch einen papiertypischen Nachteil ein: es ist nicht wasserfest; Feuchtigkeit verursachte so stark wechselnde Längsdehnungen, dass Tonhöhen-schwankungen auftraten.³³⁹ Als Alternative hatte Pfeleumer bereits in DE 500 900 Folien aus Celluloseacetat genannt, die aber in der notwendigen Gleichmäßigkeit und Dicke von etwa 30 µm nicht marktgängig waren.

Für praktische Vorführungen hatte sich Pfeleumer selbst ein Tonbandgerät gebaut: das 16 mm breite Band war in zwei 8 mm-Spuren geteilt,³⁴⁰ von denen die erste im Hin-, die zweite im Rücklauf bespielt wurde. 300 m Band reichten für eine Spielzeit von 20 Minuten, was offensichtlich 2 x 10 Minuten und somit eine Bandgeschwindigkeit von 50 cm/s bedeutet.³⁴¹ Die Tonqualität scheint typisch für einen Eigenbau gewesen zu sein – die bekannten Einschätzungen sind widersprüchlich.³⁴²

Bei diesem Stand der Dinge schien wieder die Zeit reif, für eine Erfindung einen Lizenznehmer zu suchen – schließlich wollte Pfeleumer auch dieses Projekt nicht bis zur Produktionsreife entwickeln. Damit stand also eine bekannte Aufgabe an, genau so wichtig wie die Erfindung selbst, nämlich ihre Durchsetzung. Pfeleumers Anläufe sind nicht mehr genau nachzuvollziehen, da die bekannten Fakten in der Regel nicht exakt zu datieren sind. So muss Pfeleumer im Juni 1930, kurz nach der Bekanntgabe seines Patents DE 500 900, die Fachredakteure der „Morgenpost“ (Ullstein-Verlag) und des „Berliner Lokal-Anzeiger“ (Mosse) aufgesucht haben, darunter auch Heinrich Kluth, Mitglied der einflussreichen Technisch-Literarischen Gesellschaft und Leiter der technisch-naturwissenschaftlichen Redaktion des Scherl-Verlages.³⁴³ Was die Herren Redakteure, die ja von den Tücken des Stahldrahtes der damaligen Diktiergeräte und des Stahlbandes wussten, am ehesten beeindruckte, war, wie gelassen Pfeleumer mit einem gerissenen Band umging: ein Tropfen Klebstoff fügte die Enden rasch wieder zusammen, und erstaunlicherweise war von der Klebestelle kaum etwas zu hören: Stahl dagegen produzierte bekanntlich an Löt- oder Schweißstellen immer handfeste Störgeräusche (siehe Kluths Beschreibung auf Seite 44).³⁴⁴ Als Resultat dieser Demonstrationen dürften einige mittlerweile verschollene Artikel in der Berliner Presse erschienen sein. Viele Informationen vermitteln eine faktenreiche Reportage vom Juli 1931, die zwei große Dresdner Zeitungen druckten, und eine kurze Bildnachricht in der populärwissenschaftlichen Zeitschrift „Die Umschau“ vom November 1931. Im Juli-Interview erwähnt Pfeleumer, „Anfang August wird meine Erfindung in einem phonetischen Laboratorium in Berlin geprüft“ – falls damit Vorstellungen bei der Deutschen Grammophon-Gesellschaft³⁴⁵ oder bei Siemens & Halske³⁴⁶ gemeint sind, blieb der Erfolg in beiden Fällen aus.

Während der Lizenznehmer-Suche entwickelte Pfeleumer sein Verfahren weiter. Ende 1931 konzentrierte er sich auf den „Magnetkopf“, also den elektrisch-magnetischen Wandler, seine Wirkungsweise und praxistaugliche Ausführung. Folgerichtig wandte er sich zuerst dem Aufnahmewandler zu (DE 612 489, 22. November 1931), ein Jahr später fand er eine innovative Lösung für den Wiedergabewandler (DE 617 796, 26. November 1932), der mit seinem geschlossenen, nur von einem Spalt durchbrochenen Magnetkern durchaus Ähnlichkeit mit Schüllers Ringkopf (patentiert Ende 1933) hat.³⁴⁷ Pfeleumer hat offenbar ausgiebig, aber ohne Glück experimentiert, wie zwei erfolglose Patentanmeldungen mit vielversprechenden Kurztiteln zeigen: „Sprechkopf mit mehreren Spalten verschiedener Breite“ und „Magnetischer Halbleiter im Sprechkopf“.³⁴⁸ Bei diesen komplizierten Kon-

struktionen verließ ihn das Erfinderglück; vielleicht zielte er hauptsächlich in eine Richtung, die in der Patentschrift zwar beschrieben ist, in den Ansprüchen aber fehlt, nämlich

... eine ... Anordnung, die ein ruhigeres Laufen des Bandes gestattet, insbesondere aber für metallisiertes Papier geeignet ist, da es die Klebstellen des Papierbandes glatt durchläßt. Denn der wesentliche Vorteil der Verwendung von Papier besteht in seiner beliebigen Stückelbarkeit, die ein Abreißen, Weglegen, Registrieren usw. und die Wiederausammenfügung erledigter Stücke erlaubt.³⁴⁹

Ob nun, wie von der AEG 1938 dargestellt, Pfelemer im Jahre 1930 an die Firma „herangetreten“ ist,³⁵⁰ oder, wie sich Heinrich Kluth erinnert, Hermann Bücher nach Magnetton-Presseberichten³⁵¹ in der Redaktion nach Pfeumers Anschrift fragte,³⁵² wird nicht mehr festzustellen sein, wie auch nicht bekannt ist, welche weiteren Firmen außer den genannten erfolglos angesprochen wurden. Die AEG bot jedenfalls die entsprechenden Voraussetzungen – also kompetente, aufgeschlossene Mitarbeiter, gut eingerichtete Labors und ein belastbares Forschungsbudget für die absehbar bedeutenden Entwicklungskosten. Und hier hatte Pfelemer endlich Erfolg: Ende Juni oder Anfang Juli 1932 schlossen die AEG und Pfelemer einen Optionsvertrag³⁵³ auf eine Lizenzfertigung nach DE 500 900, der nach längeren Verhandlungen am 28. November 1932 zum Abschluss des Vertrags Nr. 1621 führte.³⁵⁴ Pfelemer brachte seine „gegenwärtigen und zukünftigen Erfindungen“ ein, „die ein Verfahren zur Aufnahme und Wiedergabe von Lauten auf einer mit magnetischem Pulver bedeckten Unterlage, insbesondere Papierband, sowie die hierbei benutzten Einrichtungen und Materialien“ betrafen sowie „die darauf genommenen bzw. noch zu nehmenden Schutzrechte, und zwar für die ganze Welt, ausgenommen die Vereinigten Staaten von Amerika, Kanada und Neufundland“.³⁵⁵ Der generös dotierte Vertrag, der genau dem Muster früherer Pfelemer-Engagements entspricht, sollte bis zum 31. Dezember 1950 laufen. Das war umso bemerkenswerter, als das wachsame Patentbüro der AEG auf ein britisches Poulsen-Patent von 1899 („a sheet or strip of some insulating material such as paper may be covered with a magnetisable magnetic dust and may be used as the magnetisable surface“³⁵⁶) und ein jüngerer amerikanisches Patent gestoßen war,³⁵⁷ die Wesentlichen aus DE 500 900 vorwegnahmen, so dass dieses Schutzrecht auf schwachen Füßen stand. Pfelemer musste daraufhin einen etwas geringeren Lizenzsatz akzeptieren. Dass die AEG trotzdem abschloss, zeigt, dass sie Pfeumers erfinderische Leistung nicht in Frage stellte, und vielleicht auch, dass Hermann Bücher sein Votum zugunsten Pfeumers abgegeben hatte. Zweieinhalb Jahre nach Vertragsabschluss waren aus Pfeumers Tonbandgerät und „Lautschriftträger“ das AEG Magnetophon und das Magnetophonband Typ C der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Werk Ludwigshafen, geworden.

Vertrag Nr. 1621 sah Pfeumers Mitarbeit im AEG-Fernmeldelabor vor, die bis März 1934 nachweisbar ist und dann auslief.³⁵⁸ Er hat wenigstens sechs „zukünftige Erfindungen“ beigesteuert, von denen die AEG drei Schutzrechte bis zum Ablauf der Patentfrist aufrecht erhielt. Das wichtigste, mit dem Pfelemer-typisch knappen Titel „Magnetogrammträger“, war DE 649 408,³⁵⁹ denn es stellt mit breit gefassten Ansprüchen „alle Magnetogrammträger unter Schutz ..., bei denen ... nichtmetallische Pulverteilchen in ein Bindemittel eingebettet“ sind. Als Beispiel nennt Pfelemer Fe_3O_4 , fast drei Jahre, bevor I.G. Ludwigshafen dieses meist Magnetit genannte Eisenoxid für die Bandproduktion einsetzte.³⁶⁰ Eduard Schüller notierte sogar, Pfelemer und Oexmann hätten der AEG schon 1932 mit „Eisenmohr“ (einem veralteten Synonym für Fe_3O_4) beschichtete Bandstücke gezeigt,³⁶¹ das wäre ein Jahr vor der Patentanmeldung gewesen.³⁶² Sogar das I.G. Farben-„Paradepatent“ DE 712 457 (23. August 1935, Fe_3O_4 und Fe_2O_3 als Magnetpigment) büßte im Prüfungsverfahren wegen Kollision mit DE 649 408 einige Ansprüche ein,³⁶³ und selbst danach war nicht ganz klar, wie weit es von dem Pfelemer-Patent abhing.³⁶⁴

Als schließlich Pfeumers DE 500 900 für nichtig erklärt wurde, rückte DE 649 408 schutzrechtlich zum Kern des AEG-Pfelemer-Vertrags Nr. 1621 auf.³⁶⁵ Kein Wunder, dass die AEG dieses Patent bis zu seinem Ablauf 1951 auch als Disziplinierungsmittel gegenüber Bandherstellern einsetzte. Selbst BASF (interne Erkenntnis: „Immerhin sind wir auch heute noch [Mai 1948] durch den weitgefassten Schutzzumfang (vergl. Anspruch 2) von diesem Patent abhängig“³⁶⁶) musste sich nach außen gegen „den blossen Ausdruck der formalen Anerkennung eines technisch wertlosen älteren Anspruchs“ heftig zur Wehr setzen.³⁶⁷ Nach einer „wir dürfen wohl sagen, fast bis zum Überdruß“³⁶⁸ geführten Debatte kam man schließlich überein, der bereits verwitweten Alleinerbin Frau Agnes Pfelemer einen angemessenen Ablösebetrag zu zahlen.³⁶⁹

Insgesamt lässt sich sagen, dass der faktische Beitrag des „Ein-Mann-Teams“ Pfelemer zur Magnetbandtechnik abgeschlossen war, als die AEG und I.G. Farben gegen Ende 1934 aus dem orientierenden Entwicklungsstadium heraus waren. Das heißt aber nicht, dass damit Pfeumers Interesse am Magnetton erloschen wäre. Er verlegte sich vielmehr auf Ausführungsformen, die nicht im Vertrag 1621 erfasst waren, etwa auf eine vorgerillte Magnetplatte für Diktiergeräte.³⁷⁰ In einer weiteren Patentanmeldung stellt er als Neuheit eine gavanoplastisch aufgebrachte, nicht über 20 µm dicke permanentmagnetische Schicht heraus.³⁷¹

Eine weitere Magnetband-Variante, die Pfelemer 1936 patentiert wurde, bestand aus einer großen Zahl in Laufrichtung nebeneinander liegender Fäden aus Viskose-Seide. Die Einzelfäden sollten durch eine flüssige Mischung von Stahlpulver und Bindemittel laufen, dann bandförmig „gebündelt“, elektrisch getrocknet und satiniert werden – die 40 - 50 µm dicken Fäden wären also mit der Magnetschicht zusammengeklebt worden.³⁷² Muster eines Vorläufertyps (ein „Lackseidenband“) hatte die AEG Ende 1932 nach Ludwigshafen geschickt (Seite 150).³⁷³

Nicht weniger als 50 Jahre dem Stand der Technik griff eine Erfindung vor, die Pfelemer am 28. Oktober 1937 in einer britischen Patentanmeldung niederlegte:³⁷⁴ das Beschichten von Magnetträgern im Vakuum mit Metaldampf, später bekannt geworden als „Bedampfen“ oder „Sputtern“. Als Schichtdicke strebte er den verblüffend

kleinen Wert 1 µm an, eventuell in mehreren Durchgängen zu erreichen. Solche dünnen Schichten favorisierte er, weil

... the density of the registering sound carrier and, thereby, the clarity and the solidity of the sound record increases, if the inner magnetic resistance of the carrier increases, i.e., for continuous magnetizable layers, if the magnetizable metal layer becomes thinner. This may go as far as the volume of reproduction and the required amplification would permit it ...

– was durchaus von Erkenntnissen bestätigt wird, die zur Aufzeichnung mit hohen Datendichten führten: je dünner die Schicht, desto präziser werden die aufgezeichneten Impulse reproduziert. Als weiteren Vorzug nennt er die spiegelglatte („*mirror-even*“) Oberfläche bedampfter Träger und, ausdrücklich betont, den vollkommen homogenen Aufbau der Magnetschicht. Als Ausführungsform sieht er natürlich Bänder, wohl aus praktischen Gründen zunächst jedoch Platten, die sich ohne aufwendiges Umspulen im Hochvakuum bedampfen lassen.³⁷⁵ Leider blieb dieser Erfindung der Patentschutz versagt, vermutlich, weil „*cathode evaporation*“, wie von Pfelemer auch zugestanden, ein bereits bekanntes und angewandtes Verfahren war.³⁷⁶

Avantgardistische Verfahren beschäftigten Pfelemer noch 1938, als er radikal vereinfachte Wandler plante, nämlich „*Köpfe bestehend aus einem sehr dünnen Leiter*“³⁷⁷ – womit er einerseits, ohne das ahnen zu können, bei Oberlin Smith anknüpfte,³⁷⁸ andererseits den „single conductor“ vorwegnahm, der um 1953 vom CCIR als Messverfahren für die internationale Normung des Magnetband-Frequenzgangs diskutiert wurde.³⁷⁹ Unkonventionell, wie Pfelemer war, arbeitete er 1939 zusammen mit dem Filmproduzenten TOBIS an einem Gerät für den nordamerikanischen Markt, bei dem „*nicht mehr ein aufgewickelter Band besprochen werden [soll], sondern, etwa wie bei Tefi, ein endloses, dieses aber in Spiralförmigkeit, etwa in Breiten von 0,5 mm. Wir brauchen etwa 80 (unsichtbare) Rillen, demnach eine Bandbreite von 40 mm ... etwa 20 bis 30 m Länge*“.³⁸⁰ Hat Pfelemer an eine Kassette ähnlich der späteren „8-track-cartridge“ gedacht? Die Sache könnte dem Krieg zum Opfer gefallen sein, wenn ihr nicht schon das Kopfschütteln bei der AEG und I.G. Farben den Garaus gemacht haben.³⁸¹

Angesichts seines andauernden Engagements in Sachen Magnetspeichertechnik überrascht es doch, dass Pfelemer am *aktuellen* Entwicklungsstand des Magnetophons kaum noch interessiert schien; jedenfalls zeigte er sich bei einem Besuch Heinz Lübecks von der AEG im Herbst 1938 weder darüber orientiert, dass die AEG mittlerweile den vierten Apparate-Typ entwickelt hatte, noch war ihm bekannt, dass als Magnetmaterial das schließlich von ihm schon 1932/1933 genannte Fe₃O₄ diente,³⁸² geschweige denn, dass der Wechsel zu Fe₂O₃ bevorstand. Etwas pikant war in diesem Zusammenhang der eigentliche Grund von Lübecks Besuch: die AEG strebte eine Revision des Vertrags Nr. 1621 an – sie wollte die Lizenzzahlungen kürzen, gab das aber nach Prüfung der Sachlage wieder auf.

Welche Geldbeträge Pfelemer aus dem AEG-Vertrag zuflossen, ist nicht genau bekannt. Noch Ende 1935 klagte er über die „Unergiebigkeit“ seines Vertrages (und versuchte, die AEG von den Vorteilen seiner „*Magnetischen Schallplatte*“ zu überzeugen).³⁸³ Doch das sollte sich bald ändern: Eine Hochrechnung von 1938 für die Jahre 1932 – 1950 nennt die beachtliche Summe von RM 130.000.³⁸⁴ Falls die in Hunderter-Auflagen für die deutsche Wehrmacht gefertigten „Tonschreiber“ lizenzpflichtig waren, dürfte dieser Betrag sicher erreicht worden sein, auch wegen der ab 1940 in nicht vorhersehbarer Menge gefertigten Magnetophonbänder. Von jedem der etwa 15.600 Bänder, die die Magnetophon G.m.b.H. allein in der ersten Hälfte des Geschäftsjahres 1942 / 1943 vertrieb, erhielt Pfelemer RM 0,52, also gut RM 8.000 – eine mehr als respektable Summe.³⁸⁵ Interessanterweise hatte Pfelemer am 14. Februar 1932 eine Absprache getroffen,³⁸⁶ nach der ein Viertel der erwarteten Lizenzeinkünfte an die Familie Oexmann gehen sollte.³⁸⁷ Heinrich Oexmann ist offensichtlich nicht nur Pfelemers „Anwalt“, sondern auch in technischen Fragen sein Partner gewesen.

Privates von Pfelemer ist kaum bekannt. Heinz Thiele schreibt in „*Leben und Werk eines großen Ingenieurs*“:

Seine Ehe mit Agnes Rose Pfelemer geb. Hübel, österreichische Staatsangehörige wie er selbst, blieb kinderlos. Er überlebte zwar die schrecklichen Bombenangriffe im Februar 1945 auf Dresden, wurde dann aber am 29. August 1945 unter bis heute ungeklärten Umständen in dem Dresdner Vorort Radebeul von einem Lastauto überfahren und starb an den Folgen dieses Unfalls. Wo er seine letzte Ruhe fand, ist nicht bekannt. Seine Frau kehrte bald darauf ins heimatische Österreich zurück und wohnte in Wien.³⁸⁸

In den vorliegenden Dokumenten taucht Frau Agnes Pfelemer, mit Anschrift Wien XX, Universum-Straße 58,³⁸⁹ Ende Mai 1950 zum letzten Mal auf³⁹⁰ – der AEG-Pfelemer-Vertrag lief ja zum Jahresende 1950 aus.

Fritz Pfelemer, *Erfinder* des Magnetbandes? Die Technikhistorie sagt eindeutig ja, ungeachtet der Entgegnungen, Nichtigkeitsverfahren und erfolglos-unbekannten Vorerfindungen, die seine persönliche erfinderische Leistung überhaupt nicht berühren. Heinrich Kluth, journalistischer Förderer Pfelemers, fasst zusammen:

Pfelemer kommt unbestreitbar das Verdienst zu, durch seine praktischen Arbeiten und Versuche Anregungen gegeben zu haben, die außerordentlich fruchtbar waren.³⁹¹

Eduard Schüller, der viele dieser Anregungen aufgriff und umsetzte, würdigt Pfelemer:

Er war der geniale Erfinder, der dem Tonband Leben eingehaucht hat. Nicht phantasievolle Schreibtischgedanken hat er uns hinterlassen, sondern in zielstrebigem, fleißiger Kleinarbeit hat er die Grundlagen für ein technisches Wunder, für eine neue große Industrie geschaffen.³⁹²

Freilich bleibt offen, ob sich Pfelemer einer ganz besonderen Stärke seines Konzepts bewusst war. Er betonte nur das Naheliegende: anders als Draht oder Stahlband kann das Magnetband, sollte es einmal reißen, einfach über- oder hinterklebt werden. Wäre er aber mit der Spielfilmpraxis vertraut gewesen, hätte er wohl nachdrücklich darauf hingewiesen, in welchem Maße sich sein „*Lautschriftträger*“ zum Schneiden und Montieren anbietet,

also für gestalterische Maßnahmen, die weit über das bloße Reparieren hinausgehen. Außerdem kann das Magnetband, ist bei der Aufnahme ein Fehler unterlaufen oder die Aufzeichnung überholt, im Gegensatz zum fotografischen Film gelöscht und wieder verwendet werden – beachtliche Kosten lassen sich einsparen. Letztlich erwies sich jedoch als Erfolgsgeheimnis des „Magnetogrammträgers“ die klare Funktionstrennung zwischen dem magneto-elektrischen Informationsspeicher und dem Trägermaterial, das die mechanische Belastung aufnimmt: die beiden Komponenten lassen sich weitgehend unabhängig voneinander optimieren (was bei Stahlmedien erheblich schwieriger ist).

Zu den Absonderlichkeiten der Technikgeschichte gehört, dass DE 500 900 von vornherein an einem seidenen Faden hing. Fünf Wochen, bevor es Pflümer am 31. Januar 1928 anmeldete, nämlich am 20. Dezember 1927, war in den USA das Patent US 1,653,467 mit dem Titel „*Record for Reproduction Sound Tones and Action*“ eines gewissen Joseph A. O'Neill ausgegeben worden.³⁹³ Was wäre wohl die Folge gewesen, wenn – schnellere Kommunikation vorausgesetzt – das amerikanische Patent dem Prüfer im Reichspatentamt bekannt gewesen wäre?³⁹⁴ DE 500 900, dessen Erteilungsverfahren erst mit der Ausgabe am 26. Juni 1930 endete, hätte möglicherweise nicht veröffentlicht werden dürfen. Die AEG stellte folgerichtig während der Lizenzverhandlungen mit Blick auf O'Neill's Patent fest, dass DE 500 900 keinen allzu starken Schutz bot, und wurde in dieser Ansicht ausgerechnet von Siemens & Halske bestätigt: AEGs überlegener Konkurrent strengte 1934 ein Nichtigkeitsverfahren an, das 1936 mit der Berufungsverhandlung vor dem I. Zivilsenat des Reichsgerichts Leipzig endete: O'Neill's Schreibtischerfindung genoss Priorität, und DE 500 900 wurde aufgehoben.³⁹⁵ Wichtigstes Schutzrecht für das Magnetophon wurde daraufhin das bereits genannte DE 649 408 „*Magnetogrammträger*“, von der AEG und Pflümer am 9. September 1933 angemeldet. – Die AEG hat das O'Neill-Patent 1937 folgendermaßen charakterisiert:

Es ist ferner bekannt ..., zur Herstellung magnetischer Tonspuren auf einer nichtmagnetischen Unterlage, die z.B. aus Papier bestehen kann, eine Rippe aus einer Mischung magnetischer Teilchen mit einem geeigneten leitenden magnetischen Bindemittel herzustellen. Welcher Stoff hier als Bindemittel dienen soll, geht aus dieser Patentschrift nicht hervor. Außerdem enthält die Patentschrift keine Angabe über die Größe der metallischen Teilchen. Das in dieser Patentschrift beschriebene Verfahren hat niemals praktische Bedeutung erlangt.³⁹⁶

Noch kürzer O'Neill's Landsmann, der Magnetbandexperte Marvin Camras: „*O'Neill apparently did not develop his invention, and nothing more was heard from him*“³⁹⁷ – gut gesagt, aber nicht ganz richtig, denn von Joseph A. O'Neill sind weitere acht Patente bekannt,³⁹⁸ darunter „*Automatic disk record player*“, „*Talking picture record*“ und „*Motion picture apparatus combined with sound producers*“, als letztes aus dem Jahr 1936 ein „*Bank statement sheet and carbon separating apparatus*“, ein offenbar unverzichtbarer Gegenstand – vor der Anonymität hat ihn aber nur sein Patent US 1,653,467 bewahrt.

Familie Oexmann und das Patent DE 605 152

Die folgende Episode der Magnetbandgeschichte wäre kaum erwähnenswert, stünde in ihrem Mittelpunkt nicht ein Patent, das der AEG gewissermaßen „in den Schoß fiel“, was sie auch konsequent zu ihrem Vorteil auswertete. Am 19./20. September 1932 hatte nämlich Heinrich Oexmann, Kompagnon Pflümers in den Verhandlungen mit der AEG,³⁹⁹ eine Anmeldung eingereicht, die alle ferromagnetischen Carbonylmetalle für die magnetische Aufzeichnung unter Schutz stellte – zu dieser Zeit hatte die AEG im Lauf der Lizenzverhandlungen Pflümer und Oexmann mit den Poulsen- und O'Neill-Patenten konfrontiert.⁴⁰⁰ Die AEG erreichte einige Zeit später, dass die Anmeldung auf ihren Namen übertragen wurde, und zwar wegen „*widerrechtlicher Entnahme*“ – kaum umschriebener „geistiger Diebstahl“. ⁴⁰¹ Eduard Schüller, mit Oexmann persönlich bekannt, erinnerte sich, dieser habe in seinem eigenen Labor „*die ersten kurzen Stücke Film gegossen und beschichtet, lange bevor I.G. Farben die ersten Versuche machte*.“⁴⁰² Wie es bei diesem Sachstand zum Vorwurf der „Entnahme“ kam, ist nicht mehr nachvollziehbar. Allerdings hatte die AEG bereits im Herbst 1932 auch mit Carbonylisen- „*bestäubten*“ Versuchsbändern experimentiert,⁴⁰³ dies aber nicht als patentwürdig betrachtet.⁴⁰⁴ (Pflümer setzte bekanntlich auf Stahlpulver, später auch „Eisenmohr“, also Fe₃O₄). Jedenfalls wurde Patent DE 605 152, das immerhin „*der AEG generell die Verwendung von Carbonylisen für magnetische Aufzeichnung*“ schützt, ohne Erfinder-Nennung ausgegeben.⁴⁰⁵ Seltsam: ein Jahr später, am 18. September 1933, meldete Oexmann das inhaltsgleiche Schutzrecht „*Carrier for Magnetic Recording*“ in den USA an,⁴⁰⁶ und zwar ausdrücklich unter seinem Namen und dem Vermerk „*[Application] In Germany September 19, 1932*“ sowie einer Zeichnung, die eindeutig einen Querschnitt durch ein Schichtmagnetband zeigt. Als das amerikanische Patent am 19. Mai 1936 ausgegeben wurde, stand bei I.G. Farben der Wechsel zum Magnetit Fe₃O₄ kurz bevor, und so dürfte es nicht weiter beachtet worden sein.

Das wäre nur eine etwas sinistre Geschichte, handelte sie nicht vom ersten Magnetmaterial, das die industrielle Tonband-Produktion verwendete. Die Fakten belegen nämlich, dass die AEG, als sie im November 1932 auf I.G. Farben zukam, bereits eine Vorstellung davon hatte, wie man in Ludwigshafen vorzugehen hätte – locker gesagt, ist Carbonylisen-Magnetband also kein Ludwigshafener, sondern ein Berliner Vorschlag.⁴⁰⁷ Doch es waren andererseits auch die Ludwigshafener Chemiker, die mit besseren Pigmenten über Carbonylisenpulver hinausgingen und damit 1936 das DE 605 152 obsolet machten.

Heinrich Oexmann hat seit 1915 mehrere Patente angemeldet, die sich schwerpunktmäßig mit der nutzbringenden Verwendung von weniger geschätzten Materialien aus dem Landwirtschaftsbereich befassen. Mit den Brüdern Fritz und Herman Pflümer wurde er bereits 1919 bekannt (Seite 47), und so konnte Herman 1927 einschlägige Erfahrungen zu Oexmanns Arbeiten an Presskörpern beisteuern.⁴⁰⁸ Er schlug auch vor, feinstverteiltes

tierisches Horn zur Schallplattenproduktion zu verwenden⁴⁰⁹ und kam auf diesem Weg zu einer magnetischen Schallplatte für Diktate. Für sein Labor hatte er eine Matrice und eine Plattenpresse beschafft und presste darauf „Platten aus einem für Magnetogrammräger bekannten Gemisch von permanent magnetisierbarem Pulver mit einer nicht-magnetisierbaren filmbildenden Masse unter gleichzeitigem Eindringen von Führungsrillen oder Aufbringen von nicht-magnetisierbaren Führungsdämmen.“⁴¹⁰ Eduard Schüller hat 1933 eine Art Tonarm gebaut, mit dem er „schon ganz brauchbare Aufnahmen machen“ konnte.⁴¹¹ Auch Pfeumer versuchte sich auf diesem Gebiet, wie bereits dargestellt, wozu ihn vielleicht nachgelassene Versuchsgeräte Oexmanns angeregt haben mögen.

Damit ist das Kapitel Oexmann aber noch nicht abgeschlossen. Im März 1937 überraschte Veronika Oexmann, Witwe des wohl 1935 verstorbenen Heinrich Oexmann,⁴¹² die I.G. Farbenindustrie mit der Behauptung, eine Ludwigshafener Patentanmeldung sei in ihrer eigenen Anmeldung vom 28. November 1932 vorweggenommen,⁴¹³ deren Ansprüche tatsächlich eine Doppelerfindung vermuten lassen.⁴¹⁴ Die Sache zog sich länger hin, doch hatte Veronika Oexmann letztlich keinen Erfolg, ebenso wenig mit einem „frist- und formgerechten Einspruch ... wegen Nichtneuheit und mangelnder Erfindungshöhe“ gegen die I.G.-Anmeldung, der nur zu einigen Neuformulierungen in DE 678 086 führte.⁴¹⁵ Auf Veronika Oexmann lauten auch die Patente DE 639 096 und DE 663 728 über „schallplattenförmige Magnetogrammräger“.⁴¹⁶

Etappenweise muss sich Frau Oexmann den Ruf eines „Patentschrecks“ erworben haben, denn als sie Mitte 1941 der AEG vier Patentanmeldungen anbot, sprach Ludwigshafen ihnen barsch jeden praktischen Wert ab und ersuchte die AEG sogar, sie solle behutsam die vermuteten „Hintermänner“ herausfinden, um Veronika Oexmann davon abzubringen, „immer wieder ... durch Patentanmeldungen in das Gebiet der magnetischen Tonaufzeichnung einzudringen.“⁴¹⁷ Als Rechtsnachfolgerin Fritz Pfeumers erscheint, zusammen mit seiner Witwe, „Frau von Haken verw. Oexmann“ im Februar 1946 wieder, um Lizenzangelegenheiten mit der AEG zu klären, wobei es vor allem um den tatsächlichen technischen Wert des Pfeumer-Patents DE 649 408 ging. Auch Kurd von Haken, ihr zweiter Ehemann, scheint ein Faible für die Magnetrontechnik gehabt zu haben; ihm wurden 1949 und 1950 zwei einschlägige Patente erteilt.⁴¹⁸ Der Beitrag zur Magnetspeichertechnik von Frau Veronika geb. Daltrop, verw. Oexmann, verh. von Haken, noch 1950 wohnhaft in Murnau, ist damit abgeschlossen.

Die AEG auf Magnetton-Neulandsuche

Die „Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft“, nach Siemens & Halske jahrzehntelang der zweitgrößte deutsche Elektrogerätehersteller, entstand 1887 durch Umbenennung ihrer 1883 gegründeten Vorgängergesellschaft „Deutsche Edison-Gesellschaft für angewandte Elektrizität“. Das Unternehmen wuchs bald zu einem bedeutenden Konzern heran, zu dessen Produktionsprogramm der Bau von Kraftwerken, elektrischen Lokomotiven (ein AEG-Versuchstriebwagen stellte 1903 mit 210 km/h einen Geschwindigkeitsweltrekord auf) ebenso gehörten wie die Fertigung von Elektrokabeln, Funktechnik, Ausrüstungen für Schiffe, Kraftfahrzeuge und Flugzeuge. Von den Werksleitern ist vor allem ein Sohn des Gründers Emil Rathenau, Walther, als Politiker, Schriftsteller und seit 31. Januar 1922 als fähiger Reichsaußenminister bekannt geworden (er wurde am 24. Juni 1922 von Rechtsradikalen ermordet).

Am 3. Oktober 1897 eröffnete die gerade zehn Jahre alte AEG das Kabelwerk Oberspree (KWO) in Berlin-Oberschöneweide,⁴¹⁹ in dem vor allem Telegraf- und Telefonkabel gefertigt wurden, aber auch Transformatoren und Turbinen / Generatoren; hier entstanden die AEG-Automobile Typ NAG (Nationale Automobil Gesellschaft AG), Rennwagen ebenso wie die damaligen Doppeldeckerbusse der Berliner Verkehrsbetriebe. Auch ein Wohnhaus der Familie Rathenau stand auf dem Gelände. So war es naheliegend, hier am 1. März 1912 ein Versuchslaboratorium einzurichten, das die Lieben-Röhre produktionsreif machen sollte. Aus der gasgefüllten Glühkathodenröhre entstanden die Hochvakuumröhren, die im Mai 1914 in einem ersten Niederfrequenzverstärker arbeiteten, Oberlin Smith's 34 Jahre früher gesuchtem „X“. Zwei Jahre später, also mitten im Ersten Weltkrieg, folgte das erste Funkgerät.

Als Hermann Bücher im Februar 1928 in den Vorstand der AEG berufen wurde,⁴²⁰ hatte die Firma trotz des Wirtschaftsbooms zwischen 1925 und 1928 kaum die Spätfolgen des Ersten Weltkrieges und unternehmerischer Fehleinschätzungen aus den zwanziger Jahren überwunden, als auch schon die Weltwirtschaftskrise einen neuen, überaus gefährlichen Rückschlag brachte⁴²¹ und zwangsläufig auch die AEG traf: sie hatte 1932 / 1933 mit 24.000 Mitarbeitern nur rund ein Drittel der 65.000 Beschäftigten von 1927 / 1928;⁴²² ebenso konnte die AEG zwischen 1931 und 1933 so gut wie keine Investitionen tätigen. In den Jahren 1925 bis 1933 wurden wiederholt Fusionen von Siemens-Betrieben mit der AEG wegen der schwierigen wirtschaftlichen Lage diskutiert.⁴²³ Mit ihren traditionell starkstromorientierten Produktionsschwerpunkten, etwa Generatoren und Elektromotoren, war die AEG besonders gefährdet, und daher wollte Bücher das AEG-Angebot um Haushaltsgeräte und Erzeugnisse für die Nachrichtentechnik erweitern.⁴²⁴ Lukrative Aufträge in der Fernsprechtechnik vergab vor allem das mächtige Reichspostzentralamt (RPZ), maßgebliche Technik-Behörde des Reichspostministeriums, wovon bisher vor allem etablierte Firmen wie Siemens & Halske (von Haus aus eher ein Schwachstromunternehmen) profitiert hatten. Wollte AEG teilhaben, musste die Abteilung Fernmeldewesen (Fm), vor allem deren Laboratorium für Fernsprechtechnik (Fernmeldelabor, Fm/Lb) im Kabelwerk Oberspree, überzeugende Innovationen anbieten.

Der erste Magnetton-Anlauf der AEG

Um 1930 bekam die AEG einen Auftrag des Reichspost-Zentralamtes (RPZ), zuverlässige Messverfahren zur Beurteilung von Leistungsdaten der im KWO produzierten Fernsprechkabel auszuarbeiten, also herauszufinden, welche Methode – zum Beispiel die Messung der Silbenverständlichkeit, von Verzerrungen/Klirrfaktoren oder frequenzabhängige Laufzeitmessungen und anderes mehr – sicher reproduzierbare Ergebnisse lieferte. Theo Volk, Leiter des Fm/Lb, und Richard Keller hatten sich ein Iterationsverfahren überlegt, das heißt, sie wollten Prüfsignale mehrfach hintereinander über Telefonkabel- und Verstärker-Ketten schicken und nach einer bestimmten Zahl von Durchgängen die dann „aufgelaufenen“ Verzerrungen messen. Voraussetzung dafür war eine „Klangaufzeichnungs- und Wiedergabevorrichtung“, die möglichst keine eigenen Störungen in die Messung bringen durfte. Robert Goldschmidt und Richard Keller hatten Versuche begonnen, die neben der damals gerade aufgekommenen optischen Aufzeichnung aus der Filmtechnik auch magnetische Verfahren einschlossen. Theo Volk war optimistisch genug, im März 1930 für die Prüfsignale eine „Klangaufzeichnungsvorrichtung“ patentieren zu lassen,⁴²⁵ die vorzugsweise mit Endlosschleifen aus Stahldraht oder -band als elektromagnetisches Speichermedium arbeiten sollte, ersichtlich ohne Vorstellung davon, welche Mixtur von Störungen er sich damit einhandelte (als „Magnetköpfe“ zeigt die Patentschrift einfache Elektromagnete). Besseren Erfolg versprach man sich nun von eisenpulver-beschichtetem Papier⁴²⁶ – ob als eigene Idee oder aufgrund der Kenntnis anderer Erfindungen (Pfleumers Patent DE 500 900 erschien am 26. Juni 1930), muss offen bleiben.

Wie aber kam Stahl- beziehungsweise Eisenpulver in ein Fernsprechlabor? Die AEG wie auch Siemens hatten jahrelang daraus Spulenkern für Pupin-Spulen hergestellt, einem in allen Fernsprechnetzen unverzichtbaren Bauteil. Denn über welche Distanzen per Telefon „Ferngespräche“ beziehungsweise „long distance calls“ geführt werden können, hängt von den Ansprüchen an die Verständlichkeit ab und den elektrischen Verlusten, die in Telefonkabeln entstehen.⁴²⁷ 1899 hatte der 1858 geborene Mihajlo Idvorsky Pupin, später (seit seiner Professur an der Columbia University New York) Michael Pupin, berechnet, dass in regelmäßigen Abständen eingefügte Selbstinduktionsspulen die Reichweite von Fernsprechkabeln beträchtlich erhöhen. Diese „Pupin-Spulen“ wurden also, entprechend dem internationalen Ausbau des Telefonnetzes, bald in riesigen Stückzahlen benötigt.⁴²⁸ Was in den kompakten Spulenkernen nicht besonders auffiel, störte die AEG allerdings beim Aufbringen in dünnen Lagen: mit Stahlpulver war eine magnetisch einheitliche, „homogene“ Schicht kaum zu erreichen – wie Volk herausfand, wegen des ungleichmäßigen Abkühlens der einzelnen Körner. Bei I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Werk Ludwigshafen hatte man nun 1924 entdeckt, dass Carbonyleisenpulver mit Stahlpulver durchaus konkurrenzfähig, nach gezielter Entwicklungsarbeit (und Produktion im Tonnenmaßstab) sogar eindeutig überlegen war – und die AEG fertigte Pupinspulenkern seit 1929 nur noch mit diesem hochmodernen Material.⁴²⁹

Jedenfalls beschichtete das Fernmeldeabor 5 mm breite Papierstreifen, wie sie das KWO zur Hohlraumisolierung von Tiefseekabeln benutzte, längere Zeit mit Eisenpulver – ohne positives Ergebnis. Schließlich beschaffte man als Signalspeicher eine Dailygraph-Diktiermaschine,⁴³⁰ die aber ebenfalls nicht die geforderte Qualität lieferte. 1931 wandte sich die AEG auf der Suche nach einem besseren Verfahren an die I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, was sich in der gemeinsamen Patentanmeldung „Magnetisierbarer Bandträger für Schallaufzeichnung und Wiedergabe und Verfahren zu seiner Herstellung“ vom 18. Juli 1931 niederschlug.⁴³¹

Leider bleibt im Dunkeln, wieso die später so erfolgreiche Zusammenarbeit der beiden Firmen in Sachen Magnetspeichertechnik mit einem Fehlstart begann, denn die nur ein einziges Mal erwähnte Anmeldung führte zu keinem Patent, Unterlagen sind nicht mehr aufzufinden, und bei den weiteren Versuchen der AEG hat sie auch keine erkennbare Rolle gespielt. Dass sich die AEG mit I.G. Farben zusammentat, kann nur bedeuten, dass sie auf ein Erzeugnis der Ludwigshafener Produktpalette setzte; dass die Anmeldung erfolglos blieb, dürfte ein Hinweis darauf sein, dass ihr Inhalt (patentrechtlich) zumindest teilweise bekannt war – vielleicht kollidierte die Anmeldung von 1931 schon mit Pfelemer-Patenten?

Denkbar ist, dass man auf die damals aufgekommene thermische Bedampfung von „Lackfolien“ mit Metallcarbonylverbindungen (in Betracht kommen Nickel und Eisen) oder sogar die Produktion von „Metallfilme(n) beliebiger Stärke“ gesetzt hat⁴³² – solche Folien dürften aber die mechanischen Belastungen der Tonaufzeichnung (Bandzug, Reibung) kaum ausgehalten haben. Andererseits muss Theo Volk, der auch an Pupinspulen arbeitete,⁴³³ das Carbonyleisenpulver gekannt haben. Es hätte sich also angeboten, auch magnetisierbare Bänder damit zu beschichten, denn hier versprach es aufgrund seiner chemischen Herstellungsweise eine bessere Homogenität.⁴³⁴ Die Sachlage bleibt unklar, weil es weder von AEG noch von I.G. Farben verlässliche Nachrichten darüber gibt, was sie zwischen Sommer 1931 und Frühjahr 1932 in Sachen Magnetspeichertechnik unternommen haben. Immerhin scheint sich die AEG einen schutzrechtlichen Anspruch auf Carbonyleisen gesichert zu haben, denn als Heinrich Oexmann sein Patent DE 605 152⁴³⁵ angemeldet hatte (es sicherte die Priorität zum Verwenden ferromagnetischer Metallcarbonyle für die magnetische Schallaufzeichnung, siehe Seite 52), wurde es wegen „widerrechtlicher Entnahme“ auf die AEG überschrieben.

Diese Episode der Magnetton-Entwicklung ist hier breiter dargestellt, weil sie beweist, dass die AEG – I.G.-Partnerschaft schon ein Jahr früher begonnen hat als lange Zeit angenommen. Das für sich genommen vielleicht nicht tragfähige Indiz, nämlich die in einem I.G. Farben-Dokument gewissermaßen nur als Fußnote erwähnte, freilich eindeutig betitelte Anmeldung „Magnetisierbarer Bandträger für Schallaufzeichnung und Wiedergabe und

Verfahren zu seiner Herstellung“, wird nachdrücklich gestützt von einem Fingerzeig Richard Kellers, festgehalten von Eduard Schüller, nach dem die AEG schon *vor* der Kontaktaufnahme mit Pfeumer an magnetisierbaren Bändern gearbeitet hat.⁴³⁶ Alle weiteren Fragen – etwa, warum der erste Anlauf nie wieder erwähnt wurde, warum Volk bis 1934 vorwiegend mit Pfeumers Stahlpulver-Band arbeitete und nur Ludwigshafen ein Carbonyleisen-Band entwickelte, oder ob Friedrich Matthias das frühere Projekt kannte – führen nur zu unsicheren, nicht mehr nachprüfbaren Spekulationen.

Etwas besser gesichert ist die Beteiligung eines Wissenschaftlers, der überwiegend als Foto- und Filmtechniker bekannt ist: Dr.-Ing. Hans-Hermann Atorf (1906 – 1977). Seiner Ausbildung entsprechend – er studierte Fernmeldetechnik und promovierte mit einer Arbeit über *„Die zeitliche Desakkomodation kleiner symmetrischer und unsymmetrischer Hystereseschleifen“* – arbeitete er ab 1931 im Fernmeldelabor des AEG-Kabelwerks Oberschöneweide. Zu seinen Aufgaben gehörten auch Untersuchungen an Pfeumers Papier-Magnetband, er müsste also in der Nähe von Theo Volk und Richard Keller zu suchen sein. So kurz Atorfs Betätigung dort auch gewesen sein mag, ist sie doch ein weiterer Datierungsbeweis für das Interesse der AEG an der Magnetbandtechnik schon vor 1932. Die Frage bleibt, welchen Beitrag Atorfs fachliche Kapazitäten für die weitere Entwicklung wohl hätten bringen können.

Er wechselte nämlich schon 1933 zur Firma Klangfilm über, die ihm das Gebiet Tonfilm-Aufnahmeverstärker und Geräte für die Umspielung von 35 mm- auf 16 mm-Tonfilm übertrug. Ab 1934 bis Kriegsende war er „Referent für Lehrfilmwesen im Reichsluftfahrtministerium“. 1949 kam er wieder in Berührung mit der Magnetbandtechnik als Leiter eines Labors, in dem auch der schon 1933 zu Eduards Schüllers Arbeitsgruppe gehörende Heinrich Fanselow wieder zu finden ist; dieser wechselte übrigens zum Funkwerk Ost-Berliner VEB Funkwerk Köpenick (der ehemaligen GEMA).⁴³⁷ Atorf arbeitete also eher sporadisch mit Magnetdatenträgern, seinen Namen als Wissenschaftler hat er sich, wie gesagt, in der Foto- und Filmtechnik gemacht. In der Zeitschrift KINO-Technik veröffentlichte er 1955 zwei sozusagen enzyklopädische Arbeiten, *„Elektronische Bildaufzeichnung in der Filmtechnik“* und *„45 Jahre Fernbildübertragung mit Magnetbandtechnik“* (gemeint: Magnetträger-Technik), hat also die Verbindung zu seiner ersten Berufstätigkeit nie ganz verloren.⁴³⁸

Wie Theo Volk den RPZ-Auftrag schließlich erledigte, ist nicht bekannt, doch arbeiteten Richard Keller und er mutmaßlich nach Dienstschluss und mehr aus privatem Interesse an der magnetischen Aufzeichnungstechnik weiter.⁴³⁹ Das Thema lag schließlich in der Luft: Die Dailygraphs und bald darauf die Textophone zeigten, dass Diktiergeräte, ob mit Wachs- oder magnetischen Tonträgern, einen interessanten Markt versprachen (1935 sollen in den USA 1 Million Wachsplatten-„Diktaphone“ verkauft worden sein;⁴⁴⁰ das Gerät der Echophon AG galt vereinzelt wegen *„mangelnder Verständlichkeit“* als unbrauchbar⁴⁴¹). Einschlägige Siemens-Patente (Seite 45) signalisierten Aktivitäten der Konkurrenz, 1931 erschienen Presseberichte über Pfeumers Errungenschaften (Seite 49), dann 1932 in dichter Folge drei Arbeiten zur Magnetspeichertechnik, die jahrelang als Referenzpublikationen galten, verfasst von hervorragenden Diplomanden und Doktoranden (Seite 45). Schließlich war auch das innerbetriebliche Klima bei der AEG ehrgeizigen Projekten günstig, da Hermann Bücher neue Geschäftsfelder suchte und gerade in der Magnetspeichertechnik große Chancen sah (Seite 53). Alles in allem: ein vielversprechendes Arbeitsgebiet und beste geschäftliche Chancen. Spätestens bei diesem Stand der Versuche muss das Fernmeldelabor von Fritz Pfeumers Arbeiten (Seite 47) erfahren haben. Eine erste Probe des Pfeumer-Bandmaterials, laut Schüller wegen des groben Eisenpulvers wohl eher als Schmirgelpapier geeignet,⁴⁴² hatte Richard Keller vermutlich von einem Besuch in Dresden mitgebracht, doch schon dieses Material war den bisherigen AEG-Produkten überlegen. Wer also mit bandförmigen, beschichteten Trägern weiterarbeiten wollte, kam jetzt um die einschlägigen Patente und entsprechende Lizenz-Vereinbarungen nicht mehr herum – folgerichtig kam Pfeumer Mitte 1932 mit der AEG ins Geschäft.

Während diese Verhandlungen in die entscheidende Phase kamen, nämlich zwischen Oktober und Weihnachten 1932, meldeten Keller und Volk Patente auf einige eher unerhebliche Erfindungen an, die sich nicht auf das Magnetband, sondern auf Aufnahmeköpfe, also elektromagnetische Wandler, bezogen – mit einer Ausnahme:⁴⁴³ das Patent DE 649 596 vom 1. Dezember 1932 schützt eine magnetisch gesteuerte Auftragsvorrichtung, die eine *„magnetisch homogene“* Eisenpulverschicht auf Papierband dadurch zuwege brachte, dass nach dem ersten Durchlauf Ungleichmäßigkeiten der Pulverschicht mittels eines zweiten Ausgleichs-Auftrags kompensiert wurden.⁴⁴⁴ Hatte Volk zunächst gehofft, er brauche das *„vorher zweckmäßig mit Klebstoff versehene“* Papierband nur zwischen einer Pulverschicht und einem Magneten durchzuziehen, was auch eine vorteilhafte magnetische Ausrichtung der Teilchen gebracht hätte,⁴⁴⁵ musste er bald mehr Aufwand treiben: Von zwei Gummiwalzen gleichmäßig gezogen, seitlich von Messingplatten geführt, lief ein etwa 10 cm breites Isolierfolienband unter einer keilwannenförmigen Gießvorrichtung durch, an die die Folie mit einem Filzpolster angedrückt wurde. Die Gießmasse trat aus einem schmalen Schlitz aus, sie bestand im Wesentlichen aus Magnetpulver und dem flüssigen Klebstoff Cohesan,⁴⁴⁶ dazu noch einem Schuss Spiritus gegen zu rasches Austrocknen. Die Vorratsflasche für die Gießlösung rotierte auf angetriebenen Gummirollen, damit sich das Magnetmaterial nicht vom Klebemittel absetzte. Die Gießbreite lag bei 8 – 10 mm, getrocknet wurde mit Warmluft in einem Holzkasten. Aus den verhältnismäßig kurzen Rollen wurde dann eine 5 – 6 mm breite begossene Bahn ausgeschnitten und in mehreren Längen hintereinandergeklebt.⁴⁴⁷ Als Magnetmaterial diente Stahlpulver der Hartstoff-Metall-A.-G. (Hametag) in Berlin-Köpenick, die nach einem patentierten Verfahren flüssigheißes Messing und Kupfer, *„ja sogar Eisen“*, in einem

Gasstrom zerstäubte.⁴⁴⁸ So lange die Ludwigshafener Entwickler noch keine genügende Kapazität aufgebaut und qualitativ nicht zu den Pfeumer-Bändern aufgeschlossen hatten, mussten die AEG-Techniker ihr Versuchsmaterial auf diese Weise selbst herstellen.

Seine Versuchsbänder prüfte Volks Arbeitsgruppe auf einer „Endlosapparatur“, einer einfachen Versuchsanordnung:⁴⁴⁹ über zwei als Schwungräder ausgebildete Scheiben, in einigem Abstand voneinander aufgestellt, lief das Band mit wählbarer Geschwindigkeit. Ein solcher Aufbau, den Theo Volk schon 1930 in seinem Patent DE 537 857 beschrieben hatte, kam mit verhältnismäßig kurzen Bandproben aus – bei der AEG mit 12 m Länge bei 6 mm Breite – und bot Platz genug, um mit diversen Bauformen magnetischer Wandler und Löscheinrichtungen zu experimentieren.⁴⁵⁰

Hermann Bücher (1882 – 1951)

Hermann Bücher ist meist nur aus seiner Zeit als Vorsitzender des Vorstandes der AEG (1931 – 1946) bekannt, seiner bedeutendsten Position. Seine Laufbahn zeigt ihn nach dem Studium der Nationalökonomie und der beschreibenden Naturwissenschaften in Berlin und Leipzig 1905 bis 1914 als Beamten beim Gouvernement der deutschen Kolonie Kamerun, auf Reisen zum Studium der tropischen Agrikultur in Indien, Sumatra, Java und der ganzen Südsee, dann zwischen 1915 und 1918 als Berater türkischer Ministerien.



1919 trat er als Vortragender Rat und Geheimer Regierungsrat eine Stellung im Außenministerium an, wechselte aber bereits 1921 zum Präsidium des Reichsverbandes der Deutschen Industrie. Zwischen April 1925 und Ende 1927 / Anfang 1928 fungierte der Dr. phil., Dr. oec. Publ. h.c., Wirkliche Legationsrat a. D.⁴⁵¹ Bücher als Wirtschaftsberater der neugegründeten I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft (Berlin), bis er im Februar 1928 in den Vorstand der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG) berufen wurde,⁴⁵² zu dessen Vorsitzenden er 1931 aufstieg.

Obwohl die Firma sehr unter alten und aktuellen Problemen litt, engagierte er sich für langfristige Entwicklungen, wie 1932 die Gründung des Fernmeldebüros (Fm/Lb) im Kabelwerk Oberspree und 1935 des Zentrallaboratoriums der AEG.⁴⁵³ Nach Ende des Zweiten Weltkrieges aus seiner Stellung entlassen, rehabilitierte ihn der Hamburger Zentral-Entnazifizierungsausschuss im November 1946. Bücher war danach Vorsitzender des Aufsichtsrats der AEG und an der Entflechtung der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft beteiligt.⁴⁵⁴

Anders als von Wilhelm Gaus ist von Büchers eigener Hand nur eine späte und in Teilen widersprüchliche persönliche Äußerung dokumentiert, warum er sich für die Pfeumer-Erfindung „Lautschriftträger“ einsetzte. Bücher gibt hier an, er selbst habe Gaus als „gegebene Autorität auf dem Gebiete des Eisenpulvers“ wegen der Zusammenarbeit in Sachen Magnetophonband angesprochen.⁴⁵⁵ Sicher kannten sich Gaus und Bücher gut, spätestens seit Büchers Zeit als I.G.-Wirtschaftsberater, und das jahrelang eingehaltene „Gaus-Bücher-Ab-

kommen“ bestätigt ihr enges Vertrauensverhältnis. – Hermann Bücher starb 1951 in Frankfurt.

AEG: Motive eines Engagements, Erfolgs-Einschätzung und -Aussichten

Auch wenn heute nicht mehr alle Einzelschritte nachvollziehbar sind, steht fest: nachdem Pfeumer im Juli 1932 mit der AEG vereinbart hatte, hier den Wert seiner Patente bis zum 1. Dezember 1932 zu erkunden, war klar, dass ein Übereinkommen mit dem Erfinder unumgänglich war, wollte man tatsächlich mit einem eigenen Magnetton-Erzeugnis auf den Markt kommen. Also unterzeichneten Fritz Pfeumer und Herren der AEG am 28. November 1932 den schon mehrfach genannten Vertrag mit der Nummer 1621.

Waren es aber nur die Aussichten auf dem Diktiergeräte-Markt, derentwegen die AEG einen – übrigens gut dotierten – Lizenzvertrag mit einem unbekannten Erfinder abschließen wollte, der mit seinem zweifellos neuartigen Magnettongerät bislang weder besondere Erfolge verbucht noch anderswo Interesse gefunden hatte? Die AEG hat ihre Gründe seinerzeit nirgends fest umrissen niedergelegt, und so sei aus der oben aufgeführten Sammlung das vielleicht entscheidende Indiz noch weiter ausgeführt: die Gesamtsituation der AEG im Auge, wollte Hermann Bücher zusätzlich zum Sektor Starkstromtechnik vor allem die Schwachstromtechnik – später Fernmelde- beziehungsweise Nachrichtentechnik, heute IT (Informationstechnik) genannt – und das Warengeschäft, die „Consumer Electronic“, stärken. Dazu schreibt Eduard Schüller:

Das erstere war sehr schwierig. Es gab mehrere Anläufe und Fehlschläge. Die Konkurrenz der alteingeführten Firmen, die gut zusammen hielten und durch persönliche Verbindungen besten Kontakt mit dem großen Kunden, der Deutschen Reichspost, hatten, war hart. Auch für das Warengeschäft waren die Zeiten um 1930 schlecht wegen der Weltwirtschaftskrise. Aber unermüdlich suchte Geheimrat Bücher nach neuen Möglichkeiten. Im Tonbandgerät sah er die Möglichkeit für ein großes Geschäft. Es gehörte zur Schwachstromtechnik und gleichzeitig zum Warengeschäft. Wieviel einfacher und physikalisch sauberer war dies Verfahren gegenüber der mechanisch geschnittenen Schallplatte oder gegenüber dem optisch-chemischen Prozeß beim Tonfilm! Dazu kam die Verbindung mit der Chemie, für die er noch immer ein großes Interesse hatte.⁴⁵⁶

Für Büchers Vorstellungen von einem solchen Markteinstieg war ein neues Produkt, das kein Mitbewerber anbieten konnte, natürlich optimal; diesem seinen Lieblingskind blieb er bis zu seinem Tode 1951 treu. Auch der Leiter des AEG-Warenvertriebs, ein Herr Pfeffer, befürwortete das Projekt. Wegen der Schwäche des Warengeschäftes in jenen Jahren der Weltwirtschaftskrise schwebte ihm allerdings ein „Apparat“ vor, der für RM 100 verkauft werden sollte und mit dem etwa *„eine Mutter ihrem Sohn gesprochene Grüße in die USA schicken könnte“*. Bekanntlich war zu jener Zeit durch den unvergleichlichen Siegeszug der Rundfunktechnik, der (elektrisch geschnittenen) Schallplatte und des Tonfilms das allgemeine Interesse für technische Lösungen, aber auch für technische „Spielereien“, sehr groß geworden. Als Kriterium dafür kann der Markt für „Bastler“ gelten; es gab fast unglaublich viele Anleitungen. Wer eben konnte, baute sich sein eigenes Radio – und wenn es nur ein „Detektor“ oder ein „Audion“ war. Große Firmen hatten sogar anspruchsvolle Apparate in ihren Programmen; etwa die Firma Dralowid ein Gerät zum Selbstschneiden von Schallplatten. Auch die AEG hatte schon einen Anlauf zu einem Heimgerät unternommen, das die Tonaufzeichnung in eine weiche Aluminiumfolie drückte. Man wollte alle diese neuen Techniken aber nicht nur benutzen, sondern mit ihnen arbeiten oder an ihnen werken und dadurch besser verstehen. Albert Einstein hat diese Einstellung gut getroffen, als er 1930 in seiner Eröffnungsrede zur Funkausstellung die „reinen“ Nutzer moderner Technologien ansprach: *„Sollen sich auch alle schämen, die gedankenlos sich der Wunder der Wissenschaft und Technik bedienen und nicht mehr davon geistig erfaßt haben, als die Kuh von der Botanik der Pflanzen, die sie mit Wohlbehagen frißt.“*⁴⁵⁷

In welchem Stadium Bücher von den Verhandlungen mit Pfeumer erfuhr,⁴⁵⁸ ist nicht bekannt. Er scheint schnell vom Wert der Pfeumer-Patente überzeugt, wohl auch von seinem Tonbandgerät selbst fasziniert gewesen zu sein. Vielleicht sah auch er, wie von Pfeumer im britischen Patent GB 333,154 skizziert, als fernes Ziel den Tonfilm: das hätte sich mit dem Geschäftsfeld der am 8. Oktober 1928 gegründeten AEG-Siemens-Tochter Klangfilm G.m.b.H. gut vertragen,⁴⁵⁹ zumal zur Kinematographenfabrik der AEG leistungsfähige feinmechanische Werkstätten gehörten (Chefkonstrukteur war in diesen Jahren der hochverdiente Emil Mechau⁴⁶⁰). Letzten Endes wird Büchers unternehmerischer Instinkt den Ausschlag gegeben haben, der AEG die Pfeumerschen Ansätze für eine Fertigung im industriellen Maßstab zu sichern, und damit auf dem Höhepunkt der Weltwirtschaftskrise den erhofften besseren Zeiten mit etwas Grundlagenforschung entgegenzuarbeiten. Dass er zu diesem Zeitpunkt überhaupt für ein Projekt mit absehbar hohem Entwicklungsaufwand votierte, unterscheidet ihn vorteilhaft von einem auf kurze Sicht agierenden „Manager“ modernen Zuschnitts.

Folgerichtig musste die AEG aber auch das professionelle Herstellen des kompletten „Schallträgers“ organisieren – eine Aufgabe, die freilich eher zu einem Chemiebetrieb als zu einem Elektrokonzern zu passen schien. Wie im Kinefilm-Gebiet, war Arbeitsteilung angesagt: die AEG wollte Laufwerk, Verstärker und Wandler selbst entwickeln, den Informationsträger dagegen einem Partner überlassen. Und wer kam da eher in Frage als der Carbyloisen-Hersteller I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, mit der man schon 1931 einen ersten Versuch gestartet hatte?

I.G. Farben, Magnetton-Partner der AEG

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft (kurz I.G.) war ein 1925 gegründeter Verband der einflussreichsten Chemiewerke in Deutschland mit einer effizienten Organisation, die Aufgabenabgrenzungen zwischen den Mitgliedern ebenso einschloss wie einen institutionalisierten technischen Informationsaustausch. Zur Spitzengruppe zählten Betriebe, die vor 1925 als Badische Anilin- und Sodafabrik (BASF), Ludwigshafen am Rhein, als Farbenfabriken Bayer, Leverkusen und als Agfa (Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation), Berlin, bekannt waren. Agfa betrieb in Wolfen nördlich Leipzig, etwa in der Mitte Deutschlands, außer einer großen Farbenfabrik auch die Filmfabrik, aus der die weltbekannten Agfa-Filme kamen. Nach 1945 wurde der Konzern I.G. Farben AG auf alliierte Anordnung aufgelöst.

Wie die AEG, so traf die Weltwirtschaftskrise der 1930er Jahre auch das Werk Ludwigshafen der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft. Das zeigte sich nicht zuletzt bei den Forschungsaufwendungen, die zwischen 1929 und 1932 auf ein knappes Drittel des vorherigen Standes zurückgingen, noch drastischer bei den Neuanlagen: hier schrumpften die Ausgaben zwischen 1927 und 1932 um 90 %. Um weniger Leute entlassen zu müssen, ging man von der üblichen 48-Stunden-Woche auf die Fünf-Tage-Woche mit 40 Arbeitsstunden über. Als auch das nichts half, beurlaubte die Werksleitung einen Teil der Arbeiterschaft für jeweils sechs Monate ohne Lohnfortzahlung, allerdings mit der Garantie auf Wiederbeschäftigung. Trotzdem: I.G. Farben, größter Arbeitgeber der Region, musste ihre Belegschaft zwischen 1929 und 1932 von 24.500 auf 11.600 Mitarbeiter verringern.⁴⁶¹

Carbyloisen war eines unter tausenden von Produkten der I.G. Farben Ludwigshafen. Aus diesem pulverfeinen, kugeligen Reineisen wurden seit 1925 im Tonnenmaßstab Pigmentfarbstoffe, zeitweise Antiklopfmittel für Treibstoffe, bevorzugt aber Pupin- und Hochfrequenz-Spulenkerne gefertigt, wofür es unter anderem auch die AEG seit 1929 verwendete.⁴⁶² I.G. Ludwigshafen besaß also ein fortschrittliches magnetisches Pigment, das sie in engen Kontakt mit der aufstrebenden Nachrichtentechnik (damals „Schwachstromtechnik“) gebracht hatte und zudem, was im Folgenden ebenso wichtig werden sollte, Erfahrung mit der Verarbeitung von feindispersen Pigmenten zu Lacken, den so genannten „Echtdeckfarben“ des Lederfärbemittel-Bereichs.

War Carbyloisen für eine „Farben“-Fabrik ein eher ungewöhnliches Produkt, liegen die Echtdeckfarben wieder in einem Hauptfeld ihrer Produktpalette; es verblüfft aber, dass entsprechende Fertigungs-Kenntnisse

selbst in die Magnetophonband-Entwicklung eingeflossen sind. Echtdeckfarben sind seit August 1924 gefertigte Lederfärbemittel,⁴⁶³ zelluloidartige Massen (Dispersionen) aus Pigmenten in feinsten Verteilung, Cellulosenitrat, Weichmachern und Lösemitteln zum Aufspritzen. Soweit feststellbar, waren Echtdeckfarben das erste Produkt, das mechanisch mittels „Verwalzen“ verarbeitet wurde. Das Komponenten-Gemisch lief mehrfach durch stets enger gestellte Walzen, die es gründlich durchwalkten. So entstand nach und nach eine homogene „Walzmasse“, in der die Pigmentteilchen gleichmäßig verteilt und vollständig vom Bindemittel umhüllt waren. Anschaulich beschreibt ein Bericht von 1935 den für Carbonyleisen als „Pigment“ modifizierten Herstellgang:

2,16 kg dieses Lackes [Cellit L, Palatinol O, Aceton] werden mit 16 kg Carbonyleisenpulver P (gesiebt durch 16 900 Maschensieb) und 1 kg Methylglykol in einer Flasche vermischt. Die Mischung gibt man auf die Walze und walzt 15 Minuten bei 4 mm Walzenabstand ohne abzustreifen durch. Nach 15 Minuten ist der Hauptteil des Lösungsmittels verdunstet, es bildet sich ein zusammenhängendes Walzfell, das mit dem Abstreifer von der Walze abgelöst wird.

Der Walzenabstand wird nun auf 2,5 mm eingestellt und das Walzfell 140 mal durch die Walze geschickt. Da die Walzmasse allmählich trocken wird, wird

nach der 25. Walzung	200 ccm G M. ⁴⁶⁴
nach der 50. Walzung	200 ccm G M.
nach der 100. Walzung	100 ccm G M. zugefügt.

Diese 140 Walzungen erfordern bei Benutzung einer Walze von 395 mm Walzendurchmesser und einer Geschwindigkeit von 9 Umdrehungen pro Minute ca. 1½ h. Dann verringert man den Walzenabstand auf 1,5 mm und walzt die ganze Walzmasse einmal durch. Das Walzfell, das fast trocken ist, wird in kleine Stücke zerbröckelt und 24 Stunden an der Luft getrocknet. Die fertige Giesslösung erhält man durch Lösen von 10 kg Walzmasse in 1,5 kg Aceton (auf der Schüttelmaschine). Die Giesslösung wird kurz vor ihrer Verwendung durch ein 5000 Maschensieb filtriert.⁴⁶⁵

Wilhelm Gaus (1876 – 1953)

Wilhelm Gaus wurde am 26. Oktober 1876 in Braunschweig geboren und studierte seit 1896 Chemie in Braunschweig, Berlin und Breslau, wo er auch als Assistent für physikalische Chemie arbeitete. Am 12. März 1902 trat er in die Badische Anilin- & Soda-Fabrik ein. 1925 wurde er als Gründungsmitglied in den Vorstand der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft berufen.⁴⁶⁶ Von Carl Bosch übernahm er 1931 die Leitung der Betriebsgemeinschaft Oberrhein und war damit bis zu seiner Pensionierung 1937 Leiter der (organisatorisch getrennten) Werke Ludwigshafen und Oppau.⁴⁶⁷ In diese Zeit fallen wichtigste Weichenstellungen für die Entwicklung des Magnetophonbandes. Gaus hatte gerade das Carbonyleisenpulver nachdrücklich gefördert,⁴⁶⁸ so dass I.G. Farben ein fortschrittliches Produkt für die Nachrichtentechnik liefern konnte. Sein Interesse an der Magnetton-technik war ebenso spontan wie anhaltend, was er schon Anfang 1933 gegenüber Geheimrat Bücher so ausdrückte: „Ich bekam besonderes Interesse für Ihre Arbeiten über Magnettonbänder, da ich überzeugt bin, daß die I.G. durch das Carbonyleisen und die Erfahrungen auf dem Kunststoffgebiet Ihre Arbeiten entscheidend fördern kann.“⁴⁶⁹



Nach Zuarbeit seiner Assistenten Karl Schoenemann und Otto Ambros traf er in Zusammenarbeit mit Bücher die unternehmerischen Entscheidungen in Sachen Magnetton-Entwicklung, darunter am 24. September 1935 ein „gentlemen's agreement“, das sogenannte „Gaus-Bücher-Abkommen“,⁴⁷⁰ das, in deutlichem Kontrast zu den sonst üblichen ausgedehnten Vertrags-Verhandlungen, für sieben Jahre die Zusammenarbeit zwischen AEG und I.G. auf dem Magnetophonband-Sektor regelte. Und das bei erheblichem Risiko: bis August 1937 lagen die Entwicklungs- und Anlaufkosten der Magnetophonband-Produktion bei etwa RM 350.000.⁴⁷¹ Den Auftrag für die erste Produktionsgießmaschine, mit dem sich I.G. Farben endgültig für das Magnetophonband entschied, gab Gaus selbst telegrafisch frei.⁴⁷² Sein anhaltendes Interesse belegen auch spätere Äußerungen. So schrieb er am 11. Oktober 1937, als nach Anfangserfolgen die Zukunft des Magnetophons zeitweise düster aussah, an Bücher: „Es ist mir doch sehr daran gelegen, in der Magnetophonangelegenheit, die ich hier selber eingeleitet habe, vor meinem Weggang völlige Klarheit zu schaffen.“⁴⁷³ Selbst 1942, als ihm die „Ruhestands“-Arbeit auf seinem landwirtschaftlichen Gut kaum Zeit ließ, bat er, „Die Magnetophon-Angelegenheit interessiert mich noch sehr, vielleicht könnte ich gelegentlich etwas von Ihnen hören über die Weiterentwicklung.“⁴⁷⁴ Und als er eine Abschrift der Magnetophon GmbH-Verträge erhielt, gratulierte er: „Ich habe den Eindruck, dass hier endlich nach langen Kämpfen etwas Gutes geschaffen wurde. Hoffentlich sind die geschäftlichen Ergebnisse ebenso gut.“⁴⁷⁵

Eine biographische Skizze schreibt Gaus „besondere Verdienste um die Rationalisierung der Hilfs- und Zwischenprodukte-Betriebe, den Ausbau der Betriebskontrolle, der Meß- und Regeltechnik und der Werkstoffprüfung“ zu.⁴⁷⁶ Sein Engagement für das Magnetophonband ist also nicht einmal das größte, geschweige denn einzige, Verdienst, das er sich um die I.G. Farben erworben hat. Gaus' langjähriger Assistent Karl Schoenemann ergänzt: „Das Bild seiner Persönlichkeit wäre unvollständig, wenn nicht seine Handfertigkeit, sein Kunstsin, seine Musikalität und vor allem sein Sinn für Humor und Fröhlichkeit erwähnt würden.“⁴⁷⁷

Wilhelm Gaus starb am 20. November 1953 in Masing / Oberbayern.

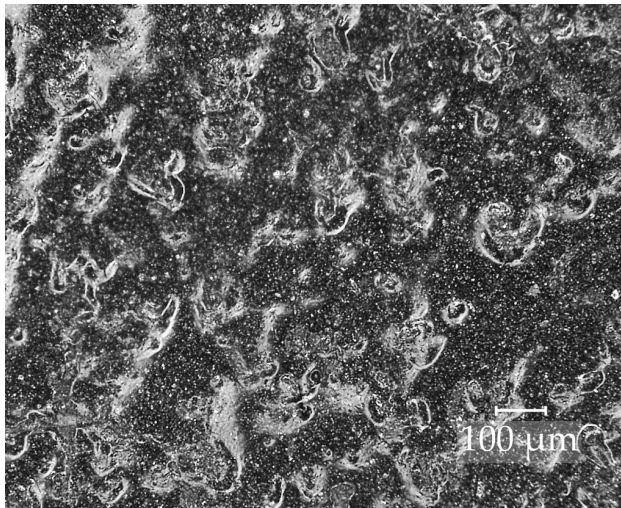


Abbildung 63: Mikroskopische Aufnahme der Oberfläche eines Pfeumer-Magnetbandes, beschichtet mit Stahlpulver der Berliner Firma Hametag, etwa 1933 – 1934. Die fraktionierten Blättchen oder „Flocken“ sind relativ grob und ungleichmäßig.

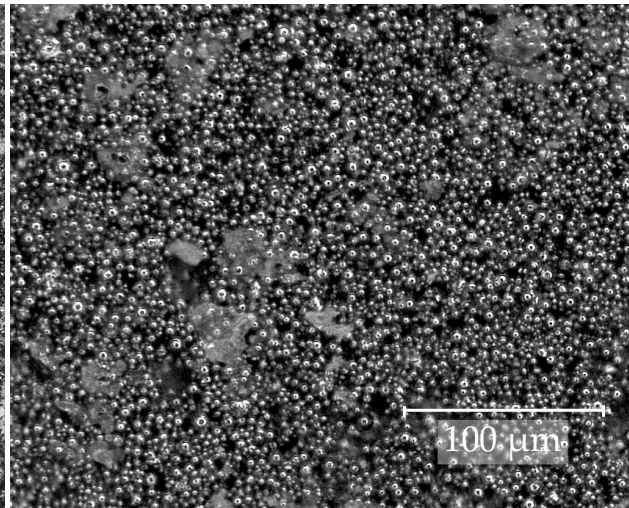


Abbildung 64: Die Oberfläche eines Carbonylisenpulver-Magnetbandes, hergestellt von I.G. Farben etwa 1935. Anhand des Maßstabs ist gut zu erkennen, um wieviel kleiner – und regelmäßiger! – die Carbonylisen-Kugeln im Vergleich zum Stahlpulver sind.

Abbildung 65: Die 1927 in Betrieb genommene Carbonylisenpulver-Fabrik der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Werk Oppau. Hier wurde das Magnetmaterial für die ersten, zwischen 1933 und 1936 industriell hergestellten Magnetophonbänder produziert. Fast meint man, in Formgebung und Aufstellung der chemischen Apparate etwas wie einen Bauhaus-Einfluss zu erkennen ...



Wann und bei welchem Anlass Gaus von Büchers Interesse an der magnetischen Tonaufzeichnung erfuhr und ob es dabei um die „gemeinsame Patentanmeldung“ vom 18. Juli 1931 ging, ist nicht dokumentiert;⁴⁷⁸ es wird vielleicht Unterhaltungen nach dienstlichen Treffen oder bei gesellschaftlichen Anlässen gegeben haben (und auch da wird es mehr um die unternehmerische Verantwortung des Projekts als um technische Details gegangen sein, die auf niedrigeren Hierarchiestufen abgehandelt wurden). Wie auch immer: Gaus, mit seiner Vorliebe für Carbonylisen, entwickelte nachgerade eine ebenso große Passion für die magnetische Tonaufzeichnung wie Bücher.⁴⁷⁹ Was ihn rational veranlasste, die AEG zu unterstützen, liegt nahe: wenn ein bedeutender Kunde „auf höchster Ebene“ in die Pfeumer-Erfindung investierte, konnte und durfte man die Zusammenarbeit nicht ablehnen. Schließlich lagen für beide Firmen die geschäftlichen Aussichten einer eleganten und innovativen Anwendung für Carbonylisenpulver auf der Hand. Allerdings spielte es in der Magnetophonband-Geschichte kaum mehr als eine Episodenrolle: nur zwischen Ende 1932 und Sommer 1936 eingesetzt, wurde es, zeitgleich mit der Inbetriebnahme der ersten regulären Produktions-Gießmaschine, von Magnetit (Fe_3O_4) verdrängt.⁴⁸⁰

Die Wissenschaftlichen Laboratorien im Werk Ludwigshafen

Im Werk Ludwigshafen war das „Hauptlaboratorium“ genannte Forschungszentrum auch für Projekte zuständig, die außerhalb der Arbeitsschwerpunkte lagen. Faktisch bildete das Hauptlaboratorium eine Fabrik innerhalb der Fabrik mit zahlreichen Produktions-Betrieben und technischen Abteilungen, darunter auch ein Elektrobetrieb mit Werkstätten und Labors. Insgesamt waren hier die Ressourcen vorhanden, um ein fremdes Gebiet, wie jetzt die magnetische Aufzeichnungstechnik, angehen zu können. Weitere Ressourcen waren im nördlichen Werksteil Oppau konzentriert, vorwiegend in der gleichrangigen Forschungszentrale „Ammoniaklaboratorium“. Hinter beiden wissenschaftlichen Labors standen also modernste Fabrikationsbetriebe mit vielfältigen

Mess- und Analyse-Möglichkeiten und einem Maschinenpark, in dem für jede Materialkombination eine geeignete Fertigungsanlage zu finden war. Friedrich Bergmann (Seite 64) verantwortete im Ammoniaklaboratorium die „Qualitätskontrolle“ des Carbonyleisens, sicherte also eine konstante Qualitätslage. Seinen wissenschaftlichen Fähigkeiten, nicht zuletzt der Teamarbeit von Labor und Fabrikation, verdankt das Carbonyleisenpulver die kontinuierliche Weiterentwicklung, dank derer es sich lange gegenüber Permalloy- und Sendust-Pulver oder Isoperm behaupten konnte.

Kenntnisse und Produkte: Synergie in der I.G. Farbenindustrie

Wie sich zeigte, profitierte die Magnetophonband-Entwicklung von Kenntnissen und Produkten, die in anderen Betrieben der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft zur Verfügung standen. Wertvolle Anregungen kamen insbesondere aus der Agfa-Filmfabrik, also I.G. Farben Werk Wolfen. Agfa hatte verständlicherweise mit der Fertigung von dünnen, flexiblen Trägerfolien und vor allem dem Begießen wesentlich umfangreichere Erfahrungen als Ludwigshafen, und der nachgerade institutionalisierte Wissensaustausch innerhalb der I.G. Farben bewährte sich auch auf diesem für beide Firmen noch fremden Arbeitsgebiet. Positive und problematische Aspekte der Zusammenarbeit zwischen Ludwigshafen und Wolfen sind auf Seite 224 ff. beschrieben.

Den Grundstoff für die Magnetophonband-Trägerfolie, Celluloseacetat – seinerzeit Acetylzellulose genannt –, bezog Ludwigshafen seit 1936 vom Werk Dormagen der I.G. Farbenindustrie.⁴⁸¹

Dass sich hinter ohnehin schon sperrigen Produktbezeichnungen fast regelmäßig ein komplexer Chemieprozess verbirgt, zeigte eine zeitgenössische Kurzbeschreibung aus einem CIOB-Bericht (Seite 288). Es geht um ein dem Magnetband ähnliches Produkt, nämlich den Sicherheitsfilm, das schwer entflammbare Trägermaterial für die Theaterkopien von Spielfilme:

According to Dr. Rohn of I.G. Dormagen, 35 mm safety base was made from Cellulose Acetate of 58 % combined Acetic Acid and cast from a solvent mixture of 85 % by weight, Methylene Chloride, plus 10 % Chloroform, plus 5 % Amyl Alcohol; and plasticised with a mixture of Triphenyl Phosphate and dimethylphthalate in proportion of 15 parts of the plasticiser to 85 parts of Cellulose Acetate.⁴⁸²

Die Geschichte dieses reinen Chemieprodukts mit dem Markennamen Cellit geht bis 1908 zurück, als Arthur Eichengrün, nach seiner Tätigkeit bei Bayer Leverkusen, in Berlin die Cellon-Werke gründete und dort unter anderem das Celluloseacetat zum nicht brennbaren Sicherheitsfilm weiterentwickelt hat.⁴⁸³ Mit den Worten eines Lexikons ist *„Zelluloseacetat (auch Cellulose-...), mit Essigsäure und Essigsäureanhydrid behandelte Zellulose ... Als Gemisch von Estern ist A. ein wichtiger Ausgangsstoff für Acetatlacke, Kunstseide, A.-Folien, ferner für Press- und Spritzgussteile ... sowie für (fast) feuerfeste Filme und unzerbrechliche, biegsame Schallplatten.“*⁴⁸⁴

Wegen ihrer Abkunft von dem Naturstoff Cellulose waren in der ersten Produktionsphase des Magnetophonbandes sowohl Celluloseacetat wie Cellulosenitrat (Lieferant: I.G. Farben Werk Eilenburg) nie einheitlich chemisch rein zu erhalten,⁴⁸⁵ was zu teils bedenklichen Qualitätseinbrüchen des Magnetophonbandes Typ C führte. Als Hauptursache galten „Quellkörper“, Beimengungen, die bei Celluloseacetat aus nicht genügend oder zu stark azetylierter Cellulose bestehen und optisch kaum erkennbar sind.⁴⁸⁶ Verdrängten solche Quellkörper das Magnetpigment, resultierten daraus Empfindlichkeitsschwankungen, die ganze Magnetophonband-Blöcke unbrauchbar machen konnten. Das Ausfiltern der Quellkörper war daher eine unabdingbare Vorarbeit.

Exkurs II: Hans Vogts langlebigste Erfindung

Hier sei eine kurze Abschweifung in ein Technikgebiet erlaubt, das nur auf den ersten Blick nichts mit dem Magnetband zu tun hat. Als Schallaufzeichnungs-Träger konnte nämlich keine der diversen Carbonyleisen-Varianten auf die Dauer reüssieren, wohl aber in der Rundfunk-Empfangstechnik.

Als eine der sozusagen historischen Anwendungen des Carbonyleisens entstand ebenfalls 1932 ein neues Einsatzgebiet,⁴⁸⁷ in dem sich der Umsatz in sechs Jahren fast verundertfachte: Hans Vogt, einer der drei Tri-Ergon-Tonfilmerfinder von 1922, entwickelte 1931 das „Ferrocart“.⁴⁸⁸ Er tauchte Papierbahnen in eine Carbonyleisenpulver-Bindemittel-Masse, presste mehrere Lagen zusammen und stanzte daraus ebenso kleine wie verlustarme Hochfrequenz-Abstimmkerne und andere nachrichtentechnische Bauteile – das I.G. Farben-Produkt hatte damit Eingang in die Rundfunkgeräte-Produktion gefunden. 1933 entfiel der Papierträger, das Carbonyleisen wurde mit geeigneteren Bindemitteln zu Formlingen verpresst. Gegenüber Luftspulen gingen die Dimensionen dieser „eisengefüllten Spulen“ um Größenordnungen zurück, und als nachgerade wunderbare Eigenschaft ließ sich die Spule durch Verschieben eines Kernteils abstimmen. Diese Erfindungen brachten Vogt soliden wirtschaftlichen Erfolg: mit den Erlösen aus Produkten und Lizenzvergaben trug er alte Schulden aus der Tri-Ergon-Zeit ab und baute eigene Fabriken in Berlin und Erlau bei Passau (die ehemalige VOGT electronic AG, seit 2006 in japanischem Besitz, firmiert inzwischen als SUMIDA AG). BASF SE beziehungsweise I.G. Farben Werk Ludwigshafen können stolz darauf sein, wenigstens einem der deutschen Tonfilmerfinder zu einem Erfolg verholfen zu haben, der seinen Verdiensten entspricht.

ZWEITES BAND: Die Ausformung der Magnettontechnik

Magnetophonband-Entwicklung 1932 bis 1935

Die Herren kannten sich schon: Hellmut Richard Simon, Prokurist der AEG,⁴⁸⁹ hatte sich für den 18. November 1932 bei Otto Ambros von der Technischen Direktion der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Werk Ludwigshafen, angesagt. Ein Punkt der Tagesordnung erforderte die Teilnahme von Karl Schoenemann,⁴⁹⁰ dem Assistenten von Direktor Wilhelm Gaus, seit kurzem Chef des Werks Ludwigshafen. Weiter hinzugezogen wurden Friedrich Matthias, Chemiker in der Coloristischen Abteilung, und Paul Friedmann, Elektroingenieur im Elektrolabor des Hauptlaboratoriums. Simon informierte seine Gastgeber über den anstehenden Vertrag⁴⁹¹ mit Pfeumers, dessen „*Lautschriftträger*“ frischen Wind in die magnetische Aufzeichnung von Schallsignalen bringen sollte. Die Grundlagen der Magnetton-Technik waren natürlich auch in Ludwigshafen in großen Zügen bekannt, lag doch das Thema in der Luft: gerade hatten zwei physikalische Fachzeitschriften Beiträge veröffentlicht, die lange Jahre zu den Standard-Referenzen gehören sollten.⁴⁹² Wer sie mit etwas technischer Phantasie gelesen hatte, konnte hier durchaus eine mögliche Anwendung für Carbonyleisenpulver erkennen.

Das Team „Träger und Beschichtung“: Matthias und Friedmann

Der Elektrobetrieb des Hauptlaboratoriums war fraglos für die „*Versuchsarbeiten über Magnetbänder für die AEG*“ zuständig, und was im Vorfeld von AEG über das Projekt zu erfahren war, sprach dafür, die Lacktechnische Abteilung mit heranzuziehen, also jenen Friedrich Matthias, der mit Friedmann seit gut zwei Jahren an Isolationsfolien für Elektrokabel arbeitete – das Thema hatte Matthias gewissermaßen mit nach Ludwigshafen gebracht, wenn auch Produkte für Hochspannungskabel kaum zu den Interessensschwerpunkten der I.G. Farben zählten. Matthias, ein „*Beobachter hohen Ranges, von besonderem experimentellen Können und technischer Begabung*“, war für die neue Entwicklung qualifiziert,⁴⁹³ und so traute man diesem Team zu, sich in die schwierige Materie einzuarbeiten zu können. Der gebürtige Berliner Matthias würde auch seine Landsleute bei der AEG richtig zu nehmen wissen.

Das „*Programm*“⁴⁹⁴ vom 18. November 1932, die erweiterte Zusammenfassung der Besprechung, sah drei Versuchsvarianten vor, von denen die erste mehr oder weniger Pfeumers Produkt glich: auf eine Trägerfolie (Papier, Cellophan, gehärtete Gelatine) sollte eine lackähnliche Mischung aus Eisenpulver und verschiedenen Bindemitteln aufgetragen werden – das Prinzip des Schichtbandes. Die zweite Variante wich bereits von Pfeumers Grundgedanken ab: in Celluloseacetat eingebrachtes, „suspendiertes“ Eisenpulver zu einer Folie vergießen – der Vorläufer des späteren Massebandes.⁴⁹⁵ Der dritte Programmpunkt ist geradezu eine unbewusste Reverenz an Oberlin Smith: aus einem Gemisch von Celluloseacetat und Eisenpulver „*sollen dicke Fäden (Rosshaar) nach Art der Kunstseidefabrikation gespritzt werden, die evtl. zu Bändern zu verspinnen sind.*“ Dieser Weg ist allerdings nicht weiter verfolgt worden.

Nach der nächsten Besprechung, zu der der AEG-Mitarbeiter Werner Pagel⁴⁹⁶ am 28. November 1932 nach Ludwigshafen gekommen war, scheint sich Matthias mit vollem Einsatz auf die Arbeit geworfen zu haben, denn bereits am 22. Dezember 1932 lag ein erster AEG-Bericht über die „*Brauchbarkeit der von I.G. versuchsweise hergestellten Magnetonbänder*“⁴⁹⁷ vor. Doch weder das zu dünn beschichtete Papierband noch ein insgesamt zu dick geratenes Cellophanband, auch nicht das „Masseband“, bezeichnete die AEG als brauchbar. Simon präziserte: die Eisenmenge sollte 40 g/m² betragen, als Teilchengröße errechnete er 7 µm, und vor allem sollte „*Korn dicht neben Korn ohne Zwischenraum*“ liegen – diese Forderung nach *Homogenität*, gleichmäßiger Beschichtung, erwies sich als eine Grundfrage der Magnetband-Herstellung. Für die AEG-Versuchsmaschine waren wenigstens 12 m lange Bänder bei einer Breite von 6 mm notwendig.

Anfang Januar 1933 informierte sich Matthias bei der AEG⁴⁹⁷ über den Sachstand der Versuche, aus dem er weitere Richtlinien für seine eigene Aufgabe abzuleiten hatte. Zur Frage „Wie weiter arbeiten?“ steuerte Gaus den Hinweis auf das Herstellverfahren der Echtdeckfarben bei, das eine völlig gleichmäßige Verteilung versprach.⁴⁹⁸ Seine weitere Empfehlung, dass „*magnetische Inhomogenitäten dadurch einfach behoben werden, dass der noch feuchte Aufstrich durch ein starkes Magnetfeld läuft*“, sollte zwar erst gut zwanzig Jahre später aktuell werden, dann freilich zu einem unabdingbaren Fertigungsschritt für nahezu jeden Magnetbandspeicher aufrücken.⁴⁹⁹ Allerdings war Gaus nicht als erster auf diesen Gedanken gekommen: der nahezu unbekannte Franzose Jacques Emile Jules Languépin hatte sich die Vorteile des „Orientierens“ schon im Juli 1929 patentieren lassen.⁵⁰⁰

Matthias und Friedmann folgten dem Hinweis auf die Echtdeckfarben-Produktion, das heißt, sie verwalzten (wie auf Seite 58 beschrieben) Carbonyleisenpulver mit hochviskosem Celluloseacetat zu einer gießbaren Masse. Dieses Vorgehen muss – jedenfalls laut DE 678 086 vom 28. Januar 1933 – unerwartet effizient gewesen sein, denn das „*Walzen oder Kneten ... zweckmäßig auf Friktionswalzen trennt die traubenartigen Agglomerate*“ der Carbonyleisen-Kugeln wieder auf, so dass „*eine feine Verteilung des Metalls in der fertigen Masse erzielt*“ wird.⁵⁰¹ Doch anders als bei der Echtdeckfarben-Produktion kam es hier nicht nur auf Haftfestigkeit und glatte Oberfläche an, vielmehr spielten die elektro-akustischen Eigenschaften der Schicht die entscheidende Rolle.

Es leuchtet ohne weiteres ein, dass die Schicht-Oberfläche des Magnetbandes so glatt wie nur irgend möglich sein musste; Rauigkeiten einer Trägerfolie, vor allem von Papier, würden entweder eine ähnlich raue Schicht

oder, falls übergossen, unerwünschte „lokale Anhäufungen der Eisenteilchen“ verursachen, was auf ähnliche Störungen hinauslaufen würde. Warum also nicht die Gießmasse „mit den notwendigen Zusätzen so ... stellen, dass ein dünner, aber fester Film aus Acetylcellulose gezogen werden kann“?⁵⁰² Dass man mit diesem „Masseband“ einen Hauptvorteil des Pfeumer'schen Konzepts, nämlich die Trennung von Träger und aktiver Schicht, aufgab, schien offenbar unwesentlich.⁵⁰³ Zum Jahresbeginn 1934 erzwangen allerdings andere Gründe die Rückkehr zum Trägerfolien-Magnetschicht-Prinzip (Seite 66).

Friedrich Matthias (1896 – 1956)

Friedrich Wilhelm Otto Ernst Matthias wurde am 30. Mai 1896 als Sohn des Regierungsrates Otto Matthias und seiner Ehefrau Anna, geb. Noel, geboren. Am 7. August 1914 legte er, um sich anderntags als Kriegsfreiwilliger melden zu können, am Realgymnasium Groß-Lichterfelde ein Notabitur ab⁵⁰⁴ (alle Fächer „befriedigend“, außer Sport und Chemie mit „gut“⁵⁰⁵). Mitte Juni 1915 bis Ende Oktober 1915 war sein Garde-Infanterieregiment, Teil des Deutschen Alpenkorps, an der österreichisch-italienischen Front (Drei-Zinnen-Gebiet) eingesetzt; danach wurde die Einheit nach Flandern verlegt, wo Matthias durch einen Bauchschuss mit einem Kupfermantelgeschoss schwer verwundet wurde.⁵⁰⁶

Zum 25. April 1916 nahm er das Chemiestudium an der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin auf.⁵⁰⁷ Neben Vorlesungen bei Dessoir und Nernst schrieb er sich auch bei Geheimrat Prof. Dr. Fritz Haber ein, der ihn im Sommersemester 1920 mit chemischen Untersuchungen am Kaiser-Wilhelm-Institut beauftragte. 1921 bis 1927 gehörte Matthias zu Habers Assistenten und war an verschiedenen Projekten dieses ebenso genialen wie umstrittenen Wissenschaftlers beteiligt. Das Thema seiner mit „valde laudabilis“ bewerteten Dissertation „Über die Bestimmung des Goldes im Meerwasser“⁵⁰⁸ fand er während der Arbeit am „Meergold-Projekt“ 1922-1927,⁵⁰⁹ dem Versuch, aus Kubikkilometern Meerwasser tonnenweise Gold zu gewinnen, damit Deutschland die im Versailler Friedensvertrag auferlegten Reparationsleistungen schneller aufbringen könne - allerdings erwies sich der Goldgehalt als wesentlich überschätzt. Matthias konnte als persönlichen Gewinn Kenntnisse der modernsten mikroanalytischen Methoden und großtechnischen Verfahrensweisen verbuchen.

Nach dem Abbruch des Meergold-Projekts arbeitete Matthias, zeitlebens ein Mann der angewandten Chemie, von April 1928 bis Mai 1930 als Mitglied einer Studiengesellschaft unter den Professoren Joffe / Leningrad und Polanyi / Berlin-Dahl-



Siemens und AEG am Kaiser-Wilhelm-Institut an der „Schaffung von Isolierschichten besonders hohen Widerstandes“. Eine gut dotierte Stellung an Joffes Institut in Leningrad schlug er wegen der prekären politischen Verhältnisse aus. Haber (Aufsichtsrats-Mitglied der I.G. Farbenindustrie⁵¹⁰ seit Jahresbeginn 1926) empfahl ihn daraufhin an Prof. K. H. Meyer,⁵¹¹ Leiter des Hauptlaboratoriums der I.G. Farben, Werk Ludwigshafen. Haber beschrieb Matthias als „Beobachter hohen Ranges, von besonderem experimentellen Können und technischer Begabung.“ Einer solchen Empfehlung eines erstangigen Chemikers, der zudem der „Badischen Anilin & Soda Fabrik“ wegen seiner Arbeiten zur Ammoniaksynthese besonders eng verbunden war, konnte sich Meyer nicht verschließen. Unter den gerade einmal vier Chemikern, die die große I.G. Farben im ganzen Jahr 1930, einem Höhepunkt der Weltwirtschaftskrise, einstellte,⁵¹² war denn auch Friedrich Matthias, der seine Arbeit in Ludwigshafen am 15. Juli 1930 aufnahm, und zwar in der traditionellen Ausbildungsstätte für Neueingetretene, dem Hauptlaboratorium. Dass er der Lacktechnischen Abteilung zugewiesen wurde, sieht nur auf den ersten Blick wie eine Verlegenheitslösung aus.

Mit den Themen der nächsten zweieinhalb Jahre führte Matthias nämlich seine Arbeit in der Joffe / Polyani-Gruppe fort. Bereits an seiner ersten dokumentierten Untersuchung, „Verfahren zur Isolation von Spulen und Wicklungen“, arbeitete er zusammen mit dem Elektroingenieur Paul Friedmann. Die Patentanmeldung, in Deutschland ohne Erfolg, führte 1936 zum französischen Patent FR 809.415.⁵¹³ Auf die folgenden Erkennt-

nisse über die „Verbesserung der Eigenschaften von Lackkabeln“ bekam Siemens & Halske eine kostenlose Lizenz, ohne dass daraus ein Schutzrecht entstanden wäre.

Als Ende 1932 die Zusammenarbeit mit der AEG in Sachen Magnetton anstand, war die Lacktechnische Abteilung für die entsprechenden Teilgebiete zuständig; es lag also nahe, dem eingespielten Team Matthias und Friedmann „die Versuchsarbeiten über Magnetbänder“ zu übertragen.⁵¹⁴

Auf den ersten Blick eher unwahrscheinlich, aber keineswegs unmöglich ist eine nur mündlich übermittelte Episode, die sich im Frühjahr 1931 zugetragen haben müsste: Hermann Bücher sei während einer Bahnfahrt (nach Berlin?) mit Friedrich Matthias ins Gespräch gekommen und habe mit ihm ausgelotet, in welcher Weise I.G. Farben zum AEG-Projekt Magnetton beitragen könne. Das wissenschaftliche Prestige seines Coupégenossen als langjähriger Assistent des Chemie-Nobelpreisträgers Fritz Haber sollten Bücher ausgereicht haben, ihn als seriösen Gesprächspartner zu akzeptieren.⁵¹⁵ Hat das Gespräch so stattgefunden, musste Matthias als nächstes seinen Vorgesetzten berichten – das wäre die Keimzelle der oben abgehandelten Patentanmeldung vom Juli 1931 gewesen. Damit hatte Matthias sein lebenslanges, Paul Friedmann das Arbeitsthema für die folgenden zehn Jahre gefunden.

Am 29. Dezember 1942 wurde Matthias zum zweiten Geschäftsführer der „Magnetophon GmbH“, Berlin, ernannt (zusammen mit Hans Schepelmann von der AEG Berlin); diese Funktion erlosch offiziell im Jahr 1949. Im September 1948 versetzte das zuständige US-Control Office Matthias (zusammen mit der Magnetophonbandfabrik Waldmichelbach) nach Gendorf. Die Behörde betrachtete Matthias' Anstellungsvertrag als mit I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Frankfurt geschlossen,⁵¹⁶ so dass er ab Oktober 1948 in Gendorf „zur Verfügung zu stehen habe“,⁵¹⁷ was erhebliche, langandauernde Spannungen mit Ludwigshafen zur Folge hatte.

Ende der 1940er Jahre begann Matthias unter Spätfolgen seiner Verletzung aus dem Ersten Weltkrieg zu leiden. Jahrelange Überlastung und hinausgezögerte medizinische Behandlung führten im Frühjahr 1953 zur chronischen Krankheit, die

in der Amputation des linken Beins kulminierte. Matthias, auf dauernden Sanatoriumsaufenthalt angewiesen,⁵¹⁸ erholte sich von dieser Strapaze nicht mehr; er verstarb in der Nacht zum 18. April 1956 im Krankenhaus Burgkirchen an der Alz.⁵¹⁹

Friedrich Matthias hatte am Samstag, 29. September 1934, Elly Dorothee Henriette Kunze (geb. 3. Dezember 1897 in Berlin-Schöneberg) geheiratet,⁵²⁰ die ihren Gatten um zwanzig Jahre überlebte und am 17. Februar 1976 in einem Altöttinger Altersheim verstarb.⁵²¹ Die Ehe blieb kinderlos.

Engagement und Erfolge sprechen deutlich dafür, dass Matthias in seiner Arbeit am Magnetophonband aufging. Zeitzeugen vermitteln übereinstimmend ein durchweg positives Bild seiner Persönlichkeit; mit Eduard Schüller verband ihn eine lebenslange Freundschaft, von Hans Westpfahl wird er als „... ein sehr vornehmer, reizender, großer, schlanker Herr mit einer sehr tiefen und sonoren Stimme ...“⁵²² beschrieben, und Franz Jarzcyk und Georg Huber, als junge Ingenieure Matthias' Mitarbeiter in Gendorf, schildern ihn als einen fachlich gut führenden, menschlich angenehmen Vorgesetzten.⁵²³ Leider ist nichts über Matthias' Interessen und Neigungen überliefert, wie sich auch kaum Nachrichten über sein Privatleben finden. Insbesondere wäre aufschlussreich zu erfahren, wie der – nach Herkunft und gesellschaftlicher Stellung (Assistent des Nobelpreisträgers Haber) – konservativ geprägte deutsche Akademiker das berufliche und menschliche Schicksal seines Lehrers, Chefs und Freundes⁵²⁴ Fritz Haber verarbeitet hat, den ein nicht zuletzt bodenlos dummes Regime 1933 in die Emigration trieb.⁵²⁵ Als Minimum ist festzustellen, dass Matthias weder der „Partei“ selbst noch einer sonstigen Organisation der NSDAP angehörte.

Paul Friedmann (1899 – 1977)

Paul Johann Jakob Friedmann wurde am 22. Juni 1899 in Münchberg/Oberfranken geboren.⁵²⁶ Nach Besuch der Volksschulen in Bamberg, Nürnberg und Ludwigshafen – sein Vater war Beamter der Deutschen Reichsbahn – legte er 1918 an der Oberrealschule Ludwigshafen das Abitur ab und war von Juni bis Oktober 1918 zum Kriegsdienst eingezogen. Nachdem Friedmann drei Semester Elektrotechnik an den Hochschulen München und Karlsruhe studiert hatte, verstarb 1920 sein Vater, und der Sohn musste das Hochschulstudium abbrechen. So trat er am 1. Februar 1920 in die Technische Abteilung Ludwigshafen als Elektrotechniker ein.⁵²⁷ Zu seinen Aufgaben gehörten chemisch-technische und physikalische Versuche und Entwicklungsarbeiten.⁵²⁸ Später hatte er Uhrmacherei und Büromaschinenwerkstätte zu überwachen und war zuständig für elektrische Instandhaltungs- und Neuanlagearbeiten im Hauptlaboratorium.



Während der Weltwirtschaftskrise, als die gewohnten Aufträge ausblieben, wurden 1930/31 im Elektrolabor personell kleiner besetzte Abteilungen zusammengestellt; Friedmann, jetzt als Elektroingenieur geführt, leitete den „Feinmechanische Werkstätte“ genannten Betrieb.⁵²⁹ Die Abteilung war nicht sonderlich gut ausgelastet, was sich erst änderte, als die Versuchsarbeiten für das Magnetophonband anliefen. Sämtliche Versuchsgießmaschinen der Entwicklungsphase 1933 – 1935 sind in Friedmanns Elektrolabor gebaut worden und in Betrieb gegangen, das demnach als Geburtsstätte des Magnetophonbandes anzusehen ist. 1937 stieg Friedmann zum Betriebsleiter der „Elektrobetriebswerkstätte Hauptlabor“ auf,⁵³⁰ womit sich sein Arbeitsschwerpunkt in das Technikum „für Hochdrucksynthesen der Bunagewinnung nach dem Reppe'schen Verfahren“⁵³¹ verlagerte.

Zwischen Juni 1941 und Juli 1943 hat Friedmann wieder intensiv an der Magnetophonband-Produktion mitgearbeitet. Seit 1942 entwickelte er im Hauptlabor dauerhafte Korrosionsschutz-Überzüge aus Tantal, Nickel, Niob und Molybdän. „Dem Elektrolabor oblag auch vor und während des zweiten Weltkrieges die Bereitstellung von Grosslautsprechern bei all' den noch in Erinnerung stehenden Begebenheiten, veranlasst durch die beiden „Funkwarte“ Dipl.-Ing. Koch und Ing. Friedmann.“⁵³² An der Übersiedlung der Magnetophonbandfabrik nach Waldmichelbach / Aschbach war Friedmann nicht beteiligt, dafür an der wesentlich aufwendigeren und gefährlichen Verlagerung des Hauptlaboratoriums nach Gendorf ab dem September 1944.⁵³³ Am 15. Dezember 1944 zerstörte ein Nachtangriff britischer Bomber „sein“ Elektrolabor.⁵³⁴

Bedrückend verlief der Lebensabschnitt Friedmanns nach dem Ende des Dritten Reichs. Als das Hauptlabor ab Sommer 1945 nach Ludwigshafen zurückverlegt wurde, verließ auch Friedmann im Herbst Gendorf in Richtung Ludwigshafen.⁵³⁵ Hier war er allenfalls einige Monate an der Re-Installation beteiligt, danach hatte er seine Jahresurlaube für 1943 bis 1946 anzutreten.⁵³⁶ In dieser Zeit musste er sich mit der Z.S.K., der „Zentralen Säuberungs-Kommision“, auseinandersetzen; am Ende des Verfahrens stand die Entscheidung „Entlassung ohne Bezüge ab 1. 3. 1947“.⁵³⁷

Von 11. Januar 1946 bis 1949 war Friedmann in freier Mitarbeit als Berater im chemischen Apparatebau der Eisenwerke Kaiserslautern und einer Firma „Pfalz-Chemie GmbH“ tätig.⁵³⁸ 1949 stellte er einen Wiedereinstellungsantrag bei BASF, der nach Intervention der Werksleitung abschlägig beschieden wurde.⁵³⁹ Hier verliert sich seine Spur für Jahre. Im November 1963 zog Friedmann nach Bad Kreuznach um.⁵⁴⁰ Die Sterbeurkunde gibt als Todesdatum an „zwischen dem 8. Mai 1977 und dem 1. Juni 1977, 11 Uhr 30 Minuten“.⁵⁴¹

Versuchsweise wurde Anfang Januar 1933 – erst- und letztmalig in Ludwigshafen – 15 µm (!) dickes Kondensator-Papier beschichtet, als Variante erhielt die Papieroberfläche zunächst eine Glättungsschicht aus Cellulosenitrat-Lack.⁵⁴² Noch ohne genaue Vorstellung von den Anforderungen, wollte Matthias den Aufbau des Bandes, die Pigmentmenge und dessen Packungsdichte weitgehend variieren, „um zu einer Arbeitsbasis zu gelangen“. Außer diesen Papier-Bändern goss er unterschiedlich dicke Celluloseacetat-„Filme“ mit konstanter Carbonyleisen-Menge pro Quadratmeter,⁵⁴³ also unterschiedlicher „Packungsdichte“ – d.h., er variierte den Volumenfüllfaktor.⁵⁴⁴

Für den Guss dieser ersten Celluloseacetat-Magnetbänder hatte Matthias in seinem „dunklen Kellerraum“⁵⁴⁵ des Hauptlabors eine labormäßige Gießvorrichtung aus etwa 2 m langen, horizontal gelagerten Spiegelglasscheiben aufgebaut, auf denen er die Gießmasse zu einem 70 – 100 µm starken „Film“ auszog.⁵⁴⁶ Dazu gehörte auch eine Schneidvorrichtung aus zehn Rasierklingen.⁵⁴⁷ Die Bandstücke wurden zusammengeklebt und nach Berlin geschickt. In Theo Volks Labor arbeitete zu dieser Zeit bereits eine handbetriebene „Gießvorrichtung“ (Seite 55). Doch schon mit der dritten Versuchsband-Lieferung, in Berlin am 22. und 23. Februar 1933 geprüft, zeichnete sich die Überlegenheit des Ludwigshafener Konzepts ab: zwei der Versuchsbander waren zwar 16 dB geringer empfindlich als die Papiertypen, hatten aber eine um 6 dB bessere Dynamik – und in diesem Punkt waren die „Schallträger“ zeitlebens verbesserungsbedürftig.⁵⁴⁸ Anfang April 1933 bekamen Friedmann und Matthias endlich eine „Prüfapparatur für Magnettonbänder und Lautsprecher“ von AEG,⁵⁴⁹ vermutlich ein Duplikat der KWO-Endlosapparatur, und damit die Möglichkeit, ihre Produkte nach objektiven Kriterien zu messen.⁵⁵⁰

Ausgerechnet für das nächste halbe Jahr, April bis November 1933, einem heiklen Stadium der Magnetband-Entwicklung, sind kaum Dokumente erhalten. Die Ausnahme bildet die zitierte Beschreibung des Magnetbandgusses auf Spiegelglas, datiert 29. September 1933. Der Berichterstatter, der Wolfener Farbfilmspezialist John Eggert,⁵⁵¹ sah auch die Endlosapparatur in Aktion, mit der 5 mm breite, 70 – 100 µm dicke Magnetbänder, zu 12 m Länge zusammengeklebt, geprüft wurden. Eggert schätzte die obere Grenzfrequenz dieses „Tonbandgeräts“ auf 2 kHz und fasste zusammen: „Immerhin ist beachtenswert, wieviel mit einer so einfachen Apparatur (jeweils 12 sec Sprechdauer) bisher geleistet wurde.“⁵⁵²

Das Team „Magnetpigmente“: Bergmann und Lehrer

Ihre ersten Erfolge konnten Matthias und Friedmann nicht ausschließlich auf die eigenen Fahnen schreiben. Seit Beginn der Arbeiten waren die Eisenpulverfabrik und wenig später das Ammoniaklaboratorium der I.G. Farben beteiligt. Zu den ersten Erkenntnissen gehörte, dass für die Anwendung im Magnetband der Durchmesser der Kugeln im Carbyloisen-Typ C zu stark streute. Also baute die Eisenpulverfabrik einen Laboratoriums-Windsichter zum Sortieren dieser kleinen Teilchen um;⁵⁵³ die recht diffizile mikroskopische Durchmesserbestimmung übernahm Friedrich Bergmann.⁵⁵⁴ – Die erwähnte Dokumentenlücke erlaubt keine genaueren Angaben, wann das Oppauer Entwicklungsteam seine ersten Beiträge lieferte. In der Korrespondenz tauchen beide Namen erst im Oktober 1934 auf, als das Magnetophonband schon fast marktfähig war, aber in diesem späteren Entwicklungsstadium müssen sie längst in die Arbeit eingebunden gewesen sein.

Friedrich Bergmann, der aus der Messung der normalen Fabrikationschargen die chemischen wie die elektromagnetischen Eigenschaften des Carbyloisens genau kannte, hat die Magnetband-Entwickler bei Auswahl und Modifikation der verfügbaren Pulvertypen beraten, ebenso bei der Neuentwicklung von 1933, Typ P, dem Pigment des ersten Magnetophonbands Typ C. Darüber hinaus war er an einem bemerkenswerten Projekt beteiligt: in einer feinmechanischen Werkstatt des Ammoniaklaboratoriums baute er Magnetköpfe für eine zweite Endlosapparatur, die in Erwin Lehrers Labor in Betrieb ging. Im Gegensatz zu Schüllers lamellierten Magnetköpfen (Abbildung 77, Seite 77) verwendete Bergmann einen Ring aus der Nickel-Eisen-Legierung Permalloy: ein fein geschliffenes, rechteckiges Blechstück wurde – vermutlich erst nach dem Bewickeln – so zusammengebogen, dass vorn ein Schlitz, der „Spalt“, von 5 – 10 µm Breite offen blieb.⁵⁵⁵ Dass es sich um eine ausgefeilte und vielseitige Prüfeinrichtung handelte, zeigt Lehrers spätere Beschreibung dieser Anlage:

Ich hatte einen Labortisch von etwa 2,5 m Länge. Auf einer Seite befand sich ein schweres Stufenrad mit ca. 15 cm Durchmesser als Schwungmasse und ein Drehstrom-Synchronmotor, der dieses Rad antrieb. Auch eine Übersetzung war vorhanden. Auf der anderen Seite, etwa 2 m entfernt, befand sich ein einfaches Umlenkrad. Zwischen diesen beiden Scheiben waren die Meßgeräte aufgebaut: ein 20 Watt-Verstärker und ein Lautsprecher mit einer Schallwand von ungefähr 1,5 x 1,5 m. Der Verstärker enthielt vier große Röhren ... Ich hatte einen Schwebungssummer mit Wobbelteil gebaut, so dass man die ganze Frequenzskala durchfahren konnte. Dann hatte ich noch einen gekauften (logarithmierenden) Pegelschreiber. Der Schwebungssummer hatte Synchronantrieb mit einem AEG-Motor (wurde also motorisch durchgedreht); damit konnte ich die beiden Geräte koordinieren. Der Schwebungssummer gab die Frequenz – abhängig von der Zeit – und der Pegelschreiber schrieb, ebenfalls abhängig von der Zeit. Man mußte nur den Anfang richtig einstellen. ... Ich hatte eine Klirrfaktormeßbrücke gebaut (mit Spulen von 1 Henry Induktivität), mit der die Klirrfaktor-Messungen im Betrieb durchgeführt wurden. ... Ich habe die Geschwindigkeit von 1,40 m/s bis auf 30 cm/s reduziert; für mein Gehör gab das noch eine annehmbare Qualität. ... Die ganze Anlage war relativ gut, besser als die AEG-Maschinen.⁵⁵⁶

Friedrich Bergmann (1899 - 1989)

Friedrich Bergmann wurde am 29. Mai 1899 in Othmarschen bei Altona geboren. Nach dem Schulbesuch in Bremen und Halle studierte er Philosophie und Naturwissenschaften in Halle, promovierte 1924 und blieb danach zwei Jahre als Hochschulassistent bei G. Mie in Freiburg/Breisgau.⁵⁵⁷ Im September 1926 trat er in die I.G. Farben ein und kam zu Ernst Hochheim in das Physikalische Labor des Ammoniak-Laboratoriums Oppau.⁵⁵⁸

Das Physikalische Labor bearbeitete, sozusagen als Serviceleistung für das Ammoniak-Laboratorium, ein breites Spektrum herstellungs- und anwendungstechnischer Probleme (unter anderem im 1923 von Rudolf Brill aufgebauten Röntgen-Labor, siehe Seite 120), wofür Hochheim mit seiner umfassenden Begabung offensichtlich der geeignete Vordenker war.⁵⁵⁹ Als „Qualitätskontrollleur“ und Entwickler baute Bergmann 1927 eine Messeinrichtung für Carbyloisenpulver auf, das er zu Massekernen presste und deren elektrische und magnetische Eigenschaften bestimmte.⁵⁶⁰ Bergmann und Kollegen konnten die AEG (KWO) und Siemens & Halske vom Carbyloisenpulver überzeugen, womit I.G. Farben eine hervorragende

Verbindung zur aufstrebenden Nachrichtentechnik gewonnen hatte, insbesondere, als sich die Carbonyleisen-Neuentwicklung „Pulver P“ 1933 gegen Isoperm und Permalloy behauptete.⁵⁶¹ Bergmann blieb in ständigem Kontakt mit führenden Herstellern nachrichtentechnischer Geräte.⁵⁶²

Wie vielseitig die Arbeitsgebiete im Ammoniaklaboratorium waren, zeigt die Entwicklung von optischen Metallspiegeln mit hohem Reflexionsvermögen, wo insbesondere Bergmann bei der Beschichtung im Hochvakuum hervorragende Resultate erzielte.⁵⁶³ Es wäre daher durchaus möglich, dass die Patentanmeldung „*Magnetisierbarer Bandträger für Schallaufzeichnung und Wiedergabe und Verfahren zu seiner Herstellung*“ vom Sommer 1931 im Ammoniaklabor entstanden ist – ein Beweis steht freilich aus (Seite 54).



Bei seinen speziellen Kenntnissen des Magnetismus, vertieft in der Herstellung von Massekernen und der Rundfunktechnik (das hieß auch Verstärkerbau mit Vakuumröhren),⁵⁶⁴ war es nahezu selbstverständlich, dass Bergmann bereits an den ersten Versuchen ab 1933 beteiligt war, einen Magnettonträger herzustellen,⁵⁶⁵ und zwar hatte er – in Zusammenarbeit mit Erwin Lehrer – den geeigneten Typ aus der Carbonyleisenpulver-Gruppe zu bestimmen und zu optimieren. Dieses Material verarbeitete dann Matthias zu Versuchsbändern. So lange bei der AEG immer nur ein Exemplar des gerade aktuellen Versuchsgeräts arbeitete, musste man sich in Oppau selbst behelfen, und so bauten Erwin Lehrer und Bergmann ihre eigene „Endlos-Band-Apparatur“ einschließlich des diffizilen Magnetkopfs.⁵⁶⁶

War Friedrich Bergmann von 1933 bis 1936 nur für die Auswahl des Magnetmaterials zuständig, übernahm er ab 1949, in einer der für BASF-Magnetophonband kritischen Phasen, die Produktion des Magnetpigments. Er trug, zunächst mit den Pigmenten für das „Magnetophonband Typ L-extra“ und „Magnetophonband Typ LGH“,⁵⁶⁷ dann, mit einem völlig neuen Ansatz, für das „Magnetophonband Typ LGS“⁵⁶⁸ wesentlich dazu bei, dass die aus unterschiedlichen Gründen stagnierende Qualität der BASF-Bänder wieder den internationalen Standard erreichte. Mengenmäßig spiegelte sich dies in der Steigerung der Fe_2O_3 -Produktion von 9 t im Jahr 1949 auf 220 Tonnen 1960 wider.⁵⁶⁹ – Die Pigmentproduktion für die Magnetophonband-Fertigung war allerdings nur eine

der Aufgaben der Eisenpulverfabrik. Bergmann entwickelte ab 1951 Verfahren zur Herstellung von Ferriten,⁵⁷⁰ die lange Jahre bevorzugtes Material für hochwertige Magnetköpfe blieben. Philips Eindhoven nahm früh eine Lizenz auf diese Erfindung und baute sie in großem Umfang aus. – Friedrich Bergmann verstarb am 16. November 1989 in Neckargemünd.⁵⁷¹

Erwin Lehrer (1904 – 1997)

Erwin Lehrer, am 5. Juli 1904 in Reutlingen geboren, promovierte bereits im Juli 1926 und trat am 17. Januar 1927 in die I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft ein. Hier arbeitete er zunächst in einem physikalisch-technischen Laboratorium. Um diese Zeit begann die analytische Chemie nach und nach von der physikalischen Messtechnik zu profitieren – der Ära Wilhelm Gaus. Lehrer war führend in der Entwicklung selbstregistrierender Geräte für die Analyse im Labor wie für die Betriebs- und Produktkontrolle in chemischen Anlagen.⁵⁷²

D:\ZS\ABB\Lehrer.jpg



Bereits 1928 / 1929 entwickelte Lehrer Messgeräte für magnetische Größen, wie anzunehmen ist, im Gefolge der expandierenden Carbonyleisen-Produktion.⁵⁷³ Er war vor allem für die Messung der magnetischen Kenngrößen (wie Remanenz oder Koerzitivfeldstärke) zuständig, einer mit Blick auf die produzierten Mengen verantwortlichen und damals sehr zeitraubenden Angelegenheit. Als Matthias und Friedmann im Hauptlabor die Magnetband-Entwicklung aufnahmen, baute Lehrer zusammen mit Friedrich Bergmann eine (zweite) Endlosband-Versuchsapparatur, um zunächst den optimalen Carbonyleisen-Typ bestimmen, später, um die Eignung vielversprechender magnetisierbarer Stoffe für das Magnetophonband prüfen zu können. Während seiner Messungen hat er im Herbst 1934 – erstmals in Europa – mit Hochfrequenzvormagnetisierung experimentiert.⁵⁷⁴ Leider blieben diese Versuche bei der AEG in Berlin ohne substantielle Resonanz.⁵⁷⁵ Dokumente zeigen ihn 1935 vor allem maßgeblich beteiligt an der Suche nach geeigneten Magnetmaterialien, als Carbonyleisen nicht mehr weiter führte.

Vermutlich im Oktober 1936⁵⁷⁶ beendete Lehrer seine erste Arbeitsphase für das Magnetophonband; die zweite sollte erst 26 Jahre später beginnen. Sein Einfallsreichtum und seine Fähigkeit, „*neue Ideen in relativ kurzer Zeit vom Laboratoriums-Maßstab in die Großtechnik zu übertragen*“, waren wohl entscheidend dafür, dass ihm ab 1962 die Leitung der Magnetophonband-Abteilung übertragen und er zum stellvertretenden Direktor ernannt wurde. Seine Hauptaufgaben sah er in den Bauvorbereitungen für die Mag-

netophonbandfabrik Willstätt und der Lösung fertigungstechnischer Probleme des Magnetbandes.⁵⁷⁷

Nach 42 aktiven Dienstjahren – bei Akademikern eine Seltenheit – trat Erwin Lehrer am 31. Dezember 1968 in den Ruhestand. 1972 erhielt er den namhaften Freseniuspreis für seine Verdienste als „*Wegbereiter physikalischer Analytik, Meßtechnik und Datenverarbeitung*“. ⁵⁷⁸ Am 10. Oktober 1997 ist er in Bad Dürkheim gestorben.⁵⁷⁹

Labor- und Technikums-Gießvorrichtungen der I.G. Farben (1933 / 1934)

Andeutungen und knappe Hinweise in späteren Dokumenten zeigen, dass Matthias und Friedmann den größeren Teil des Jahres 1933 für Experimente nutzten, um den einfachsten Weg zur praktikablen Magnetbandfertigung zu finden. Die Hauptmenge dieser Arbeiten dürfte im Elektrolabor ausgeführt worden sein.

Erstens war zu klären, ob kein einfacheres Verfahren als das doch recht aufwendige Gießen zu finden wäre. Unschärf bleiben Hinweise auf „Aufstäuben“ oder „Aufstreuen“ des Magnetpigments auf einen Träger; man kann sich leicht vorstellen, wie die Prüfapparatur nach einigen Durchläufen eines solchen Versuchsbandes aussah. Die Suche war vergebens, es blieb kein anderer Weg: hinreichend viele Pigmentteilchen, in gleichmäßiger räumlicher Verteilung, mussten vom Bindemittel überzogen, anders gesagt: in den Lack eingebettet sein, der den Zusammenhalt der Schicht gegen die Abriebskräfte beim Lauf über Bandführungen und Köpfe gewährleistete (beim Schichtband auch die Haftung auf der Trägerfolie). Zweitens war es klar, dass der Guss auf 2 m-Glasplatten so bald wie möglich von einem Verfahren abzulösen war, das Magnetband praxisgerechter Länge lieferte – auf Grund der Vorgaben Bandgeschwindigkeit 1 m/s und Spielzeit 10 Minuten waren das 600 m.

Matthias und Friedmann experimentierten freizügig mit Anleihen bei der Fotofilm- beziehungsweise Fotopapier-Fabrikation. Wenig Erfolg hatten sie mit dem „Trommelgießer“, bei dem die Gießlösung auf den Mantel eines Zylinders aufgetragen wird. Bei gegebener Trocknungszeit erlauben größere Durchmesser höhere Gießgeschwindigkeiten, ebenso steigt (nach McMurphy exponentiell) der Aufwand für die notwendige mechanische Präzision, etwa an die Rundheit der Oberfläche und die Gleichmäßigkeit der Rotation. Eine „alte Riemenscheibe“, gegen Jahresende 1933 zum „Masseband“-Guss hergerichtet, dürfte bald wieder beim Schrott gelandet sein.⁵⁸⁰ blieb das zweite, in der Fotofilmtechnik gebräuchliche „Bandgießverfahren“. Es geht auf das Agfa-Patent DE 134 963 „Verfahren zum Begießen von Filmbändern“ (15. Januar 1901) zurück. In den dreißiger Jahren betrachtete man als Hauptteil einer Film-Gießmaschine „... ein hochpoliertes, über ein Meter breites, endloses Kupferband, das langsam durch einen mit sorgfältig gereinigter Warmluft gefüllten langen Kanal geführt wird und auf das ein sogenannter Gießer die Lösung in bestimmter Dicke auffließen lässt.“⁵⁸¹ Für eine bescheidene Versuchsfertigung war eine solche Maschine natürlich überdimensioniert, eine kleinere Ausführung bot kein Hersteller an, so dass Matthias und Friedmann an den Selbstbau gingen,

... weil eine Bandgiessapparatur für Versuchszwecke mit unseren Mitteln leichter zu bauen war ... der Grundfilm wird mit einem Giesser auf ein endloses umlaufendes Stahlband aufgegossen. Das Band durchläuft einen Trockenkanal, in dem der Grundfilm durch erwärmte Luft von Aceton befreit wird. Nach dem Verlassen des Kanals wird auf das trockene Cellitband wiederum mit einem Giesser die Eisenmasse aufgegossen. Es folgt einer weiterer Trockenkanal, an dessen Ende das Sprechband von der Stahlunterlage abgelöst und aufgespult wird. ...

Die Giesser für Grund- und Eisenfilme bestehen aus einer Giessergrundplatte aus Stahl, in der das Stahlband läuft und dem eigentlichen Giesser, einem trichterförmigen Gefäß, der mit einem regulierbaren Schieber, der die auslaufende Lackmenge dosiert, versehen ist. In der Grundplatte läuft das Stahlband in einer ausgefrästen Rinne und zwar so, dass die Oberfläche des Bandes genau in der Oberfläche der Stahlplatte liegt. Wir erreichen dies dadurch, dass wir in der Führungsrinne unter dem Band einen Keil angebracht haben, der auf einer schrägen Fläche durch eine Spindel verstellt werden kann. Keil und Gleitfläche sind genau aufeinander eingeschliffen und ermöglichen so das Heben und Senken des Bandes bis die Oberflächen von Band und Grundplatte genau in einer Ebene liegen. Die Giesserschneide ist ebenfalls aus Stahl und kann durch zwei Mikrometerschrauben nach der Höhe und Seite verstellt werden. Im Eisengiesser läuft, um ein Sedimentieren des Eisens zu vermeiden, ein Rührer, der so gebaut ist, dass er einmal den Giesser nicht erschüttert, zweitens beim Rühren keine Luftblasen in die Giesslösung bringt.

Die Trockenkanäle haben wir aus Holz gebaut. Die Warmluft zur Trocknung liefert ein Fön. Zur Glättung der Oberfläche des Filmbandes läuft das Band zunächst, solange es noch nicht ganz trocken [ist], über einen Glasstab und wird dann später, kurz bevor es vom Stahlband abgelöst wird, mit einer Bügelwalze heiss gebügelt. Nach dem Bügeln löst sich das Filmband leicht vom Stahlband ab und wird auf eine Spule aufgespult, die mit einer Rutschkupplung mit dem Bandantrieb verbunden ist.⁵⁸²

Definitiver Übergang zum Schichtband

Bis zum Jahresbeginn 1934 war die Frage offen, ob ein Masseband oder ein Schichtband besser geeignet sei. Als sich die AEG darüber beschwerte,⁵⁸³ dass die Bänder schnell brüchig wurden und rissen, kam man in Ludwigshafen allmählich dahinter, dass „die Festigkeit des Acetylcellulosefilms durch eingelagertes Eisen sehr herabgesetzt wird“⁵⁸⁴ – ob hier „noch nicht geklärte Diffusionserscheinungen“ ursächlich waren,⁵⁸⁵ wurde nie enträtselt, denn der elegante Ausweg war, zuerst eine belastbare Trägerfolie aus Celluloseacetat zu gießen, die den Großteil der Beschleunigungskräfte beim Starten und Anhalten aufnehmen konnte, und in einem zweiten Arbeitsschritt die Magnetschicht auf die Unterlage aufzutragen, die dann so viel magnetisch aktives Material enthalten konnte, wie die notwendige Abriebfestigkeit, also der Zusammenhalt von Bindelack und Pigment, erlaubt. Wenn auch kein Dokument mit einem präzisen Datum für den Übergang vom Masseband zum Schichtband vorliegt, so zeigen doch Anhaltspunkte, dass die Entscheidung zwischen Dezember 1933 und Februar 1934 fiel.⁵⁸⁶ Abgesehen vom Intermezzo der als Notlösung gefertigten „Massebänder“ zwischen 1943 und 1954, hat dieses „Zweischicht-Konzept“ während der ganzen Lebensdauer der Magnetbands seine Gültigkeit behalten.

Doch selbst Celluloseacetat war nicht von vornherein selbstverständlich, wie man vielleicht wegen seiner breiten Verwendung als Sicherheits-Fotofilm („safety film“) im Kinefilmbereich annehmen sollte. Für Celluloseacetat sprachen die kurze Trocknungszeit beim Folienguss und das anspruchslose, preisgünstige Lösungsmittel

Azeton.⁵⁸⁷ Die Entscheidung für Celluloseacetat fiel erst zwei Jahre später, als mit Hilfe eines Spezialisten der Cel-
lit-Abteilung des I.G. Farben-Werks Dormagen der bestgeeignete Typ gefunden war.⁵⁸⁸

Mit Azeton als Lösungsmittel verarbeitet, war Celluloseacetat Hauptbestandteil sowohl der Trägerfolie als
auch der Begussmasse (Dispersion), was eine ebenso rationelle wie übersichtliche Fertigung des Magnetophon-
bands Typ C erlaubte. Es ist anzunehmen, dass schon aus diesem Grund „Acetatbänder“ bis etwa zur Mitte der
fünfziger Jahre nennenswerte Marktanteile hielten und noch Anfang der 1970er Jahre produziert wurden.⁵⁸⁹ In
der Anwendung hatte Celluloseacetat neben seinen Schwächen – es reißt leicht und ist feuchtigkeitsempfindlich –
auch einen Vorteil: rissen die Bänder, dann praktisch ohne Verdehnung, so dass die Bruchstelle „unhörbar“ mit
Klebeband repariert werden konnte.

Um die Reißfestigkeit und Wasserbeständigkeit der Trägerfolie zu erhöhen, wurde auf drei bis vier Teile Cel-
luloseacetat ein Teil Cellulosenitrat zugesetzt, was die Feuersicherheit des Films noch nicht verschlechterte. Nit-
rozellulose – eine „unkorrekte, in der Technik aber noch häufig verwendete, veraltete Bezeichnung für Cellulosenitrat,
dem Salpetersäurester der Cellulose“ – hieß mit gutem Grund auch „Schießbaumwolle“. Das Ausgangsprodukt ist
eine „weisse, faserige, geruchs- und geschmacklose Masse, die beim Entzünden, auch in Abwesenheit von Sauerstoff, spon-
tan und ohne Rauchentwicklung verbrennt“⁵⁹⁰, allerdings unter beträchtlicher Wärmeentwicklung. Kinefilme auf Cel-
lulosenitrat – hier wegen seiner optischen Eigenschaften geschätzt – sind für zahllose Schadensfeuer verantwort-
lich, nicht zuletzt auch für den Großbrand, der am 19. August 1935 die Berliner Premiere des Magnetophons
überschattete. Weshalb also die Magnetbandentwickler die Arbeit auf sich nahmen, 16 verschiedene Materialien
(darunter diverse Celluloseabkömmlinge, Polyvinylchlorid (!), Polystyrol, Polyacrylsäureester und Mischpoly-
merisate der beiden letztgenannten) zu untersuchen, ist nicht bekannt; vielleicht traute man dem Cellulose-
acetat keine haltbaren Folien von nur 30 µm Dicke zu.⁵⁹¹ Jedenfalls landete man schlussendlich bei einer Zusam-
mensetzung, die „in der Filmfabrik Wolfen zur Herstellung der Sicherheitsfilme verwendet wird“⁵⁹² – was einerseits
Matthias' Fähigkeiten als Experimentator und Entwickler unterstreicht, andererseits vielleicht durch einfaches
Nachfragen in Wolfen, etwa bei John Eggert, zu klären gewesen wäre⁵⁹³ – auch bei der AEG wunderte sich man-
cher über diese zeitaufwendige Eigenbrötelei. Schüller erinnerte sich: „Ebenso wie man bei AEG die Tonfilm-Erfah-
rungen bei Klangfilm nicht nutzte, so glaubte man bei IG-Farben die Kenntnisse der Filmfabrik Wolfen entbehren zu kön-
nen.“⁵⁹⁴

Bei der ersten Band-Gießmaschine, die Eggert bei seinem Besuch am 30. Januar 1934 bereits in Betrieb fand,
war das Stahlband 7 mm breit und 12 m lang. Die bis März 1934 gefertigten Bänder waren insgesamt 5 mm, die
Magnetschicht allerdings nur 3 – 4 mm breit (Abbildung 81); als Folge schliffen ihre unvermeidlichen Randwulste
die Magnetköpfe ein. Mitte Mai 1934 stimmte die AEG einer Bandbreite von 6 mm und einer „Eisenfilmbreite“
von 5 mm zu; die Schichtdicke dürfte also bei 20 µm, die Gesamtdicke – wegen der geforderten Reißfestigkeit –
eher bei 80 als bei 60 µm gelegen haben.⁵⁹⁵ Aus der Standard-Bandlänge 600 m und der Gießgeschwindigkeit um
2 m/min ergibt sich, dass ein solches Band rund fünf Stunden Gießzeit benötigte.

Diese Gießmaschine ist bald auf 20 mm breites Stahlband umgebaut worden. Die Zeit des „eisenfreien Ran-
des“ war nach wenigen Monaten schon wieder vorbei, nachdem I.G. Farben und die AEG zugunsten nochmals
verbesserter Reißfestigkeit endgültig auf die Bandbreite 6,5 mm übergingen. Vermutlich war jetzt der gegossene
Streifen 16 – 17 mm breit, daraus wurden zwei wulstfreie Magnetbänder von je 6,5 mm ausgeschnitten.

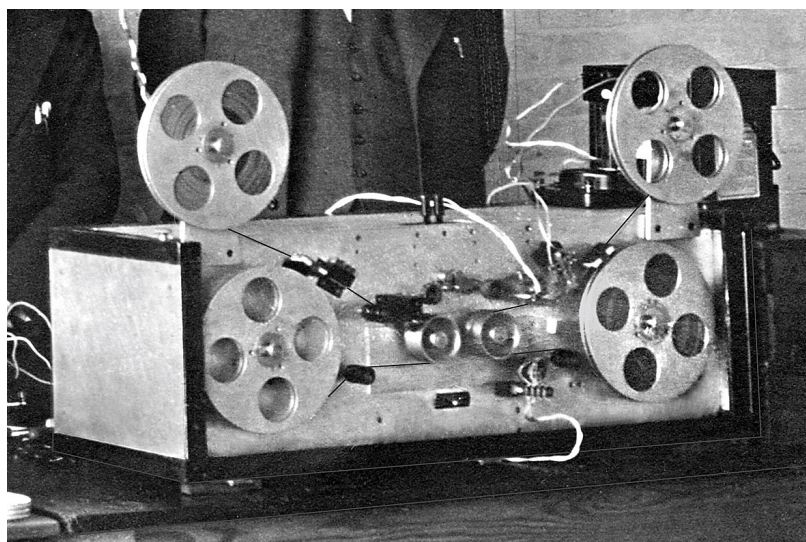


Abbildung 66: Das erste Magnetton-Versuchsgerät des AEG-Fernmeldelabors im Kabelwerk Oberspree, Stand November 1933. Das symmetrisch aufgebaute Doppellaufwerk arbeitete mit Tonrollen relativ großen Durchmessers ohne Andruckrollen (!); der Aufbau zeigt Verwandtschaft mit einem Kinefilmprojektor. Der Bandlauf ist nachgezeichnet.

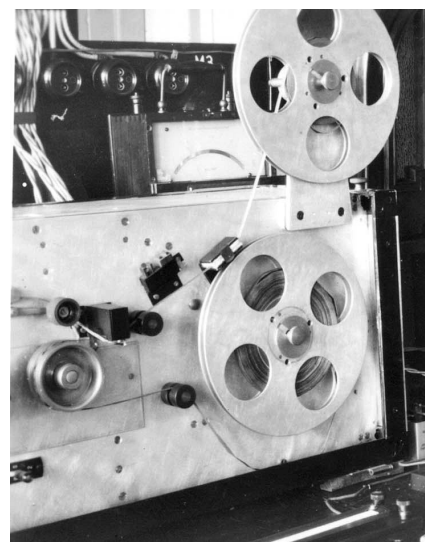


Abbildung 67: Der rechte Laufwerks-Teil des Magnetton-Versuchsgeräts 1 im Späthjahr 1933.

Laufwerk und Bandtransport

Hauptaufgabe des Laufwerks ist, das Band vom Vorratswickel abzuspuhlen, mit gleichförmiger Sollgeschwindigkeit exakt an den Magnetköpfen vorbeizuführen und wieder aufzuwickeln. Ideale Verhältnisse vorausgesetzt, würde das Band beim Aufwickeln so stark gezogen, auf der Abwickelseite so weit gebremst, dass es mit der Sollgeschwindigkeit läuft und mit gleichmäßigem Andruck an den Magnetköpfen aufliegt – das heißt, unabhängig vom Durchmesser der beiden Bandwickel.

Mit der seit etwa 1980 verfügbaren, hochkomplexen Regelungstechnik wäre dieser „ideal einfache“ Antrieb zu verwirklichen,⁵⁹⁶ aber nicht mit den Mitteln der Jahre 1930 – 1950. So kommt ein drittes Antriebselement hinzu, nämlich die Tonrolle (besser, aber weniger gebräuchlich: Bandantriebswelle), die das Magnetband durch Reibung (Frikktion) mitnimmt. Die – immer im Idealfall – perfekt runde und vollkommen gleichmäßig rotierende Tonrolle sorgt also für konstante Bandgeschwindigkeit. Das Magnetband auf ganzer Breite an die Tonrolle anzudrücken ist Sache der Andruckrolle, deren Lauffläche mit einem elastischen, griffigen Material belegt ist, so dass das Band nicht nur entlang einer Linie, sondern auf einer realen Fläche anliegt. Zwischen den Umlenkrollen, der Tonrolle und (Gummi-)Andruckrolle ist das Band gewissermaßen „eingespannt“.

Das Problem ist nun, ungeachtet der beim Bandablauf gegenläufigen Wickeldurchmesser, den Bandzug – Resultat der Kräfte, die das Band auf der einen Seite bremsen, auf der anderen ziehen – so gleichmäßig wie möglich und auf Sollwert zu halten. Stotternde Bremsen beim Abwickeln, Rucke beim Aufwickeln würden die Bandgeschwindigkeit immer wieder für kurze Augenblicke verändern. Zu starker Bandzug auf einer Seite kann sowohl das Band übermäßig beanspruchen als auch die Bandgeschwindigkeit dauerhaft verändern.

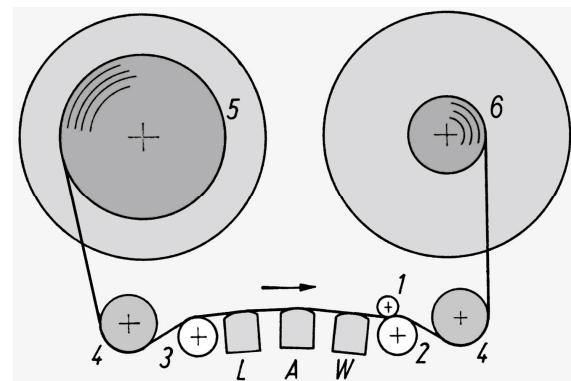
Welche Toleranzen hier zulässig sind, bestimmt unser gegen Tonhöhenchwankungen verblüffend intolerantes Gehör: mehr als allenfalls 1,5 Promille Abweichung gelten bei kritischem Musikmaterial – Klavier, Cembalo – bereits als lästig (Jaulen). Konstante Abweichungen zwischen Bandgeschwindigkeit bei Aufnahme und Wiedergabe – oder Bandanfang und Bandende – fallen erst bei größeren Fehlern auf. Bedenkt man aber, dass rund 6 % Tonhöhenunterschied bereits einen Halbton ausmachen, versteht man die Forderung an Studiogeräte, die Bandgeschwindigkeit „langfristig“ auf 1 % konstant zu halten. Schließlich kommt es vor, dass bei Musikproduktionen ein Aufnahmeteil vom Bandanfang mit einem vom Bandende zusammen montiert wird – Tonhöhen sprünge können dabei nicht geduldet werden.

Zudem liegt es in der Natur bandförmiger Träger, dass sie häufig umgespult werden müssen. Umspulzeit ist verlorene Zeit. Primär wird dabei gefordert, dass sie so kurz wie möglich bleibt; dabei darf das Band weder zu stark belastet noch der Bandwickel lose werden. Bei Studiogeräten muss zudem die Umspulggeschwindigkeit variabel sein, um bestimmte Bandstellen schnell anfahren zu können. Außerdem muss das Band auch aus vollem Lauf schnell zum Stillstand abgebremst werden, natürlich wieder, ohne seine Belastbarkeit zu überschreiten. Gerade beim Schneiden und Montieren folgen Umspul- und Abspielschritte schnell und häufig aufeinander, und das bei professionellen Geräten gelegentlich über mehrere Stunden hinweg. Studiogeräte müssen also durchaus robust und zudem ergonomisch einwandfrei konstruiert sein, was nicht zuletzt ihren Preis erklärt. Man sieht, dass an das Laufwerk eines Tonbandgeräts komplexe Forderungen gestellt werden. Bei Studiogeräten hat der Konstrukteur, was den Aufwand und damit den Preis des Geräts angeht, natürlich einen größeren Spielraum als bei Konsumergeräten. Niedrigpreis-Geräte sind nur mit Kompromissen realisierbar: sie müssen mit einem Motor als Antriebsquelle auskommen, die restlichen Forderungen versucht man mit einem Getriebe aus Riemenscheiben, Reibrädern oder Rutschkupplungen (der ältere Fachbegriff heißt Friktionen) zu erfüllen. Diese Bauelemente reiben an- und aufeinander und nutzen sich dementsprechend ab. Analog dazu lässt die Aufnahmequalität allmählich nach, das Gerät muss gewartet werden oder – typisches Schicksal aller Endverbraucher-Geräte – es wird betriebsunfähig und verschrottet.

Abbildung 68: Das Laufwerk eines Tonbandgeräts (Prinzipskizze für den Stand ab etwa 1935), Blick von oben.

① Tonrolle (Antriebsrolle), angetrieben vom Tonmotor; ② Gummi-andruckrolle (meist von einem Elektromagneten angedrückt), ③ Filterrolle (zur zusätzlichen Bandberuhigung, später bevorzugt zwischen Aufnahme- und Wiedergabekopf angeordnet), ④ Umlenkrollen, ⑤ linker und ⑥ rechter Bandwickel (bei Drei-Motoren-Geräten vom linken und rechten Wickelmotor angetrieben); L Löschkopf, A Aufnahmekopf, W Wiedergabekopf. Der Pfeil zeigt die Bandlaufrichtung.

Gezeichnet ist die Anordnung für „Schicht außen“, das heißt, die Schicht des Tonbandes liegt auf der Außenseite der Bandwickel.



Die Konstruktionserfahrung hat gezeigt, dass sich zuverlässige Geräte mit Einmotoren-Antrieb nur für einen Bandwickel beziehungsweise Spulen-Durchmesser bis etwa 18 cm, ausnahmsweise 22 cm, realisieren lassen. Die erheblichen Kräfte, die bei größeren Wickeldurchmessern (z.B. 26,5 cm, gelegentlich bis über 30 cm, insbesondere bei Bandbreiten bis 2 Zoll = 50,8 mm) auftreten, sind nur mit drei Motoren – dem Drei-Motoren-Antrieb – zu beherrschen. Der Tonmotor übernimmt den Bandantrieb auf Arbeitsgeschwindigkeit, die beiden Wickelmotore sorgen für konstanten Bandzug bei Aufnahme und Wiedergabe sowie kurze Umspulzeiten bei begrenztem Bandzug.

Auch beim Umspulen ist die Regelung des Bandzugs unumgänglich, das gilt nicht zuletzt für den in Mitteleuropa üblichen Betrieb mit flanschlosen Wickelkernen. An locker gewickelten Zonen kann der Wickel nämlich beim Transport oder ungeschickter Handhabung auseinanderfallen, was zumindest einigen Arbeitsaufwand erfordert. Wickelretter (Abbildung 566, Seite 466) erwiesen sich in solchen Fällen als unschätzbare Hilfe, wie schon der Studiojargon „Katastrophenbobby“ zeigt.

Bis etwa 1975 waren auch bei Studiogeräten mechanische (und damit wartungsbedürftige) Bremsen Stand der Technik; sie verloren an Bedeutung, als komplexe programmierbare elektronische Steuerschaltungen die Bandzugregelung in allen Betriebszuständen übernahmen. Das hatte zur Folge, dass der Steuerungs-Aufwand allein für den Wickelmotor eines 2-Zoll-Studiogerätes mit 14-Zoll-Spulen (Gewicht jeweils um 9 kg) den Bauteile-Gesamtaufwand eines Magnetophon-Gerätes aus den Jahren 1935 – 1945 um ein Mehrfaches übertraf.

Elektromagnetische Funktionen; Magnetköpfe, Vormagnetisierung, Entzerrung

Der Bandtransport ist die augenfälligste Funktion eines Tonbandgeräts; die Arbeitsweise von Magnetköpfen, des Tonbands selbst und der Verstärker ist zwar genau so wichtig, aber keineswegs so offensichtlich.

Sollen Schallsignale (etwa Musik, Sprache, Geräusche) auf Magnetband gespeichert werden, müssen derartige *akustische* „Zustandsgrößen“ letztlich in gleichwertige *magnetische* Zustandsgrößen, also Magnetfelder, gewandelt werden (man spricht auch von der Umwandlung einer Zeitfunktion – die Schallsignale – in eine Ortsfunktion, nämlich die Aufzeichnung auf dem Tonband). Diese Magnetfelder durchsetzen das Tonband und legen dort ihr permanentes Abbild nieder. Ist eine derartige Aufzeichnung vom Tonband wiederzugeben, werden die gespeicherten Magnetfelder abgetastet und letzten Endes wieder in Schallsignale verwandelt. Die hier entscheidend wichtigen Wandler sind die Tonköpfe (allgemeiner: Magnetköpfe).

Weil aber akustische Zustandsgrößen nicht ohne weiteres in magnetische (oder umgekehrt) umgesetzt werden können, kommen weitere Wandler und Vorrichtungen hinzu (ihre allgemeine Arbeitsweise wird als bekannt angenommen), bei der Aufzeichnung beispielsweise Mikrofone – sie verarbeiten Schallsignale zu elektrischen Zustandsgrößen – und Verstärker – sie passen die elektrischen Signale der Arbeitsweise des Aufnahme-Magnetkopfs und des Tonbandes an. Zur Wiedergabe setzt ein weiterer Magnetkopf (dank magnetischer Induktion) die auf dem Tonband fixierten magnetischen Felder in elektrische Signale um. Sie steuern einen weiteren Verstärker derart, dass aus den angeschlossenen Lautsprechern oder Kopfhörern, also elektrisch-akustischen Wandlern, die ursprünglichen Schallsignale erklingen.

Leider bleibt die Tonbandtechnik in der Praxis nicht so vergleichsweise übersichtlich. Komplikationen verursacht in erster Linie das Tonband selbst; kleinere Beiträge stammen vom Wiedergabekopf. Nun ist es ausgeschlossen, hier auch nur in gedrängter Form zu diskutieren, was unter Stichworten wie Vormagnetisierung, Arbeitspunkt, Entzerrung, Aussteuerbarkeit, Dynamik, Frequenzumfang und anderes mehr in der Fachliteratur zu finden ist. In aller Kürze so viel:

- Dem Tonband muss, damit es optimale Resultate liefert, bei der Aufnahme neben dem eigentlichen Nutzsignal eine Art Zusatzenergie zugeführt werden, die einen beträchtlichen Teil der „Magnetisierungsarbeit“ zu leisten hat; dies ist die „Vormagnetisierung“, zunächst als Gleichstrom, seit 1940 als höherfrequenter Wechselstrom. Die optimale Größe dieser Zusatzenergie definiert den sogenannten „Arbeitspunkt“; er liegt in der Mitte des (mehr oder weniger) geradlinigen Teils der Arbeitskennlinie und sichert damit kleinstmögliche Verzerrung bei größtmöglicher Aussteuerung, also maximale Dynamik;
- physikalisch bedingt, gibt der Wiedergabekopf mit steigender Frequenz höhere Spannungen ab, gleichstarke Magnetfelder auf dem Band natürlich vorausgesetzt; dieses Verhalten wird als „Omega-Gang“ charakterisiert. Bei hohen Frequenzen ist zusätzlich noch der Einfluss der Wiedergabekopf-Spaltbreite zu kompensieren;
- insbesondere bei höheren Frequenzen (genauer: kürzeren Wellenlängen) kann ein Tonband nicht das gleiche Maß an Energie abgeben wie bei niedrigen Frequenzen (also großen Wellenlängen). Da aber ein „geradliniger Frequenzgang“, d.h., die gleichmäßige Wiedergabe aller Tonlagen, unumgänglich ist, müssen bei Wiedergabe diese schwächeren Tonhöhenbereiche angehoben werden. Die Anhebung muss sinnvollerweise genormt sein (Bandaustausch!). Die Gesamtheit der erforderlichen Maßnahmen ist unter dem Stichwort „(Wiedergabe)-Entzerrung“ zusammengefasst, einem der komplexesten Kapitel der analogen Tonbandtechnik überhaupt, nur übertroffen von der Theorie der Vormagnetisierung;
- die Aufzeichnung auf einem Tonband wird gelöscht, indem es der Löschkopf bis an seine Grenzen magnetisiert („in die Sättigung treibt“); damit sind alle individuellen Magnetfelder eingeebnet. Abgesehen von den ersten Entwicklungsstufen der Tonbandtechnik wird das Magnetmaterial im gleichen Arbeitsgang auch noch gründlich entmagnetisiert, das heißt, nach der „Wechselfeldlöschung“ (weil mit Wechselstrom erreicht) sind keine Magnetfelder mehr vorhanden, allenfalls noch verschwindend kleine.

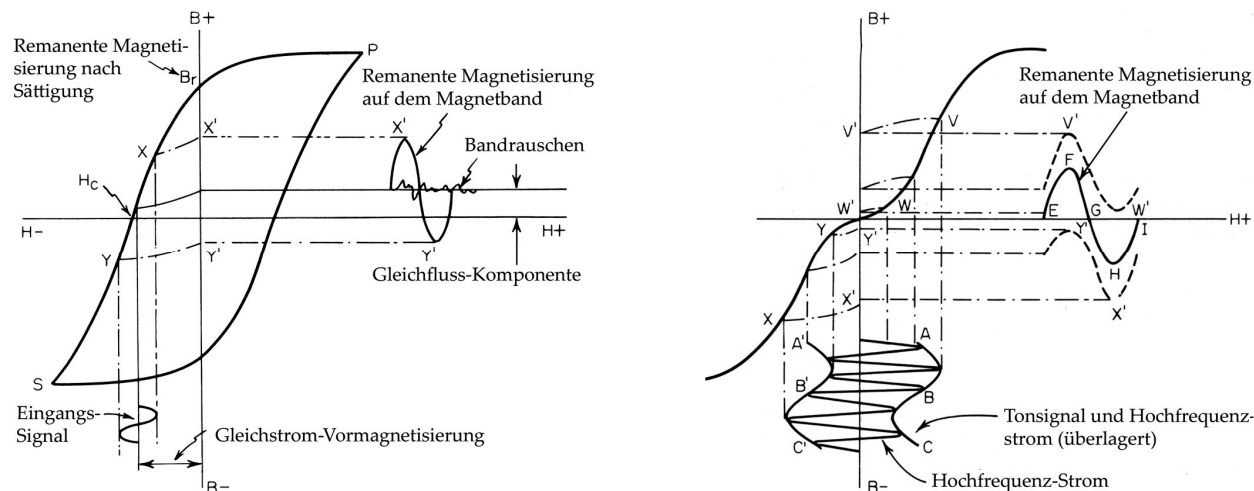


Abbildung 69: Die wichtigsten Unterschiede zwischen Gleichstrom-Vormagnetisierung (LINKS) und Wechselstrom- beziehungsweise Hochfrequenz-Vormagnetisierung (RECHTS), schematische Modellvorstellung.

Das „Doppellaufwerk“

AEG betonte im Februar 1934 gegenüber I.G. Farben, dass man „zum Ausprobieren der Tonmaschine ... bislang ausschließlich auf das von uns selbst hergestellte Papierband angewiesen“ sei.⁵⁹⁷ Das heißt, dass Ludwigshafen bis dahin nur „Kurzlängen“ liefern konnte, während die zeitweise noch von Fritz Pfeumer betreute Gießvorrichtung der AEG einigermaßen praktikable Längen produzierte. In der Tat haben sich solche Probeaufnahmen von Anfang 1934 auf Papierband aus dem Fernmeldelabor im KWO erhalten; sie sind meist etwas über eine Minute lang, was Bandlängen von 60 bis 90 m voraussetzt.⁵⁹⁸

Wie bereits beschrieben, hatte sich die AEG eine Endlos-Apparatur zur Bandprüfung gebaut, die wenigstens so lange in Betrieb war, wie I.G. Farben nur kurze Bandproben liefern konnte. Bis Mitte 1933 war sie sogar das einzige „Magnetongerät“ des Fernmeldelabors; Pfeumers Vorführgerät wurde bei der AEG schon wegen dessen Bandbreite von 16 mm nicht benutzt. Die Endlosapparatur zeigte, dass man derzeit wenigstens eine Bandgeschwindigkeit von 1 m/s brauchte, um an akzeptable Ergebnisse denken zu können.

Wie aber sollte ein praktisch verwendbares Gerät aussehen? Zwei AEG-Konstrukteure namens Günther und Schwenke,⁵⁹⁹ die mit einiger Sicherheit aus dem Kinefilm-Bereich stammten, bauten um 1932 / 1933 ein als „Doppellaufwerk“ bezeichnetes Gerät für das 5 mm-Papierband aus AEG-Produktion. Wie bei einem Filmprojektor stehen die Spulen übereinander, sie sollten etwa 300 m Band für fünf Minuten Spielzeit aufnehmen können. Weil das denn doch zu kurz erschien, wurden zwei identische Einheiten spiegelsymmetrisch vertikal nebeneinander angeordnet. Man wollte von der einen Einheit auf die andere überblenden, so dass die Aufnahmedauer beinahe unbeschränkt gewesen wäre.



Abbildung 70: Theo Volk (zweiter von links), seit 1931 Leiter des Fernmelde-Labors der AEG im Kabelwerk Oberspree, mit vier seiner Magnetophon-Entwickler (von links): Karl Siegfried Müller, Hans Westpfahl, Eduard Schüller und Fritz Voigt. Der Herr rechts außen gehört zur Verwaltung des Kabelwerks Oberspree. – Aufnahme vom 10. November 1933.

Nach Eduard Schüller besaß das Versuchsgerät 1 einen Synchronmotor für den Bandantrieb und einen (Asynchron-)Motor zum Aufwickeln und Umspulen, dazu die entsprechenden Riemengetriebe und Rutschkupplungen an der Aufwickelspule, allerdings keine Schwungmasse.⁶⁰⁰ Die eigentlichen Band-Antriebs Elemente bilden die beiden Hohlzylinder (in halber Höhe des Geräts), um die zwei Leitrollen das Magnetband im Halbkreis herumführen; genügende Reibung vorausgesetzt, sollte das Magnetband ihre Umfangsgeschwindigkeit annehmen.⁶⁰¹ Als Schwachpunkte dieses Modells stellten sich bald die niedrige Umdrehungszahl dieser „Tonrollen“ heraus, dann zeigte sich, dass der Abstand zwischen Tonkopf und ziehender Tonrolle möglichst kurz sein und das Tonband vom Kopf unmittelbar auf die Tonrolle geführt werden musste, wollte man Schwingungen durch die Elastizität des Tonbands vermeiden. Daraus resultierten nämlich sowohl deutliche Tonhöhenchwankungen wie auch ein unruhiger Lauf des Magnetbandes. So bot dieses Laufwerk genug Gelegenheit, um aus Fehlern zu lernen – allerdings lief auch noch beim folgenden Versuchsgerät das Magnetband zuerst über die Gummiandruckrolle anstatt auf die Tonrolle (Abbildung 78, Seite 78).

Zunächst war dieses Versuchsgerät 1 mit Aufnahme-Wiedergabeköpfen nach den Patenten von Keller und Volk,⁶⁰² möglicherweise auch Pfeumer, bestückt; die Wiedergabequalität war insgesamt eher dürftig.⁶⁰³ Schon

bei diesem Gerät war das Magnetband „Schicht außen“ gewickelt (die Schichtseite zeigte also vom Mittelpunkt der Spule weg), wie in Abbildung 69 zu erkennen ist. Die AEG wählte diesen Wickelsinn, weil die damaligen Magnetbänder immer zur Querkrümmung tendierten, das heißt, eine Miniatur-Regenrinne bildeten, wobei die Trägerfolie die Innenseite der Rinne bildete. Solche Bänder wickelten nur mit „Schichtlage außen“ sauber.⁶⁰⁴

Abbildung 70 zeigt einige Mitarbeiter – oder Gefolgschaftsmitglieder, wie es in jener Zeit hieß – des AEG-Magnetophon-Teams; darunter Eduard Schüller, Theo Volk, Leiter des Fm/Lb, und Hans Westpfahl. Westpfahl hat lange Strecken seines Berufslebens mit Eduard Schüller geteilt und eine gut dokumentierte Sammlung hinterlassen.⁶⁰⁵ Hier hat er auch festgehalten, dass es sich bei diesem zwischenzeitlich häufig veröffentlichten und deshalb recht bekannten Bild um eine gestellte Aufnahme handelt.⁶⁰⁶ Der Anlass war zwar real: es war der erste „Betriebsappell“, bei dem Adolf Hitler in einer deutschen Fertigungsstätte (diesmal im Berliner Siemens-Werner-Werk) eine Rede hielt und zu der die anderen Werke mit ihren Belegschaften über Rundfunk zugeschaltet waren. Real war auch der Plattenspieler auf dem mittleren Tisch, der vor Beginn der Rede Marschmusik zur Einstimmung der Belegschaft abspielte. Der „falsche Fuffziger“ war das rechts stehende „Tonbandgerät“, bei dem es sich um das von der AEG gebaute Versuchsgerät 1 handelte, das für die Aufnahme einer Rede nicht geeignet war, jedenfalls solange es – nach Schüller – noch mit „Quermagnetisierungsköpfen“ arbeitete.

Theo Volk (18... – 19...)

Vom Lebenslauf Theo Volks ist, außer seinen Magnetton-Aktivitäten, nur wenig bekannt geworden. Der früheste Anhaltspunkt ist ein von „Dr. Erich F. Huth G.m.b.H. und Dr. Theo Volk in Berlin“ im Jahr 1919 angemeldetes, 1923 ausgegebenes Patent „Einrichtung zur Verstärkung elektrischer Schwingungen“, woraus zu schließen ist, dass Volk um 1890 geboren sein dürfte.⁶⁰⁷ Im August 1924 melden die C. Lorenz AG Telephon- und Telegraphenwerke, Eisenbahnsignal-Bauanstalt ein schlicht „Telephon“ benanntes Patent an, das als Erfinder Theo Volk ausweist. Sein nächstes Lebenszeichen stammt vom November 1924, als er zusammen mit der Firma Franz Schneider Maschinenwerke G.m.b.H. aus Seegefeld bei Spandau einen „Kopffernhörer“ patentieren ließ.



Seine frühesten von der AEG angemeldeten Patente stammen aus dem ersten Halbjahr 1930 und behandeln komplexe Fragen aus dem Fernsprechkreis, auch über die Konstruktion von Pupinspulen, bei denen I.G. und die AEG zusammenarbeiteten. 1932 übernahm Volk die Leitung des neu gegründeten Fernmeldeabteils im Kabelwerk Oberspree. Nach Hans Westpfahl war er ein respektierter, motivierungsfähiger Vorgesetzter.⁶⁰⁸ Patente aus den Jahren 1933 bis 1935 belegen, dass er seine Arbeiten im Fernsprechkreis fortzusetzen hatte, also nicht ausschließlich für das Magnetophon zuständig war. Eine solche Schwerpunktsverlagerung zeichnete sich im Frühjahr 1935 nach dem Umzug des Magnetophon-Teams in die Fabrik Drontheimer Straße (FDS) ab – Volk und seine Gruppe waren jetzt offenbar dem Apparatwerk Treptow unterstellt⁶⁰⁹ –, sie wäre spätestens nach der gelungenen Magnetophon-Premiere notwendig geworden,⁶¹⁰ was eine entsprechende organisatorische Aufwertung der Abteilung voraussetzt. Anfang Dezember 1935 hatte Volk das Missgeschick, sich von einem AEG-Nachtwächter in verhänglicher Situation überrascht zu sehen, was die fristlose Kündigung nach sich zog.⁶¹¹ Weitere, eher unpersonliche Lebensspuren von Theo Volk finden sich nur spärlich. Im Januar 1938 taucht er als Erfinder bei Telefunken auf, wo er 1940 an einem weiteren Patent beteiligt ist. 1943 meldet die Stabilovolt GmbH, Berlin – ihr Entwicklungsleiter ist zu dieser Zeit Erwin W. Müller, Erfinder des Feldelektronen- und des Feldionen-Mikroskops – eine Erfindung Volks zum Patent an, das jedoch erst 1954 ausgegeben wird

(da es keinen entsprechenden Vermerk zeigt, ist anzunehmen, dass Volk zu dieser Zeit noch am Leben war). Nicht recht zu Volks sonstigen Arbeiten will ein „Garnbehälter“ passen, der die „Herstellung von Handarbeiten“ erleichtern soll; Gebrauchsmusterschutz darauf beantragte er Anfang 1950.⁶¹² Mehr war bisher über Theo Volk nicht in Erfahrung zu bringen.

Eduard Schüllers Weg zur Magnetspeichertechnik

Reichlich fünfzig Jahre nach den ersten Ansätzen von Oberlin Smith, ein Menschenalter nach Valdemar Poulsen's Arbeiten und zu Curt Stilles Lebensmitte findet ein junger Ingenieur – man möchte sagen: ohne Umweg – zum wichtigsten Thema seines Berufslebens: ihm gelingt, unterstützt und begleitet von ähnlich hochqualifizierten Wissenschaftlern, der Durchbruch; die magnetischen Speicherung wird praktisch nutzbar.

Eduard Schüller, gelegentlich apostrophiert als Vater des Magnetophons, war gewiss der *primus inter pares* der Magnetbandtechnik; seine Entwicklungen (und die, die er anstieß) hatten mehr als ein halbes Jahrhundert Bestand. Selbst in Festplatten mit riesigen Kapazitäten arbeiten elektromagnetische Wandler, die im Prinzip auf seine Einstands-Erfindung, zum Patent eingereicht am 24. Dezember 1933, zurückgehen – der Ringkern-Magnetkopf erwies sich als ein wahres Weihnachtsgeschenk für die Nachrichtentechnik oder, um den aktuellen Terminus zu gebrauchen, die Informationstechnologie. Während jedoch die Biographien vieler seiner Kollegen – beste Beispiele sind Theo Volk und Friedrich Matthias – eher bruchstückhaft und nur aus offiziellen und firmeninternen Dokumenten zu erschließen sind, hat Schüller umfangreiche persönliche Notizen und aufschlussreiche Pu-

blikationen hinterlassen; sein technischer Nachlass hat diese Arbeit entscheidend bereichert. Es ist daher wohl gerechtfertigt, wenn hier seiner Lebens- und Arbeitsbeschreibung mehr Platz eingeräumt ist als der seiner Zeitgenossen.

In Fachkreisen ist Eduard Schüller (Abbildung 71) durchaus noch als einer der großen Erfinder des zwanzigsten Jahrhunderts bekannt, hat er doch etwa 100 Patente angemeldet, die größtenteils auch in industriellen Produkten realisiert worden sind. In der Allgemeinheit ist er weniger bekannt; er setzte sich zwar so für die Lösung technischer Aufgaben ein, dass man ihn heute als „workaholic“ bezeichnen würde, aber über seine Arbeit hat er nur wenige Veröffentlichungen geschrieben und selbst seiner Familie nur wenig erzählt.⁶¹³ So schreibt er 1973 an Reinhold Hahn, Leiter des AEG-Museums in Braunschweig, als er in die Bibliographie „Männer der deutschen Funk- Rundfunk- und Fernsehtechnik“ aufgenommen werden soll:

Trotz eifrigen Suchens habe ich nichts ermitteln können, was ich Ihnen als literarisches Erzeugnis anbieten könnte. Ich weiß, dass die Zahl der Veröffentlichungen ein entscheidendes Qualitätsmerkmal darstellt. Ich wäre nicht böse, wenn Sie auf die Aufnahme meiner Biographie verzichten würden, ich bin kein Wissenschaftler.⁶¹⁴

Hier stapelt er besonders tief; hundert teilweise bahnbrechende Patente können bestimmt als entscheidende Veröffentlichungen betrachtet werden. Daneben hat er seine Kenntnisse auch in Büchern veröffentlicht, etwa 1960 in dem grundlegendem Werk „Technik der Magnetspeicher“.⁶¹⁵ Diese Bescheidenheit ist wohl der Grund dafür, dass in vielen Veröffentlichungen über seine Erfindungen, zum Beispiel bei der Magnetophon-Entwicklung, nicht Schüller, sondern sein Arbeitgeber AEG genannt wird, obgleich er auf diesem Sektor bestimmt genau so viel geleistet hat wie später Walter Bruch für sein PAL-Verfahren – dort wird aber der Erfinder stets genannt, weil er sich neben dem Verfahren auch selber vermarkten konnte. Selbst in Schüllers Arbeitsstätten bei AEG und später bei Telefunken trat er so wenig in Erscheinung, dass viele Mitarbeiter – zumindest auf den unteren Ebenen – gar nicht wussten, wer im selben Werk arbeitete und wessen Erfindungen sie ihre Arbeitsstelle verdankten (siehe dazu auch Tabelle 26: Patentliste Eduard Schüller, Seite 638).⁶¹⁶

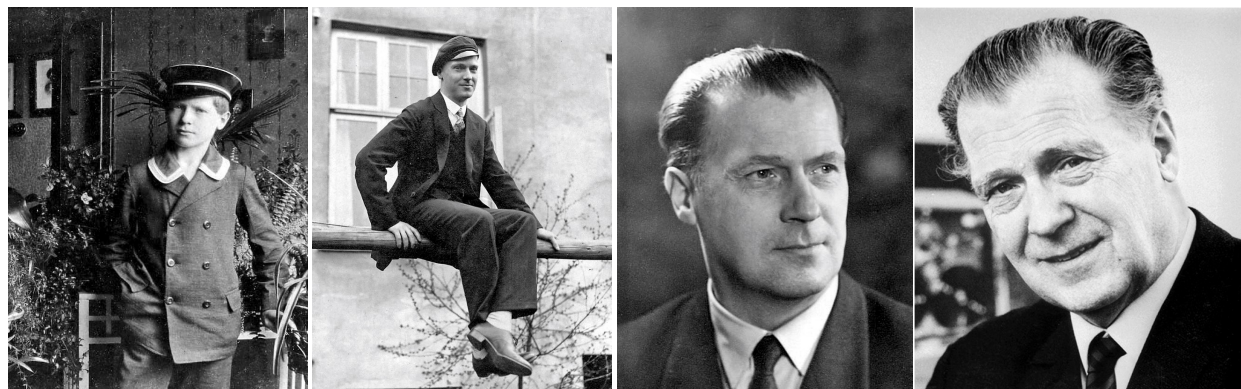


Abbildung 71: Eduard Schüller – ein Leben, vier Bilder. VON LINKS: als Schüler; als 21-jähriger Abiturient 1925; in den 1940er Jahren, RECHTS am 18. Dezember 1969, seinem letzten (offiziellen) Arbeitstag

Jugend und Ausbildung

Allgemein bekannt ist, dass Eduard Schüller am 13. Januar 1904 in Liegnitz geboren wurde. War er also ein Schlesier? Das wird man wohl verneinen müssen.⁶¹⁷ Warum?

Ganz entscheidend für den Lebenslauf Schüllers war sein Vater, Wilhelm Karl Alfred Schüller (Abbildung 72), der als Oberpostinspektor, ab 1911 Postrat, verantwortlich für den Aufbau von Telefon- und Telegraphenämtern war. So kam es, dass der gebürtige Hannoveraner (geb. 1. November 1869) zusammen mit seiner Familie häufig den Wohnort wechselte, je nachdem, wo gerade eine neue Zentrale aufzubauen oder zu erweitern war; 1898 wurde Tochter Dorothea ebenso wie 1901 Hildegard in Bremen geboren, Sohn Eduard 1904 in Liegnitz. Später lebte die Familie in Darmstadt, Dortmund, Erfurt und Berlin. 1924 wurde Alfred Schüller Präsident einer Oberpostdirektion (später Reichspostdirektion Oldenburg i. O.).

Den Kindern imponierte dieser Vater wegen seines Ansehens; zu Kaisers Zeiten als „Euer Hochwohlgeborren“ angeredet, Beförderungen vom Kaiser unterschrieben, war er im Ersten Weltkrieg für die Feldpost in Belgien zuständig, durfte deshalb einen langen Dienstsäbel tragen und „verdiente sich“ das EK 2 (Eisernes Kreuz Zweiter Klasse). Man wohnte trotz des häufigen Ortswechsels großzügig und gutbürgerlich, wie Jugendfotos von Eduard Schüller zeigen (Abbildung 71) und auch Zeitzeugen belegen: „auf dem langen Flur der stattlichen Dienstwohnung konnte ich prima rollern“.⁶¹⁸ Alfred Schüller wurde Mitte 1934 auf eigenen Wunsch vom Reichspräsidenten Paul von Hindenburg vorzeitig in den Ruhestand versetzt. Ursache sollen Meinungsverschiedenheiten mit den neuen Machthabern gewesen sein. Er starb am 4. November 1943 in Bad Salzungen.

Über einen direkten Einfluss von Schüllers Mutter Martha Schüller, geb. Högl (12. März 1877 in Oldenburg i. O., bis 6. Januar 1962 in Garmisch-Partenkirchen) auf seinen Werdegang ist wenig überliefert. Allerdings ist bekannt, dass in ihrer Familie eine gestalterische, künstlerische Begabung vererbt und gepflegt wurde, die offen-

sichtlich auch Eduard Schüller als funktionales Vorstellungsvermögen und Freude an konstruktiv perfekten, ästhetisch ansprechenden Lösungen besaß. Der Beruf der Bildhauerei lässt sich in der Familie Högl bis etwa Mitte des 18. Jahrhunderts zurück belegen, als Josef Högl, Bildhauer aus Wien, nach Warschau ging. Sein Sohn Franz Anton studierte in Petersburg, Paris und London, ehe ihn der Oldenburger Großherzog an seine Residenz berief. Die nächsten Generationen, Sohn Eduard Demetrius und Enkel Bernhard (Vater von Martha Högl), setzten diese Tradition erfolgreich fort – selbst Eduard Schüllers Schwester Dorothea, verheiratete Gerke, war wieder Bildhauerin.⁶¹⁹

Den direkten Einfluss seines Vaters auf seine Berufswahl hat Eduard Schüller selber bestätigt.⁶²⁰ Als er sich in den 1920er Jahren über seinen Beruf klar werden wollte, war er nicht so sehr von seines Vaters sechssitzigem Dienstwagen mit Chauffeur beeindruckt wie von dessen eigentlicher technischer Tätigkeit, war doch die Fernmeldetechnik in jenen Jahren Spitzentechnologie. Dabei lag ihm, im Gegensatz zu seinem Vater, weniger am „Managen“ neuer Fernmeldezentralen als an der eigentlichen, praktischen Lösung technischer Aufgaben.

Auf der anderen Seite belastete ihn der mit dem Beruf des Vaters verbundene häufige Wohnortwechsel so sehr, dass er 1923 seine humanistisch-gymnasiale Ausbildung „hinwarf“ und als Feinmechaniker-Lehrling bei der damals sehr bekannten Firma Mix & Genest in Berlin-Schöneberg begann.⁶²¹ Die Firma stellte Fernmeldetechnik und später auch Radios („Emgefunk“) her; ihre Aktienmehrheit war allerdings schon seit 1921 von der AEG übernommen worden.⁶²² Wie bekannt, hatte Mix & Genest schon kurz nach der Weltausstellung in 1900 die Verwertung der Erfindung von Valdemar Poulsen übernommen und bereits in 1900 zwei „Telegraphone“ herausgebracht, eines mit Drähten, das andere mit Stahlbändern als „Magnetogrammträger“.⁶²³

Da Alfred Schüller in jenen Jahren im Reichspostministerium arbeitete, konnte Eduard bei seinen Eltern in der Charlottenburger Mommsenstraße wohnen.⁶²⁴ (Charlottenburg – seinerzeit eine der reichsten Städte Deutschlands – war erst 1920 nach Berlin eingemeindet worden.⁶²⁵)

Schüller schloss nach zwei Jahren seine Lehre erfolgreich ab und kehrte („reuevoll“, wie er später schreibt) an eine Oberrealschule zurück und legte 1925 das Abitur ab. Danach arbeitete er ein Jahr lang in einem Konstruktionsbüro, was ihn „schon damals besonders interessierte“. Ab 1926 studierte er an der Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg (Immatrikulation am 22. 04. 1926 als „preußischer Staatsbürger“, Matrikel-Nr. 36790⁶²⁶). Er hörte bei Rudolf Franke Fernmeldetechnik (der übrigens diesen Begriff geprägt hat), bei Max Kurrein feinmechanische Fertigung und bei Erwin Meyer Akustik.⁶²⁷ Bei seiner Diplomarbeit kam er dann mit jener Aufgabenstellung zusammen, die ihn sein ganzes Leben lang nicht mehr losließ: der magnetischen Speicherung. Für dieses anspruchsvolle Thema lassen sich im Nachhinein seine Studienfächer als optimale Voraussetzung betrachten.



Abbildung 72: Die Eltern und der wichtigste Lehrer Eduard Schüllers:

LINKS das Ehepaar Martha und Alfred Schüller,

RECHTS: Erwin Meyer, Schüllers Mentor während seines Studiums an der Technischen Hochschule Charlottenburg. Das Bild zeigt ihn als Dekan des Dritten Physikalischen Instituts der Universität Göttingen



Durchbruch: Schüllers Diplomarbeit

Eduard Schüller wird zwar in Fachkreisen mit dem Titel „Vater der Magnetophontechnik“ geehrt, aber auch das ist noch zu kurz gegriffen, sind doch seine Patente unter anderem auch Basis für die magnetische Videotechnik, und selbst die moderne Computertechnik greift bei der Technik ihrer Festplattenspeicher auf Lösungen aus Schüllers Patenten zurück. Allerdings waren die ersten und kreativsten Jahre seines Lebenswerkes auf die Tonbandtechnologie konzentriert.

Schüller fertigte seine Diplomarbeit bei Erwin Meyer (1899 – 1972; Abbildung 72) an. Die Aufgabenstellung erfolgte per 1. August 1931,⁶²⁸ abgegeben wurde die Arbeit am 1. November 1931. Da Erwin Meyer erst 1928 vom Telegraphentechnischen (!) Reichsamt an die TH Charlottenburg und gleichzeitig als Leiter der akustischen Abteilung an das neu gegründete Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung wechselte und an diesen beiden Instituten seine akademische Lehr- und Forschungstätigkeit begann, konnte Schüller frühestens 1928 Mey-

ers Vorlesungen hören, so dass auch hier wieder der Zufall für Schüller optimal gewirkt hat.⁶²⁹ Meyer gilt als einer der großen Elektroakustik-Spezialisten, besonders nachdem er 1947 nach Göttingen berufen und dort nochmals Gründungsprofessor des heute sehr bekannten Dritten Physikalischen Instituts wurde.⁶³⁰

Das Thema von Schüllers Diplomarbeit wurde von Erwin Meyer folgendermaßen formuliert:

„Herrn Eduard Schüller, Matr.-Nr. 36790 wird folgende Diplomaufgabe aus dem Gebiete der technischen Akustik gestellt: Zur Übertragung von Sprache und Musik ist eine Stahlbandeinrichtung aufzubauen. An dieser Anordnung sind Messungen der linearen und nichtlinearen Verzerrungen auszuführen. Die bisher über Stahldraht- und Stahlband-Systeme erschienene Literatur ist zu sammeln und kritisch zu besprechen.“⁶³¹

Wohlgemerkt: es geht um Stahlbänder; an Tonbänder im heutigen Sinne dachte also offensichtlich auch Schüller „Diplomvater“ noch nicht. Aber die Aufgabenstellung zeigt, wie aktuell selbst drei Jahrzehnte nach Poulsens ersten Anläufen (Seite 13) das Thema magnetische Aufzeichnung immer noch war und trotzdem immer noch auf eine praktikable Lösung wartete. Die Hindernisse waren unübersichtlich und vielfältig; nicht zuletzt wird dazu beigetragen haben, dass der „Sprechkopf“ mehr oder weniger undifferenziert auf das Speichermedium (Draht, Band o. ä.) einwirkte. Im Gegensatz dazu greift etwa die Abspielnadel eines Plattenspielers geradezu punktgenau in die Rillen ein. Insofern war die Diplomaufgabe für Eduard Schüller eines großen Forschers würdig. Ob der ebenfalls junge Erwin Meyer das geahnt hat?

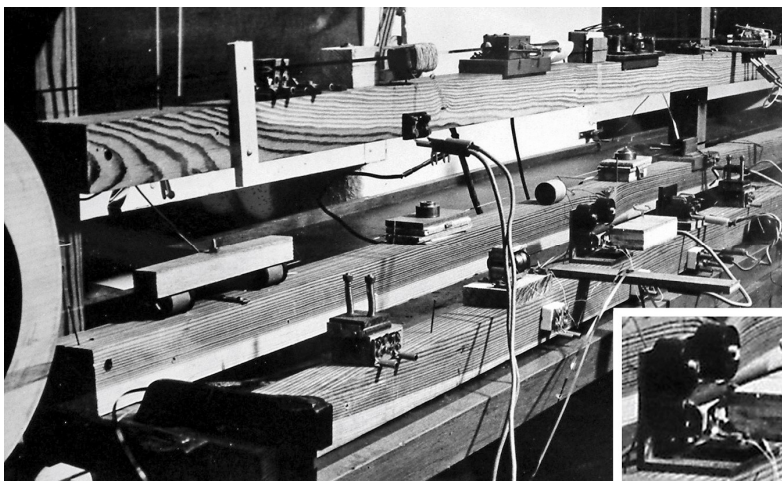
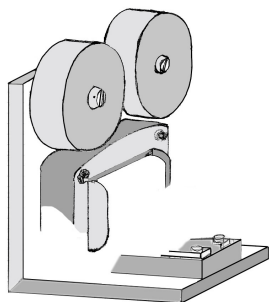
Nun, auch als Diplomand konnte Eduard Schüller das Problem (noch) nicht lösen. Das lässt sich sowohl aus der Diplomarbeit wie auch aus ihrer Veröffentlichung ersehen.⁶³² Aufschlussreich ist in dieser Beziehung auch die gemeinsame Anmeldung zweier Patente im September 1932, die aus der Diplomarbeit abgeleitete optimierte Tonköpfe zum Gegenstand haben: Erwin Meyer und Eduard Schüller, DE 621 522, „*Vorrichtung zur Schallaufzeichnung auf magnetisierbare Schallträger*“ und DE 656 834, „*Sprechkopf zur Wiedergabe von Magnetogrammen*“.

Das Ergebnis muss nüchtern zusammengefasst werden in der Erkenntnis, dass man auch jetzt noch keine überzeugende Lösung gefunden hatte. Sowohl der Aufnahmekopf im ersten Patent wie auch der Wiedergabekopf im zweiten war eine Zweikopfanordnung, wobei das Stahlband noch jeweils durch einen der zwei Köpfe hindurch geführt werden musste (!). Bei 3 m/s (!) Bandgeschwindigkeit erreichte man einen linearen Frequenzgang zwischen 50 und 9.000 Hz, musste dafür allerdings schon bei 200 Hz einen Klirrfaktor von 5 % zulassen und konnte nur eine Dynamik (lautestes Signal zu Hintergrundrauschen) von 25 – 35 dB erreichen. Kennzeichnend für den damaligen Stand der Technik ist eine Aussage im zweiten Patent: „*Es ist praktisch kaum möglich, einen Hörkopf zu bauen, der das ganze für Musikübertragung notwendige Frequenzband gleichmäßig wiedergibt.*“

Interessant ist die in der Diplomarbeit beschriebene und gebaute Versuchsanordnung dennoch, weil sie im weiteren Fortgang der Entwicklung noch Bedeutung erlangen wird (Abbildung 73). Interessant ist aber auch, dass im Sommer 1935 (!) zwischen den Patentanmeldern (die oben genannten Patente waren damals noch nicht erteilt) und den Firmen AEG sowie Siemens & Halske (!) ein Vertrag über die Nutzung der beiden Erfindungen abgeschlossen wurde.⁶³³ 1939 befanden sich beide Patente im Besitz der AEG.⁶³⁴

Abbildung 73 : Der Versuchsaufbau für die Messungen, die Schüllers Diplomarbeit zugrunde liegen. Der Bildausschnitt „Magnetkopf“ (Mitte des rechten Bildviertels) ist unten rechts vergrößert gezeigt.

Hier eine zeichnerische Rekonstruktion:



Leider gibt es keine Detailaufnahmen dieses elektromagnetischen Wandlers; auf einer Kopie der Abbildung 73 notierte Schüller „*erster Versuchskopf (geschlitzter Trafo)*“; es muss ein größeres Bauteil gewesen sein. Soweit man erkennen kann, liegen oben zwei Führungsrollen, die das „Band“ so um den dazwischen liegenden „Tonkopf“ führen, dass ein guter Kontakt zwischen beiden gewährleistet ist.

Die Diplomarbeit als Zeitschriftenpublikation

Erwin Meyer und Eduard Schüller berichteten 1932 in der Zeitschrift für technische Physik über „*Magnetische Schallaufzeichnung auf Magnetbändern*“, eine Arbeit, die weitgehend auf der Diplomarbeit beruht.⁶³⁵ Da einerseits die Diplomarbeit – im Gegensatz zu der Veröffentlichung in der Zeitschrift für technische Physik – nicht als bekannt vorausgesetzt werden kann, andererseits aber in Fachkreisen Diskussionen entstanden sind, wie

weit die Veröffentlichung auf der Diplomarbeit oder aber auf einer begonnenen Doktorarbeit beruht, folgt hier ein kurzer Vergleich der beiden Arbeiten.

Ein Exemplar der Diplomarbeit aus Schüllers Nachlass ist als Duplikat getitelt. Es enthält auch die Originalaufgabengstellung vom 1. August 1931 mit der Unterschrift Erwin Meyers sowie den Begleitschein zur Abgabe, unterschrieben am 1. November 1931 vom „cand. ing. Eduard Schüller“ inklusive Matrikel-Nummer.

Die Diplomarbeit enthält gegenüber der Veröffentlichung – erwartungsgemäß – sehr viel mehr Details zum Aufbau der Messeinrichtung, zum Aufbau, zur Einstellung und Messung der Spaltbreite der Magnetköpfe, zur Festlegung der Messparameter, zum Aufbau und zur Kalibrierung (damals noch „Eichung“) der Messeinrichtungen, Verstärker, Entzerrer und so weiter. Die Festlegung der Parameter, die Entstehung von Messeffekten und so weiter wird detailliert an Hand der Magnetisierungskennlinien (gescherte und ungescherte B-H-Kennlinien) erklärt. Erst dann erfolgt die Optimierung der Magnetisierungs-Stromstärken, die Vermessung und Identifizierung der auftretenden (frequenzabhängigen) Verluste, die Identifizierung der nichtlinearen Verzerrungen, die Entzerrung des Frequenzgangs und die Ursachenanalyse für die Frequenzbereichsgrenzen. Zum zweiten Teil der Aufgabenstellung (Literatursichtung) ist nur eine Bildseite vorhanden, die Skizzen zu den damals bekannten Stahlbandsystemen von Poulsen bis Stille enthält, jedoch keinen begleitenden Text. Es wird vermutet, dass in diesem Punkt die Aufgabenstellung wörtlich verstanden wurde („... die ... Literatur ist zu sammeln und kritisch zu besprechen“). Eine definitive Aussage hierzu ist kaum möglich, da die Diplomarbeit kein Inhaltsverzeichnis besitzt.

Die Publikationsfassung widmet sich nur kurz der Literaturrecherche, und zwar in der Einleitung. Gegenüber der umfangreichen Diplomarbeit (je 17 Seiten DIN A4 Text und Zeichnungen) musste schon aus Platzgründen gekürzt werden. Deshalb entfallen Details zum Aufbau, zu den Schaltungen, zu den Kalibrierungen sowie Detaillierungen etwa anhand der Magnetisierungskennlinien. Dafür ist der Text wesentlich gestrafft worden und betonter wissenschaftlich-systematisch aufgebaut. So werden die verwendeten Werkstoffe aufgezählt, die zum Einsatz kommenden Kopftypen (einpölig, zweipölig offen und zweipölig geschlossen) sind den damit vermessenen Kurven zugeordnet und so weiter. Des weiteren haben die Verfasser die Zeit zwischen Abgabe der Diplomarbeit (1. November 1931) und Einreichung der Veröffentlichungsmanuskripts (29. September 1932) offensichtlich genutzt, um mit der aufgebauten Messeinrichtung Kurvenscharen systematisch aufzunehmen – insbesondere zur Frequenz- beziehungsweise Wellenlängen-Abhängigkeit der verschiedenen Kopftypen bei unterschiedlichen Bandgeschwindigkeiten und Spaltbreiten – und um den Einfluss der Parameter zu diskutieren.

Die in einigen Versuchsreihen praktizierte Löschung mit Wechselstrom diente lediglich der möglichst vollständigen Entmagnetisierung der Bänder und hat nichts mit der 1940 realisierten Hochfrequenz-Magnetisierung zu tun, bei der außer zur Löschung auch bei der Aufnahme ein „Hochfrequenz“-Strom dem eigentlichen Nutzsignal, dem Schallsignal, überlagert wird (Seite 69). Deshalb spielt es bei der Diplomarbeit wohl auch keine Rolle, dass bei dieser Wechselstromlöschung eine Abweichung zwischen den beiden Arbeiten auftaucht: Die Löschfrequenz wird in der Diplomarbeit mit 500 Hz, in der Veröffentlichung mit 6.000 Hz angegeben.

Das Wechselfeldlöschverfahren war schon damals ein Physikern geläufiges Standardverfahren, um magnetisierbares Material zuverlässig in den neutralen Zustand („unmagnetisch“) zu bringen: „man behandelt die in einer Spule liegenden Stücke mit kräftigen Wechselströmen, die man durch einen Flüssigkeitsrheostaten [einen veränderlichen Widerstand] allmählich bis auf Null abschwächt.“⁶³⁶ Anders gesagt: in einer Art Pendelprozess wird das „Stück“ vielfach hin- und hermagnetisiert, wobei sein „Magnetisierungsgrad“, entsprechend dem abnehmendem Wechselstrom, immer kleiner wird und schließlich exakt bei Null ankommt – die „ideale (Ent-)Magnetisierung“.

Vom Heinrich-Hertz-Institut zur AEG: Nach seinem Diplom arbeitete Eduard Schüller für einige Monate in Nordenham an der Unterweser – er hatte dort ein kurzes „Job-Intermezzo“ bei den Norddeutschen Kabelwerken / Felten & Guillaume, genauer gesagt auf einem Kabelleger des Werkes. Bemerkungen seines Vaters Alfred Schüller machen es allerdings sehr wahrscheinlich, dass diese „Arbeit“ eher eine Belohnung für den Studienabschluss gewesen ist, die ihm sein Vater, der beruflich beste Verbindungen zu den Kabelwerken pflegte, „organisiert“ hat.⁶³⁷ Anschließend begann Eduard Schüller an einer Dissertation bei Erwin Meyer am HHI (Heinrich Hertz Institut) zu arbeiten. Genauere zeitliche Angaben und die Aufgabenstellung waren bisher zwar nicht zu finden (viele Unterlagen gingen bei einem Institutsbrand nach einem Bombenangriff verloren), er setzte aber offensichtlich das angefangene Thema fort – zuerst einmal an der „Testmaschine“ seiner Diplomarbeit.

Schüllers begegnet Fritz Pfeumer und Heinrich Oexmann; Eintritt bei der AEG

Wie schon beschrieben (Seite 54), suchte etwa ab 1930 die AEG im Rahmen eines Reichspostzentralamts-Auftrags nach einem zuverlässigen „Tonspeicher“, der einwandfrei reproduzierbare, sprachähnliche Signale liefern sollte, und hatte im weiteren Arbeitsverlauf bis Ende 1932 einen Vertrag mit Fritz Pfeumer abgeschlossen, doch der brachte zunächst nicht den großen Durchbruch. Aus welchem Grund auch immer wurden, wie Schüller betont, die Fm/Lb-Arbeiten an der Magnetbandtechnik recht lustlos, ohne Etat, ohne Zieltermin und meist nur nach Feierabend durchgeführt. Das musste zu Spannungen zwischen den Beteiligten führen, die angesichts der unterschiedlichen Interessen leicht nachzuvollziehen sind:

- Pfeumer lag wegen der Lizenzeinnahmen natürlich daran, dass seine Patente möglichst schnell genutzt wurden;
- das Fm/Lb entwickelte ein Messverfahren, also eine technische Anwendung eines Tonspeichers, wofür aller-

dings kein Geld oder allenfalls ein beschränktes Budget zur Verfügung stand;

- Hermann Büchers übergeordnete Absichten wurden bereits auf Seite 53 nachgezeichnet.

Das erste Testgerät für akustische Speicherung, das sogenannte Doppellaufwerk der AEG (Abbildung 66), hat für die Magnetbandtechnik wohl nicht so viel Bedeutung erlangt wie Schüllers wesentlich simplerer Testaufbau im HHI, auf dem immerhin der erste Ringkopf getestet wurde, so dass Schüller später sagen konnte: „Ich versah es [das Doppellaufwerk der AEG] mit Ringköpfen, wodurch es (erstmalig) spielte!“⁶³⁸

Soweit der Stand der Dinge, als Schüller im HHI erste Überlegungen zu seiner Dissertation anstellte. Wenn man aber seine Stichworte und Notizen liest, erkennt man bald, dass er bereits seit spätestens 1932 „voll im Geschäft“ war. Insbesondere ist kaum bekannt, dass Pfeumers „rechte Hand“ Heinrich Oexmann bereits 1932 mit Schüller zusammenarbeitete – möglicherweise sogar unabhängig von Pfeumer:

Oexmann hatte erkannt, dass Pfeumer mit seiner sehr primitiven Apparatur nie fertig wurde und hatte sich entschlossen, ... selbständig in einem eigenen Labor weiter zu arbeiten. Dort hatte er auf einer Glasplatte die ersten kurzen Stücke Film gegossen und beschichtet, lange bevor die IG-Farben die ersten Versuche machte. ... Eine weitere Idee von Oexmann war die magnetische Schallplatte. Er hatte sich eine Matrize machen lassen und preßte Platten ..., wobei er sich bemühte, die Schicht auf den Wellenbergen aufzureißen, um dadurch das Übersprechen zu vermeiden. Wie sich später zeigte, war das ein ganz überflüssiges Bemühen. Ich habe im HHI 1933 einen „Tonarm“ mit Kopf für diese Platten gebaut und damit schon ganz brauchbare Aufnahmen machen können. Von den kurzen Filmstückchen konnte ich nur feststellen, dass sie grundsätzlich verwendbar waren; für eingehende Untersuchungen waren sie zu klein.⁶³⁹

Darin sieht Schüller offensichtlich keinen Widerspruch zu seiner Einschätzung Pfeumers als zwar stillen und bescheidenen Menschen, aber auch als genialen Erfinder mit bemerkenswertem Steh- und Durchsetzungsvermögen. Interessant ist hier jedenfalls der erste Anlauf zu einer magnetischen Schallplatte; in Serie gingen derartige Platten erst in den 1950er Jahren, als auch Telefunken unter Schüller diese Technik für Diktiergeräte vermarktete (später wurden sie dann u. a. von der AEG-Tochtergesellschaft Olympia Wilhelmshaven und der Wolfgang Assmann GmbH, Bad Homburg, vertrieben). Leider sind keine Angaben oder Fotos zu finden, wie 1933 der Tonkopf des von Schüller erwähnten Tonarms oder auch das gesamte Gerät konstruiert war, jedoch notiert Schüller zu dieser Stelle „Versuche führten zum ersten Modell des Ringkopfes“. Solche Stichworte in Schüllers Notizen belegen, dass er bereits bei den Bandversuchen für Oexmann zum ersten Mal einen „geschlitzten Transformator“ eingesetzt hat. Dieser damals benutzte Name bezeichnet nur die Fertigungsmethode und lenkt etwas ab: von der Funktion her handelte es sich schon um den später patentierten Ringkopf – und damit um Schüllers wichtigstes Patent. Konsequenterweise nannte Schüller in anderen Notizen diesen im HHI eingesetzten geschlitzten Transformator dann tatsächlich „Ringkopf“, obgleich seine äußere Form noch weit von der 1934 realisierten, augenscheinlichen Ringkernform abwich. Schüller schreibt in Anbetracht dieser Abweichung über seine ersten Tätigkeiten bei AEG: „Zu Beginn wurden neue Ringköpfe, jetzt in einwandfreier Ringform, ... gebaut“.⁶⁴⁰

Zu der Patentschrift 660 377 Kl. 42g Gr. 10a

Abb. 1

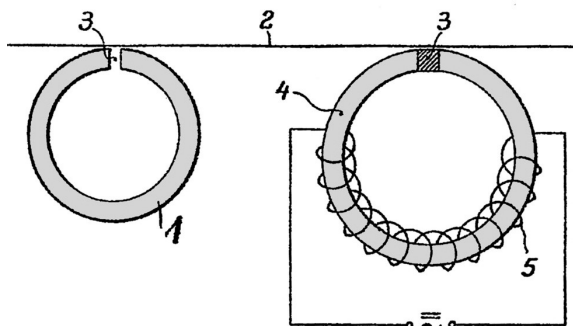


Abbildung 74: Schüllers drittes Patent war vielleicht sein wichtigstes: DE 660 377, Magnetisierungskopf für Längsmagnetisierung von Magnetogramträgern, angemeldet am 24. Dezember 1933.

Fritz Pfeumer und Heinrich Oexmann, verärgert über das zögerliche Verhalten des Fm/Lb im KWO, nahmen schließlich über Erwin Meyer Kontakt zu Eduard Schüller auf und forderten danach offensichtlich die AEG-Mitarbeiter auf, im HHI ihre Bänder im Vergleich zu AEG-Bändern zu testen. Es kommt zur entscheidenden Begegnung, die zu Schüllers Wechsel vom HHI zur AEG führt. Lassen wir hierüber wieder Schüller berichten; wenn der Text auch nur kurz ist, so stellt er doch die detaillierteste bekannte Begründung für den Übergang dar:

Im Sommer 1933 besuchten mich Herr Patzschke und Dr. Volk von der AEG und brachten mir Bänder, teils von Pfeumer beschichtet, teils in der AEG bestäubt. Zur Untersuchung wurde nochmal (!) ein neues Modell des Ringkopfes aus einem alten Transformator gebaut. Die Ergebnisse waren nach meinem Empfinden nicht sehr gut, aber die Herren der AEG waren begeistert. Man machte mir ein günstiges Angebot, und ich ließ meine Pläne, bei Prof. Meyer zu promovieren, fallen und ging zur AEG.⁶⁴¹

Der Vorteil dieser Entscheidung dürfte in der damaligen Weltwirtschaftskrise nicht zu unterschätzen gewesen sein: Schüller trat am 1. August 1933 im Fm/Lb ein.

Wenige Monate später, an einem Sonntag, dem 24. Dezember 1933, meldete die AEG Schüllers wichtigstes Patent an: Magnetisierungskopf für Längsmagnetisierung von Magnetogramträgern, DE 660 377. Hauptanspruch des „Ringkopfpatents“ war die punktgenaue Längsmagnetisierung des Bandes an einem engen Magnetkopfspalt. Das Patent begründete die Form des Ringkopfes aus dem Streuproblem der bis dato üblichen Wandler, das aus deren senkrechter Stellung der Magnetpole zum „Magnetogramträger“ resultierte. Deshalb entfernt sich beim Ringkopf der Spulenkern tangential vom Träger, so dass keine Streulinien zum Träger austreten (siehe Abbildung 74). Anders gesagt: Die aus dem Schlitz austretenden und in das Band übergehenden „Streulinien“ bilden beim Ringkopf das Nutzmagnetfeld, andere Streulinien treten kaum auf. Dass diese Form auch zu minimalem Verschleiß des Magnetogramträgers (also des Magnetbandes) führt, ist ein positiver Nebeneffekt,

wird aber im Patent nicht einmal erwähnt, obgleich Schüller in seinen Notizen beschreibt, wie er den Ringkopf in Spaltnähe poliert hat, um die mechanische Belastung für die Magnetogrammmträger zu minimieren.

Dass bei Innovationen dieses Ranges nicht ausschließlich Erfinderglück eine Rolle spielte, bewies Schüller mit über 30 weiteren Anmeldungen allein in den Jahren 1934 bis 1944, darunter zum Beispiel das Grundlagenpatent für das später „Piloton“ genannte Synchron-Aufzeichnungsverfahren für Bild und Ton.⁶⁴² 1935 übernahm er zuerst die Magnetophongruppe und später die technische Leitung der Magnetophon-Fabrik der AEG in der Drontheimer Strasse (FDS; siehe oben).⁶⁴³

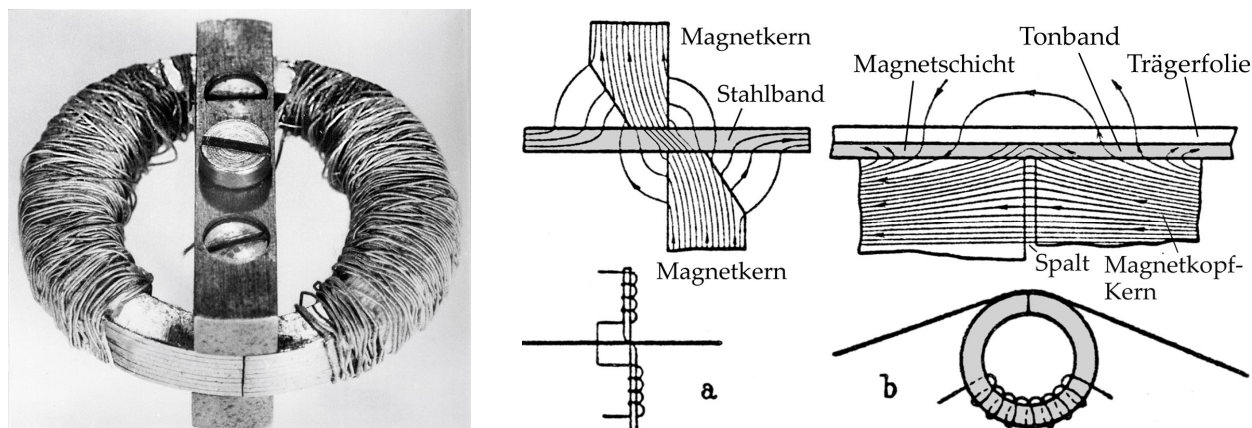


Abbildung 75 (LINKS): Die erste Ausführung des Ringkern-Magnetkopfs von 1933. Spätere nominelle Spaltbreite als Aufnahmekopf 40 μm , als Wiedergabekopf 20 μm .

Abbildung 76 (RECHTS): Fortschritte bei Magnetwandlern: LINKS die „Schneidenköpfe“ der Stahlband- und -drahtmaschinen mit Quermagnetisierung; ihr Spaltfeld streut über eine größere Länge des Magnetogrammmträgers; RECHTS: der Ringkernkopf bewirkt Längsmagnetisierung der Magnetschicht, das Magnetfeld verläuft weitgehend im geschlossenen Kern, das Spaltfeld ist eng begrenzt, minimaler Verschleiß von Magnetkopf und Magnetschicht dank abgerundeter Form.⁶⁴⁴

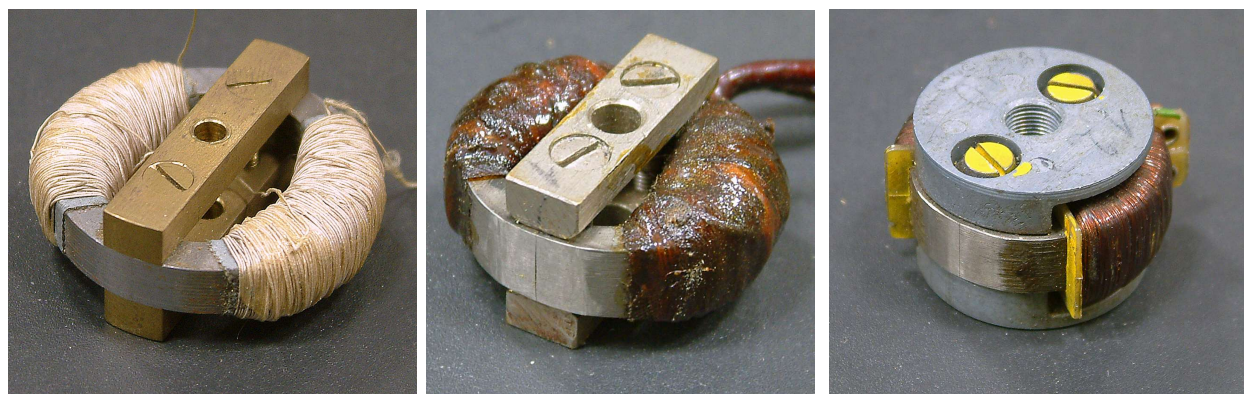


Abbildung 77: Frühe Magnetköpfe aus der Sammlung Hans Westpfahl. (LINKS) ein „Hörkopf“ (Wiedergabekopf, Spaltbreite 20 μm) für nicht näher bezeichnete „Laborversuche“, in der MITTE ein Wiedergabekopf „aus der Fertigung“ 1935, (RECHTS) ein Aufnahmekopf aus den Jahren 1938/39, also für Magnetophon K 4 beziehungsweise Kopfträger R 7 für Magnetophon R 22 und R 24.

Ein bekanntes Bild (Abbildung 75) zeigt den ersten Ringkopf als ein recht grobes, „selbst gestricktes“ Labor-teil. Eine Sammlung verschiedener Tonköpfe, zusammengestellt von Hans Westpfahl, belegt, dass dieser Kopftyp mit geringen Verbesserungen (Abbildung 77, links) als „Laborkopf“ verwendet wurde. Nach seiner Beschreibung wurde dieser Kopftyp mit etwas besser vergossenen Spulen (Abbildung 77, Mitte) mindestens bis 1935 eingesetzt, der Löschkopf dieser Reihe sogar noch für die Magnetophone K 1 bis K 3 (Abbildung 77, rechts).

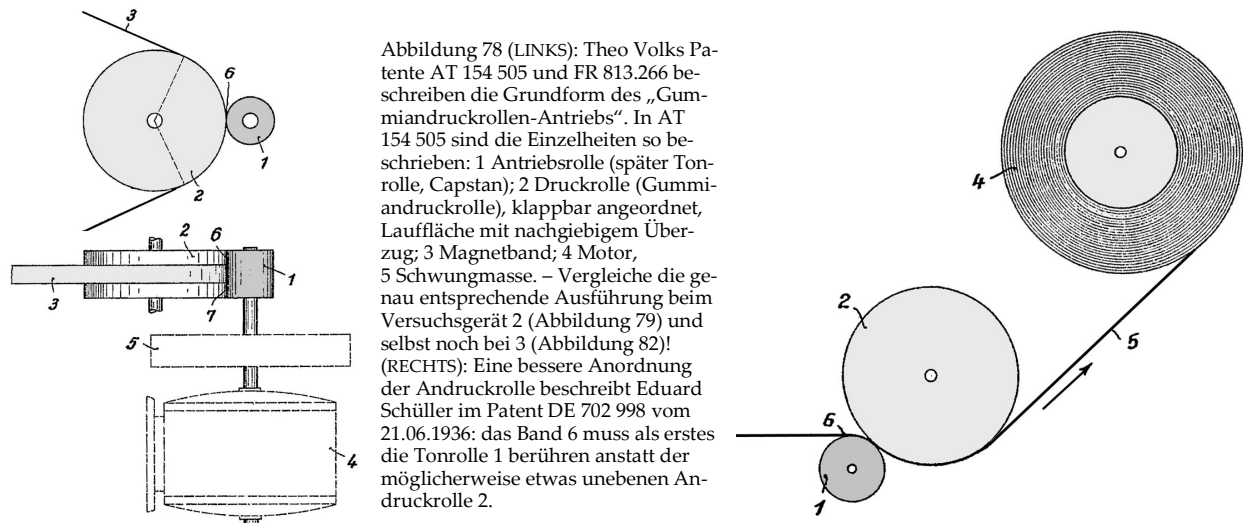
Bei Schüllers Arbeitsbeginn im Fm/Lb arbeitete bei I.G. Farben in Ludwigshafen der Chemiker Friedrich Matthias (Seite 62) seit einem halben Jahr daran, die schwachen Pfeumerschen Papierbänder durch ein robusteres Produkt zu ersetzen. Genau wie Schüller fand Matthias in dieser Aufgabenstellung eine Profession für sein ganzes weiteres Berufsleben. Da sich die beiden persönlich gut verstanden, kam es zu einer sehr effektiven Zusammenarbeit, bei der Schüller auch viele Tage gemeinsam mit Matthias an den Bandgießmaschinen der I.G. Farben stand.

Auch gegenüber dem damals herrschenden Regime scheinen beide die gleiche, inaktive bis ablehnende Stellung eingenommen zu haben, wie aus verschiedenen Fakten und Bemerkungen geschlossen werden kann. Beide gehörten keiner der damals üblichen Organisationen an. Matthias dürfte 1933 die faktische Vertreibung seines verehrten Lehrers Fritz Haber aus Deutschland auch persönlich tief getroffen haben, ebenso verließ Schüllers Feinwerktechnik-Mentor, Max Kurrein, Deutschland, um in Haifa einen Lehrstuhl zu übernehmen. Schüller hinterließ in seiner knappen, präzisen Art einige aufschlussreiche Skizzen:

Dann kam auch für die AEG die „neue Zeit“. Dr. Singer, Chef des Patentbüros, war wohl der letzte von der alten Ära, den man entbehren konnte. Er kannte alle Verträge auswendig, sein Schreibtisch war ein riesiger Aktenberg, hinter dem der kleine Jude kaum zu sehen war. Eines Tages war er weg. Niemand fragte, warum und wohin. Tabu.⁶⁴⁵

Auf der anderen Seite waren die beiden Entwickler während des Zweiten Weltkriegs wegen der Bedeutung ihrer Entwicklungen unabhkömmlich gestellt und haben die für den Rundfunk, später die Propaganda und für das Militär wichtigen Entwicklungen technisch mustergültig ausgeführt, denn:

Das Abhören der Feindsender war von höchster Wichtigkeit. Noch 1944, als nur noch die dringendsten und kriegsentscheidenden Aufgaben weiter bearbeitet werden durften, war die Magnetophonentwicklung tätig, das Verfahren zu verbessern und neue Geräte zu konstruieren.⁶⁴⁶



AEG-Laufwerke und I.G. Farben-Tonbänder 1934 / 1935

Schüller übernimmt die Magnetongeräte-Entwicklung

Wie schon geschildert, wurden im Fernmeldelabor 1933 Arbeiten am Magnetton, entgegen dem Sinn des AEG-Pfleumer-Vertrags, „nur nebenbei, ohne Einsatz von Geld und entsprechend auch ohne großen Erfolg betrieben.“⁶⁴⁷ In der Tat war bis zum Ende des ersten Halbjahres kaum mehr als das Doppellaufwerk mit seinen unverkennbaren Schwächen gebaut worden, sonst gab es keine Fortschritte zu verzeichnen. Das änderte sich durchgreifend, als der 29-jährige Diplom-Ingenieur Eduard Schüller seine Stellung am 1. August 1933 antrat.

Seine erste größere Arbeit bei AEG war, seinen Ringkopf zur Praxisreife weiter zu entwickeln und ihn patentieren zu lassen.⁶⁴⁸ Die erste Serie wurde ausschließlich von Hand gebaut, wofür eigens der Techniker Fritz Voigt abgestellt wurde; auch Schüllers späterer enger Mitarbeiter Hans Westpfahl, am 1. November 1933 zur Magnetton-Gruppe gestoßen, musste hier mithelfen. Als Schüller seine Ringköpfe in das Doppellaufwerk einbaute, brachte das zwar deutliche Fortschritte; umso klarer wurde aber auch, dass für den Bandtransport andere Lösungen zu finden waren.

Versuchsgesetz 2

Weil es im KWO keine entsprechende Werkstatt gab, erhielt der Konstrukteur Steinbrenner im AEG-Forschungsinstitut (Berlin-Reinickendorf, Holländer Straße) den Auftrag, ein zweites Labormodell zu bauen, das um die Jahreswende 1933 / 1934 fertig wurde (Abbildung 79). Charakteristisch für dieses Gerät ist die senkrecht stehende Siluminplatte, die im unteren Teil zwei Lager für die 25 cm-Doppelflanschspulen trägt. Der Bandlauf folgt ungefähr einem Dreieck mit der Gummi-Andruckrolle als höchster Spitze.

Für den Bandantrieb bei Aufnahme und Wiedergabe hatte Theo Volk eine neue Lösung gefunden: die etwa 13 mm dicke, glatte „Gleichlaufrolle“ oder Tonrolle rotierte relativ schnell (falls ein Synchron-Motor verwendet wurde, mit 1.500 Upm), eine elastische Andruckrolle presste das 5 mm breite Band an, und so wurde es kraftschlüssig mit der Geschwindigkeit 1 m/s transportiert.⁶⁴⁹ Links neben der Andruckrolle ist eine schwenkbare Trägerplatte montiert, die einen Permanentmagnet und den Aufnahmekopf trägt; die Platte wurde zur Aufnahme von Hand an das Magnetband herangeklappt und rastete ein.⁶⁵⁰ Vor dem Rückspulen wurde sie automatisch entriegelt und kippte in die Ausgangsstellung zurück. Rechts neben der Andruckrolle saß der Wiedergabekopf (damals „Hörkopf“). Kufenförmige Führungen beruhigten den Bandlauf. Für Aufnahme und Wiedergabe standen separate Verstärker bereit, so dass man während der Aufnahme „hinter Band“ abhören konnte.

Die Achse des 100-Watt-Antriebsmotors liegt in der Verlängerung der schwungmassenstabilisierten Tonrolle, ist mit ihr aber lediglich über eine Schraubenfeder verbunden. Die Wirksamkeit dieses mechanischen Filters

aus Feder und Schwungmasse unterstützte der Konstrukteur, indem er den Motor an acht Federn aufhängte. Reibräder, die an der Tonrolle (hinter der Frontplatte) angreifen, besorgen den Bandspulen-Antrieb.⁶⁵¹



Abbildung 79, (LINKS): Das zweite Magnetton-Versuchsgerät der AEG (1934), erstmals mit einer schnelllaufenden Tonrolle kleinen Durchmessers (oben Mitte).⁶⁵²

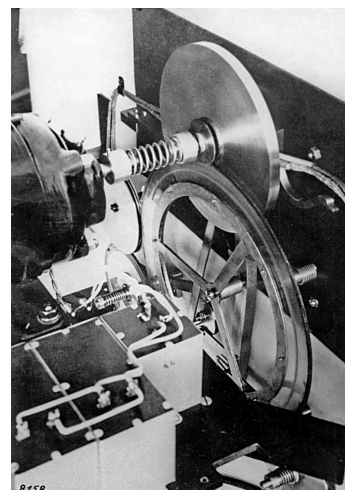


Abbildung 80 (RECHTS): Versuchsgerät 2, Motor mit Dämpfungsfeder und Schwungscheibe, darunter die große Cellon-Frictionscheibe für den Antrieb der Spulenteller.

Die Magnetophon-Entwickler arbeiteten nun keineswegs hinter verschlossenen Türen, vielmehr sahen sie sich gelegentlich veranlasst, ihr Produkt gewissermaßen öffentlich vorzuführen. Die folgende Episode ist typisch für herbe Rückschläge, die nur zu deutlich zeigten, wie weit der Weg zum präsentablen Gerät noch war. Einige Vorabinformationen zum Verständnis: der Ort des Geschehens, die AEG-Zentrale, lag bis 1945 am Friedrich-Karl-Ufer (FKU); diese Straße gibt es heute nicht mehr. Sie führte am nördlichen Ufer des Spreebogens nördlich des Reichstags entlang und war deshalb sehr zentral gelegen; Reichstag, Lehrter Bahnhof und Brandenburger Tor waren auch zu Fuß in wenigen Minuten zu erreichen. Auffälliges Kennzeichen des Gebäudes war ein kleiner Dachreiter mit einer Kupfer-Kuppel (Abbildung 83). Eduard Schüller berichtet, Jahre später, fast romanhaft von dieser denkwürdigen Vorführung:

Geheimrat Bücher, stolz auf „sein Kind“ Magnetophon, hatte den Wunsch, in einer Aufsichtsratsitzung das Gerät vorzuführen. Es war eines der ersten Labormodelle. Im großen Sitzungssaal im FKU wurde alles vorbereitet. ... Dann kamen die Herren vom Aufsichtsrat. Besonders interessiert zeigte sich Fürst von Donnersmarck, der im Rollstuhl hereingefahren wurde. Wir führten ein Band vor, das die Mechaniker vom Fernmeldelabor KWO besungen hatten: Ein Volkslied aus seiner Heimat Schlesien. Er war gerührt, wir mußten das Band mehrmals abspielen. Das hielt es natürlich nicht aus. ... Immer wieder mußte unterbrochen und das Band geklebt werden.⁶⁵³

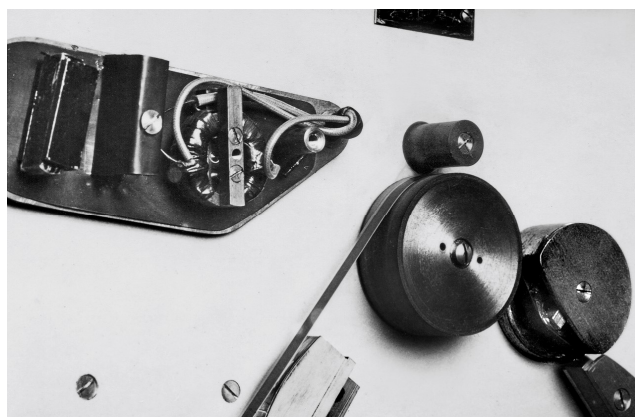


Abbildung 81: Diese aufschlussreiche Nahaufnahme von Versuchslaufwerk 2 zeigt oben links den Löschmagneten und den Aufnahme-, rechts unten den Wiedergabe-Magnetkopf. Das auf der Andruckrolle aufliegende Magnetband ist „randfrei“ beschichtet.

Versuchsgerät 3

Obwohl das zweite Versuchsgerät mehrfach verbessert wurde, zeigte auch sein Antriebskonzept erhebliche Schwächen, so dass seine „Lebensspanne“ bestenfalls bis zum Frühjahr 1934 reichte. Die grundsätzlichen Erkenntnisse, die die Entwicklergruppe um Schüller und Volk mit diesem Technologieträger gewonnen hatte, waren allerdings so vielversprechend, dass sie sich ein ambitioniertes Ziel setzte: mit einem Paukenschlag sollte ein neu konstruiertes Magnetbandgerät anlässlich der „Großen Deutschen Funk-Ausstellung Berlin“ vom 17. bis 26. August 1934 den Wettbewerb mit den Stahldraht- und Stahlband-Geräten eröffnen. Und so vergab das Fernmeldelabor vermutlich zwischen März und April den Auftrag für ein drittes Modell, das rechtzeitig vor Ausstellungsbeginn vorführbereit sein sollte.

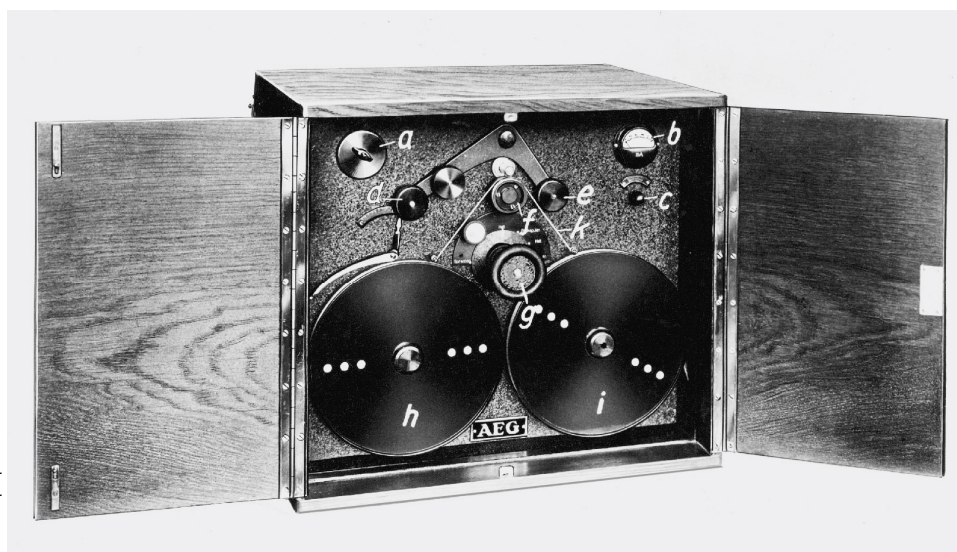
Max Flinker, Oberingenieur im AEG-Kinogerätebau in der Fabrik Drontheimer Straße (FDS), baute ein Laufwerk nach kinotechnischen Gesichtspunkten, im „Layout“ ungefähr dem Modell des Forschungsinstituts folgend (also in „Senkrechtbauweise“, mit Nockensteuerung, Knebeln, Schaltstangen und Friktionen). Das etwa 60 x 50 x 30 cm große sogenannte Eichenschrankgerät⁶⁵⁴ war noch ganz im Stil vieler Radios und Plattenspieler der frühen 1930er Jahre ausgeführt, nämlich als gebeizter Eichenholzkorpus mit Türen, die sich an Stangenscharnieren drehten (Abbildung 82). Aber es enthielt schon die neueste Technik: einen Schüllerschen Ringkopf und eine dünne Tonrolle bei hoher Drehzahl, war also unter Nutzung aller damaligen Erfahrungen entworfen worden.⁶⁵⁵ Da dieses Gerät noch für den Heimgerätemarkt ausgelegt war und deshalb preisgünstig werden sollte, wurde es als Ein-Motor-Gerät entwickelt, das heißt, der Tonmotor (100 W-Asynchronmotor mit Schwungmasse) trieb

über Friktionsscheiben auch die 30 cm-Doppelflanschspulen an. Sie sollten 5 mm breites Band für 10 Minuten Spieldauer aufnehmen. Der durch die Platine geführte Wellenstummel diente als Tonrolle, ohne dass eine Filterfeder dazwischengeschaltet war. Der Antrieb erfolgte über die Gummiandruckrolle f, die das Band gegen die darüber zu sehende Tonrolle drückte.

Das Magnetband lief von links (Vorratsspule h) nach rechts (Aufwickelspule i). a kennzeichnet den Netzschalter, mit dem Potentiometer c wurde am Instrument b der Gleichstromanteil der Magnetisierung eingestellt. Dies wird auch von einem Text in einer Westpfahl-Sammlung bestätigt,⁶⁵⁶ der allerdings an anderer Stelle darauf hinweist,⁶⁵⁷ dass mit dem Drehknopf c die Lautstärke bei Aufnahme und Wiedergabe am Instrument eingestellt werden konnte, wobei das Instrument b bei Aufnahme die Aussteuerung anzeigte. Es ist zu vermuten, dass zwischen beiden Möglichkeiten über den Betriebsartenschalter g (Funktionsschalter) umgeschaltet wurde. Er schaltete auch um zwischen Aufnahme, Wiedergabe und Rückspulen; dafür waren sowohl elektrische wie auch mechanische Schaltvorgänge erforderlich.

Abbildung 82: Versuchsgesetz 3, auch „Eichenschrankgerät“ genannt.

Legende (siehe Text): a Hauptschalter (Netzschalter), b Messinstrument für die Aussteuerung, c Einstellregler (Aussteuerung bei Aufnahme, Lautstärke bei Wiedergabe), d Permanent-Löschmagnet (rechts oberhalb davon Aufnahme-Magnetkopf), e Wiedergabe-Magnetkopf, f Gummiandruckrolle



(gleichzeitig Umlenkrolle beim Spulbetrieb), oberhalb davon die Tonrolle, g Bedienungsknauf für Aufnahme, Wiedergabe und Rücklauf, h Band-Vorratsspule, i Band-Aufwickelspule, k Magnetband. „Über der linken Spule sieht man einen Fühlhebel mit Zeiger, der den Spulendurchmesser abtasten konnte und an einer darüber angebrachten Skala die noch verfügbare Bandlänge anzeigte ... Der kombinierte umschaltbare Verstärker war an Gummibändern hinten in dem Winkeleisenrahmen aufgehängt, um die mechanischen Erschütterungen von den Röhren (AF 7, AL 1 und AZ 1) fernzuhalten.“ Knapp oberhalb der Spulenränder ist das Magnetband jeweils über einen Umlenkbolzen geführt, links oberhalb des Bedienungsknaufs ist eine Bandführung angeordnet (helle Rolle).

Das Löschen des Bandes besorgte ein Dauermagnet d (also noch kein Elektromagnet), der in Bandlaufrichtung vor dem Sprechkopf (Aufnahmekopf) lag. Sein Magnetfeld war so bemessen, dass es die Magnetisierung des Bandes in die Sättigung trieb und dabei alle bisher eventuell gespeicherten Signale löschte. Da das Löschen aber nur vor der Aufnahme, nicht aber bei der Wiedergabe erfolgen durfte, waren die beiden dafür vorgesehenen Köpfe an zwei Armen eines Winkelhebels so befestigt, dass bei Aufnahme beziehungsweise bei Wiedergabe immer nur ein Hebelarm zum Band geführt wurde. Die Stellung des Winkelhebels bestimmte der Betriebsartenschalter (Aufnahme / Wiedergabe) g, der gleichzeitig die erforderlichen elektrischen Schaltvorgänge auslöste.

Diese technische Lösung, während der Wiedergabe den Löschmagneten vom Band wegzuschwenken, schloss natürlich Hinterband-Kontrolle aus, also das Abhören der Aufzeichnung unmittelbar nach der Aufnahme mittels Wiedergabe-Magnetkopf und -Verstärker. Dies ist aber auch bei weiteren Magnetophon-Serien beibehalten worden, auch als diese schon Elektro- anstelle von Dauermagneten erhalten hatten; erst im Magnetophon K 4 finden sich elektrische Kunstschaltungen (Seite 135). Damit das Band den Lösch- und Aufnahmekopf hinreichend weit umschlingt, ist links oberhalb des Schalters g eine helle Rolle als Gegenlager angebracht. Weiter ist oberhalb der linken Spule ein gebogener Fühlhebel zu sehen, der, auf den Bandwickel aufgelegt, mit dem zweiten Hebelarm auf einer Skala (unter dem Buchstaben d zu sehen) die noch verfügbare Bandlänge anzeigte.

Das Eichenschrankgerät war bereits autark, das heißt, es benötigte keinen Radioapparat zur Wiedergabe, vielmehr war wohl ein weiteres Gehäuse für den – wie damals noch üblich – elektrodynamischen Lautsprecher vorgesehen.⁶⁵⁸ Im Laufwerkgehäuse war auch der Verstärker für Aufnahme und Wiedergabe untergebracht; federnde Aufhängungen (Gummifedern!) hielten mechanische Erschütterungen von den Röhren AF 7, AL 1 und AZ 1 fern. Zum Magnetton-Team war inzwischen auch der Verstärker-Entwickler Heinrich Fanselow gestoßen, der zuvor in der AEG-Rundfunkgerätefabrik Erfahrungen im Entwurf preisgünstiger Schaltungen gesammelt hatte.⁶⁵⁹

Die Angaben, wie viele Geräte dieses Typs gefertigt wurden, sind widersprüchlich. Während Schüller einmal von einem einzigen Exemplar spricht,⁶⁶⁰ nennt er an anderer Stelle zehn Geräte,⁶⁶¹ was realistischer klingt. In einem Brief an I.G. Farben ist zunächst von zwei Geräten für die Ausstellung zu lesen, was für einen so wichtigen An-

lass zu wenig scheint. Später war eine Hauptserie von 500 Geräten mit einem Verkaufspreis von RM 490 im Gespräch,⁶⁶² doch nach der ernüchternden Erprobungszeit blieb es bei wenigen Mustern.⁶⁶³

Unabhängig davon hat es natürlich Laborvarianten dieses Modells für Testzwecke gegeben; so finden sich im AEG-Archiv des Deutschen Technikmuseums Berlin Fotos von Apparaten, die offensichtlich als Funktionsmuster für die mechanische Erprobung gedient haben.

Matthias und Friedmann übertreffen Pfeumer

Am 1. Juni 1934 schickte Matthias einen vier Schreibmaschinenzeilen kurzen Brief an das Fernmeldelabor:

Wir übersenden Ihnen heute ca. 5000 m Filmband in Rollen zu ca. 600 m. Die Bänder entsprechen den seinerzeit festgelegten Bedingungen. Weitere 5000 m folgen in der nächsten Woche.

„Seinerzeit“, nämlich am 16. Mai 1934, war festgelegt worden: Bandbreite 6 mm, „Eisenfilmbreite“ 5 mm, Reißkraft über 1,7 kg; die Banddicke war nicht spezifiziert.

Diese acht oder neun angekündigten 600 m-Rollen markieren unverkennbar eine Zäsur in der Magnetbandentwicklung, denn sie hatten sich drei Wochen später, am 21. Juni 1934, bei der AEG einem Vergleich mit dem KWO-„*Papier-Magnettonband im Fm/Lb hergestellt*“ zu stellen – den sie gewannen. Wichtigstes Ergebnis: „*Der Geräuschpegel war bei dem Azetyl-Zelluloseband im grossen ganzen günstiger als bei dem Papiermagnettonband.*“ Formuliert hier Theo Volk noch recht reserviert,⁶⁶⁴ zeigt die nächste Seite seines Versuchsberichts, was Sache war: die AEG stellte eigene Papierbandversuche ein und bestellte bei I.G. Farben zunächst 50 km Magnetband, also 85 Rollen zu 600 m, für die Funkausstellungs-Vorführgeräte. Nach Fertigungsanlauf der Geräte sollte der Bedarf auf „*mindestens 100.000 m pro Monat in einwandfreiem, gleichmässigen Zustand*“ ansteigen.⁶⁶⁵

Matthias und Friedmann, Bergmann und Lehrer hatten das Pfeumer-Band übertroffen.⁶⁶⁶ Die bestellten 50 km Band wurden übrigens pünktlich geliefert; wer nicht antrat, war das Magnetbandgerät selbst.

Gesucht: ein Name für ein Produkt

Drei Wochen vor Beginn der Funkausstellung 1934 brannte der AEG nicht zuletzt eine Frage auf den Nägeln: unter welchem Namen soll das Produkt vorgestellt werden? Willi Patzschke aus der Fabriken-Oberleitung der AEG schlug *Ferrotone* vor, erfuhr aber bald, dass dieser Name bereits als Warenzeichen für die Radio-Werke Horny in Wien eingetragen war.⁶⁶⁷ Nun versuchte es die AEG mit einer Variante der beliebten *Gea*-Namen (rückwärts buchstabiertes „AEG“), aber das steife Ergebnis *Gea-Bandsprecher* war ebenfalls nach wenigen Tagen vom Tisch.



Abbildung 83: Die AEG-Zentrale in Berlin NW 40, Friedrich-Karl-Ufer 2 – 4, Dienstsitz unter anderen auch von Hermann Bücher. Hier „residierte“ auch die AEG-Fabriken-Oberleitung. – Das repräsentative Gebäude im Stil der Gründerjahre existiert heute ebenso wenig wie die im Vordergrund vorbeiführende Straße – wie ja auch der Name AEG nur noch als lizenzierte Marke weiterlebt ...

Es soll Hermann Bücher selbst gewesen sein, der am Montag, dem 6. August 1934, den endgültigen Namen *Magnetophon* präsentierte.⁶⁶⁸ Genommen hätte also schon das Eichenschrankgerät „Magnetophon“ heißen müssen. Zumindest ergab sich daraus folgerichtig auch der Name für den Tonträger: Magnetophonband, in Ludwigshafen immerhin bis 1966 in Gebrauch. Bücher wird freilich kaum gewusst haben, dass der treffsicher gewählte Markenname nur die Kurzversion einer älteren Alternativ-Bezeichnung für das Poulsen-sche Telegraphon war – nämlich Magnetophono-graph –, die der Berliner Physiker Ernst Ruhmer bereits 1900 benutzt hatte.⁶⁶⁹

In den folgenden Kapiteln ist noch wiederholt von Doppelerfindungen in der Magnetbandtechnik zu berichten. Es hat aber seinen eigenen Charme, dass ausgerechnet der populärste Markenname zu dieser Kategorie gehört, wird er doch schon in einer Veröffentlichung von 1883 „vorbenutzt“. Als „*Magnetophone*“ beschrieb Henry S. Carhart (ein, der Internetpräsenz nach zu urteilen, überdurchschnittlich fähiger Physiker) am

21. September 1883 in der seriösen amerikanischen Zeitschrift „*Science*“ eine relativ simple Apparatur, die unter anderem die Erzeugung von Tönen auf magnetisch-induktivem Weg (daher „Magnetophone“) und den Zusammenhang von Frequenz und Tonhöhenempfindung durchaus einleuchtend demonstrieren kann.⁶⁷⁰ Dazu genügen Carhart eine Induktionsspule, ein Dauermagnet und, als zentrales Element, die sinnvoll gelochte, zwischen Magnet und Spule rotierende Wand eines Zylinders aus Eisenblech oder anderem Material (Abbildung 84). An didaktischem Wert dürfte dieses „*Magnetophone*“ nur wenig hinter dem Pythagoreischen Monochord zurückstehen.

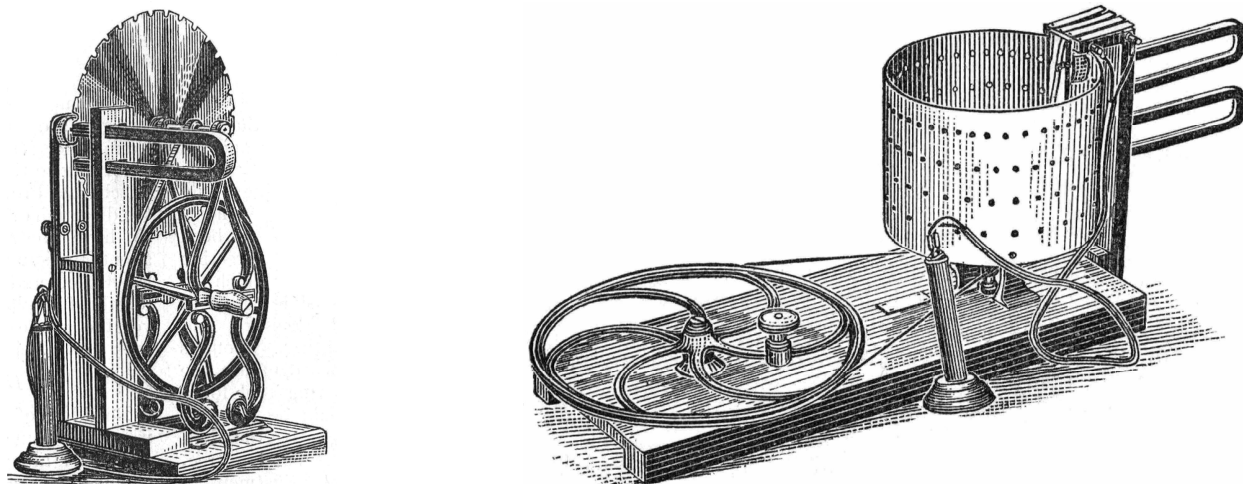


Abbildung 84: Die beiden Illustrationen aus Henry S. Carharts wissenschaftlichem Aufsatz „The Magnetophone“ vom 21. September 1883 zeigen zwei bemerkenswert einfache Experimentiergeräte, die unter anderem die Erzeugung von Tönen auf magnetisch-induktivem Weg und den Zusammenhang von Frequenz und Tonhöhenempfindung demonstrieren können. Als „Empfänger“ dient hier ein Telefonhörer.

Verfrühte Demonstrationen

Ein Produkt sucht seine Anwendung, oder: welchem möglichst großen Abnehmerkreis bietet das Magnetophon-Gerät einen spontan einleuchtenden Gebrauchsvorteil? Letzten Endes waren sich die AEG und I.G. Farben klar darüber, dass nur ein für Musikaufzeichnungen reifes System wirklich lohnende Umsätze versprach. Mit einem „später zu entwickelnde[n] Volksgerät“ könnte man sogar „daran denken, besprochene oder bespielte Bänder anstelle von Grammophonplatten zu verkaufen“.⁶⁷¹ Genaugenommen war das Eichenschrankgerät zunächst als „Volkstonbandgerät“ gedacht gewesen, doch eine von Schüller verfasste vier Schreibmaschinenseiten lange Presse-Information „Der Gea-Bandsprecher“,⁶⁷² abgeschlossen am 1. August 1934, deutet an, dass man sich jetzt auf einen anderen Anwenderkreis einstellte. Der Text beschreibt am Beispiel Eichenschrankgerät die neue Technik nüchtern und realistisch, wie für einen Ingenieur typisch. Aufschlußreich sind neben der Spieldauerangabe (12 Minuten) die denkbaren Anwendungen: naturgetreue Sprach-(!)-Aufzeichnung und Dokumentation durch Ablage der Bänder bei Aufsichtsratssitzungen, Gerichtssitzungen, Polizeiverhören, größeren staatspolitischen (1934!) Reden und dergleichen. – Schüller hielt dieses Magnetophon übrigens für einen so bedeutenden Meilenstein, dass noch an seinem letzten Arbeitstag ein Bild mit der Legende „Magnetbandgerät aus dem Jahre 1934“ über seinem Arbeitsplatz hing.

Anfang August 1934, als die ersten Eichenschränke endlich fertig waren, hatten freilich alle hochgespannten Erwartungen einen gehörigen Dämpfer zu verkraften. Mitarbeiter der Ludwigshafener Verkaufs- und „Propaganda“-Abteilungen druckten nach der ersten Vorführung herum, „dass bei dem gegenwärtigen technischen Stand ... die Aussichten einer weitgreifenden Propaganda nicht überschätzt werden dürfen“.⁶⁷³ Was Karl Schoenemann hier noch gedrehselt-diplomatisch festhielt, formulierte er nach einer Besprechung mit der AEG Berlin am Montag, 6. August 1934, geradeheraus: „... will sich die AEG jetzt mit Rücksicht auf die ungenügende technische Durchbildung nur an den engen Kreis solcher Interessenten wenden, bei denen die Apparate als zentrale Protokolliermaschine aufgestellt und von einem Techniker bedient werden können.“⁶⁷⁴ Eine zweite kalte Dusche folgte, nämlich „die Mitteilung der AEG, dass der Vertrieb der Apparatur für alle Zwecke der Unterhaltung und Belehrung gemäß Vertrag mit Telefunken der AEG versagt ist und an Telefunken fällt.“ Musik und „künstlerisches Wort“ entfielen demnach als Umsatzträger für das Magnetophon. Sprachdokumentationen in, bestenfalls, Telefonqualität traute man der „Protokolliermaschine“ zu, und so blieben eher bescheidene kommerzielle Anwendungen: „Als Protokolliermaschine wird es bei allen wichtigen Sitzungen und Verhandlungen unentbehrlich werden. In der [Rundfunk-]Reportage wird es die Wachsplatte⁶⁷⁵ verdrängen. Als Zusatzgerät zum Telefon ermöglicht der neue Apparat auch bei Abwesenheit des Angerufenen die Aufnahme von Mitteilungen. Ein weiteres grosses Anwendungsgebiet bildet die Nachrichtentechnik, insbesondere die Überwachung von Gesprächen, Geheimentelefonie usw.“. Den Kundenkreis umriss I.G. intern so: „... große Behörden, Ministerien, einzelne Gerichte, Groß-Industrie, Hotels, ... später Polizei, kleinere Gerichten und die Post“, auch „Banken, Rechts- und Patentanwälte, Ingenieurbüros, Fabrikanten, Wirtschaftsverbände“.⁶⁷⁶ Anders gesagt: das Volkstonbandgerät war für die nächsten sechzehn Jahre vom Tisch, und so wandelte sich das Magnetophon im folgenden Entwicklungsschritt zu einer professionellen Maschine mit entsprechendem Preis und eingeschränktem Aufgabenbereich.

Obwohl Interessenten für das derart flügelgestutzte Magnetophon eher auf einer kommerziellen Ausstellung wie der Leipziger Messe, weniger auf einer Publikumsmesse, zu erwarten waren, hielt die AEG doch an der Vorstellung anlässlich der „11. Großen Deutschen Funk-Ausstellung Berlin 1934“ (17. bis 26. August) fest. Die Pressestelle der „Wirtschaftspolitischen Abteilung“ der I.G. Farben Berlin arbeitete, in Abstimmung mit der AEG und Ludwigshafen, eine 25 Zeilen lange „in der Telisitzung am 9 ds. Mts. zu verlesende ... Notiz“ aus,⁶⁷⁷ mit der man eine qualifizierte (also zumindest freundliche) Berichterstattung durch die Mitglieder der renommierten „Tech-

nisch-Literarischen Gesellschaft (TELI)“ sicherstellen wollte. Dass hier lediglich „eine Art Protokolliermaschine“ angekündigt wird, zeigt eine gewisse Verlegenheit, ein so aufwendiges Gerät für einen so bescheidenen Zweck anpreisen zu müssen. Es ist nicht klar, ob das Magnetophon – das „eben fertig geworden[e]“ Eichenschrankgerät⁶⁷⁸ – überhaupt gezeigt oder vorgeführt wurde. Jedenfalls fragten TELI-Mitglieder, die ja alle Schwächen der gängigen Diktiergeräte kannten, bei AEG-Ingenieur Willi Patzschke beharrlich nach,⁶⁷⁹ und dessen Antworten zeigten, dass man es nicht mit einem ausgereiften System, sondern allenfalls mit dessen neuartigem Kernstück zu tun hatte – eben dies hatte die I.G.-Presseabteilung mit der Verlesung der kargen „Notiz“ vermeiden wollen.

Funkausstellung 1934 ohne Magnetophon

Der 9. August 1934 fiel auf einen Donnerstag; der schwarze Freitag des Magnetophons folgte über Nacht. Geheimrat Bücher ließ sich das Eichenschrankgerät vorführen und befand, die Wiedergabequalität sei „im Gegensatz zu dem bisher im Kabelwerk Gehörten so schlecht“,⁶⁸⁰ dass die AEG diese Maschine nicht auf der Funkausstellung zeigen könne und alle Pressemitteilungen zurückziehen müsse. Bücher war damit zum gleichen Schluss gekommen wie die I.G. Farben-Teilnehmer am 6. August 1934: „unvollkommen ausgebildete Apparate [könnten] einen ungünstigen Eindruck hervorrufen ..., der sich später nur schwer beseitigen läßt.“⁶⁸¹ In der Tat wurde nach außen kaum etwas bekannt, abgesehen von einem technisch fundierten Beitrag mit dem aktuellen Titel „Das Magnetophon“ in der Zeitschrift „Filmtechnik“⁶⁸² und einer Notiz des NSDAP-nahen „Funktechnischer Vorwärts“,⁶⁸³ der sich mit der vollmundigen Zeile „Großes Aufsehen erregte das von der AEG entwickelte „Ferreton-Gerät“ <sic> eine klassische Zeitungssente leistete.

Wo lag der Grund für diesen peinlichen Einbruch? Die Eichenschrankgeräte waren so spät fertig geworden, dass eine kapitale Schwäche unbemerkt blieb: wegen des raumsparenden Zusammenbaus von Laufwerk und Verstärker dürfte die Wiedergabe merklich verbrummt gewesen sein, zusätzlich zum noch sehr deutlichen Bandrauschen und dem bescheidenen Frequenzumfang. Das Versuchsgerät 2, dessen Verstärker auf der Werkbank relativ weit vom Laufwerk standen, war in dieser Hinsicht tatsächlich besser.⁶⁸⁴ Zeit, das Design zu ändern, blieb nicht mehr, und die Aussicht, zur Funkausstellung mit einem labormäßig verdrahteten Gerät anzutreten, war nicht zu verantworten. „Elektromagnetische Unverträglichkeit“ war also eine der beiden simplen Fehlerursachen, nicht etwa eine systematische Schwäche der bisherigen Entwicklungsarbeit, die keineswegs in Frage gestellt war. Die nächsten sechs Magnetophon-Generationen⁶⁸⁵ lieferte die AEG in getrennten Koffern für Laufwerk, Verstärker und Lautsprecher aus. Die andere Ursache: I.G. Farben tat sich immer noch schwer, wirklich reißfeste Bänder zu liefern, die vor allem den Bandstart überstanden.⁶⁸⁶ So hatte jeder Partner einen plausiblen Grund (wenn auch zu Lasten des anderen) und konnte sein Gesicht wahren.

Magnetton war auf der Funkausstellung 1934 mit der „Stahlton-Bandmaschine“ der C. Lorenz AG vertreten, deren 60 cm-Trommeln mit 3 mm breitem, 2.700 m langen Band 7½ kg wogen. Das 150 kg-Gerät hatte einen interessanten Gegensatz zu der „kompendiösen Apparatur“ der AEG abgegeben.⁶⁸⁷

Vereinbarungen zwischen der AEG und I.G. Farben

Es überrascht – und spricht für ein vertrauensvolles Verhältnis zwischen Bücher und Gaus –, dass die Magnetophon-Entwicklungsarbeit bisher nur „im Rahmen der allgemeinen Vereinbarungen über die Zusammenarbeit der beiden Firmen“, das heißt, als Beiprodukt aller gegenseitigen Geschäfte, aber ohne eigentliche vertragliche Grundlage lief. Trotz des personellen wie materiellen Einsatzes sollte dieser Zustand noch ein weiteres Jahr dauern.

Die AEG plante, die „Protokolliermaschine“ für rund RM 500 zu verkaufen, „Sprechband“ für 10 Minuten sollte „nicht teurer sein ... als eine gute doppelseitige Grammophonplatte gleicher Laufzeit, also etwa RM 5.— kosten“,⁶⁸⁸ An Stückzahlen erwartete man „schätzungsweise mindestens 100.000 m pro Monat“,⁶⁸⁹ nicht eben eine planungssichere Vorgabe, nämlich rund 170 Spulen zu jeweils 600 m. Dementsprechend skizzenhaft blieben auch Überlegungen in Ludwigshafen, wie der Vertrieb des Produkts zu organisieren wäre.⁶⁹⁰

Magnetophonband-Fertigung in Ludwigshafen

Konkreter waren die fertigungstechnischen Maßnahmen in Ludwigshafen. Um das Elektrolabor zu entlasten, wurde ab Juli 1934 in einem Lagerhaus geeignete Räume für Lagerung, Verpackung und Versandbereitstellung der Magnetophonbänder freigemacht. Die Spenglerei lieferte Blechscheiben mit einem mittigen Loch für einen Holzdorn und einem 6 mm breiten Aufsteckrand,⁶⁹¹ „um eine Verschiebung des Bandes aus der Ebene zu verhindern“. Matthias machte einen unbenutzten Rührapparat ausfindig, in dem er pro Woche vier Tonnen Gießlösung ansetzen konnte, er hatte mit dem I.G.-Werk Dormagen über die Lieferung fremdkörperfreien Celluloseacetats in Mengen von etwa 1,5 – 15 Tonnen pro Monat korrespondiert⁶⁹² und einen passenden Ort für die Azeton-Wiedergewinnungsanlage gefunden. Diese Aktivitäten zeigen eindeutig: Ludwigshafen stellte sich auf die industrielle Produktion des Magnetophonbandes ein, wenn auch vorläufig die Größenordnungen nicht ganz klar waren.

Ständige Optimierungsarbeiten hatten gezeigt, dass der Carbonyleisen-Typ P im Magnetophonband die besten Resultate gab – was Lehrer schon vorausgesagt hatte, da dieses Material von allen Varianten die höchste Koerzitivfeldstärke hatte. Partien, die für Magnetophonband bestimmt waren, mussten einheitliche Kugeldurchmesser haben, und das war weniger gut durch Sieben als vielmehr durch Windsichten zu erreichen. So ist im September 1934 erstmals von einem „wesentlich feinkörnigeren Pulver..., als wir es bisher kannten“, die Rede.⁶⁹³

Hochfrequenz-Vormagnetisierung im Herbst 1934

Im Herbst 1934 verpassten I.G. Farben Ludwigshafen und die AEG Berlin um Haaresbreite einen entscheidenden technologischen Durchbruch beim Magnetophon-Verfahren.

Erwin Lehrer, der bei seinen magnetischen Messungen am Carbyloleisen auf physikalisch eindeutige Voraussetzungen angewiesen war, konnte auf seiner Endlosapparatur das Magnetband mit einem wechselstrom-ge-speisten Magnetkopf löschen. Für solche Versuche auf der Oppauer Endlosapparatur hatte ja Friedrich Bergmann einen Magnetkopf gebaut, Lehrer einen geeigneten Verstärker und Generator entwickelt. Das Wechselfeldlöschen lief darauf hinaus, mittels eines abklingenden Wechselstroms die Magnetisierung eines Materials auf Null zu bringen (Seite 75). Lehrer erweiterte dieses Prinzip mit der Überlegung, dass sich ein *gewünschter* Wert der Magnetisierung *einstellen* lässt, wenn zusätzlich zum abklingenden Wechselstrom ein Gleichstrom fließt, also das magnetisierende Wechselfeld von einem Gleichfeld überlagert ist. Die vielfachen Ummagnetisierungen laufen dann letztlich auf einen (in Grenzen) beliebig *einstellbaren* Magnetisierungswert des Probestücks hinaus, es liegt also ein Sonderfall der „idealen Magnetisierung“ vor. Nächster Schritt des Experiments: verwendet man einen Wechselstrom mit einer Schwingungszahl, die deutlich oberhalb des Frequenzbereichs von Schallsignalen liegt, und überlagert diesem „Hochfrequenzstrom“ den „Tonfrequenzstrom“ (anstelle eines Gleichstroms also den Strom, der den Schallsignalen äquivalent ist), wird die Magnetisierung des Bandes die ursprünglichen Schallsignale viel genauer repräsentieren als mit Poulsens Gleichfeldmagnetisierung erreichbar. Nicht zuletzt wird das Störrauschen deutlich leiser, weil Bandstücke mit Aufzeichnungspausen magnetisch neutral sind. Diese stark vereinfachte Darstellung soll zeigen, dass Lehrer im letzten Quartal 1934 dank der systematischen Anwendung physikalischer Prinzipien einem Aufnahmeverfahren nahe war – und auch experimentell angewendet hat –, das sieben Jahre später als „Hochfrequenz-Vormagnetisierung“ Furore in der gesamten Schallaufzeichnungstechnik machen sollte.⁶⁹⁴ Allerdings, das kann hier nur ganz summarisch gesagt werden, ist die physikalisch-magnetische Arbeitsweise der Hochfrequenz-Vormagnetisierung ungleich komplizierter als seinerzeit angenommen; eine Anerkennung, allgemeinverständliche Erklärung ist auch in den folgenden siebzig Jahren nicht gelungen.⁶⁹⁵

Warum Lehrer seinerzeit nicht zum Zug kam, dürfte zumindest teilweise mit Matthias' beruflichen Bedingungen zusammenhängen. Die Drs. Otto Ambros und Karl Schoenemann, in der I.G. Farben-Hierarchie wenigstens zwei Ebenen über ihm angesiedelt, beschränkten sich nämlich keineswegs darauf, die Zusammenarbeit mit der AEG zu organisieren. Nicht nur Schoenemann setzte seine wissenschaftlichen Kenntnisse und Verbindungen innerhalb des Werks ein, als sich beim Magnetton Aussichten auf lukrative Patente abzeichneten. Auf unterer Ebene, wo die praktische Arbeit zu leisten war und ein Großteil der Verantwortung lag, musste Matthias zusehen, dass er nicht zu vielen Einflüssen von „außen“ erlag, sondern seine Stellung behauptete. Dass er dabei eine substantielle Anregung übersah oder nicht richtig einschätzte, ist die beinahe unvermeidliche Konsequenz. So lief auch die Information von Lehrers beachtlichem Ansatz ausschließlich über den Chemiker Matthias zum Elektro-Ingenieur Eduard Schüller. Der setzte zwar im November 1934 – die Planung für das Versuchsgerät 4 dürften gerade angelaufen sein – einige Versuche an, scheint dabei aber Gleichstrom-Vormagnetisierung und HF-Methode verquickt zu haben und verfehlte so den großen Wurf:

Die Versuche, dem Sprechstrom einen Hochfrequenzstrom zu überlagern, brachten nur geringen Erfolg, denn um eine verzerrungsfreie Wiedergabe zu erreichen, muss der Hochfrequenzstrom sehr groß sein, dann tritt bei großen Sprechamplituden jedoch wieder Übersteuerung der Köpfe ein. Die Versuche werden weitergeführt.⁶⁹⁶

Der wahrscheinlich an dem Misserfolg schuldige Umstand war, dass Schüller seinerzeit das Magnetband zum Löschen noch bis in die Sättigung magnetisierte,⁶⁹⁷ die HF-Vormagnetisierung aber ein magnetisch neutrales Band voraussetzt. Hätten sich nun Schüller und Lehrer unmittelbar ausgetauscht, wäre diese falsche Ausgangsbedingung rasch berichtigt worden – aber zu dieser Zusammenarbeit kam es ja nicht. Später zeigte sich, dass Lehrer nicht einmal über die schiefe Umsetzung seiner Erkenntnisse bei der AEG informiert worden war. Und in diesem Zusammenhang ist natürlich zu fragen, wieso Schüller bis zur Magnetophon-Generation K 4 nicht die doch offenbar effiziente Wechselstromlöschung anwandte, die er für die Untersuchungen seiner Diplomarbeit benutzt hat (Seite 73). Sie hätte allerdings einen Löschgenerator und damit eine Röhre entsprechender Leistung vorausgesetzt, und dem stand das aufwandsarme Gleichstromlöschen gegenüber. Die Hochfrequenz-Vormagnetisierung brachte ab 1940 / 1941 auch hier ganz neue Arbeitsverfahren.

Ergebnislos prüfte die AEG Anfang Dezember 1934 intern, ob der Vorschlag „*Der Sprechkopf wird von einem hochfrequenten Wechselstrom durchflossen*“ nicht zu den „*noch zu tätige[n] Neuanmeldungen auf dem Gebiete der Magnettonmaschine*“ gehöre.⁶⁹⁸ Wie wäre wohl die Entwicklung verlaufen, wenn bereits das Versuchsgerät 4 oder das Magnetophon K 1 von 1935 mit Hochfrequenz-Vormagnetisierung gearbeitet hätten?

Neue Versuchs-Gießmaschinen in Ludwigshafen

Zwischen Anfang 1934 und Sommer 1935 bauten Matthias und Friedmann zwei weitere Gießmaschinen mit 20 mm Gießbandbreite und einen „*7-fach-Gießstuhl*“, also eine Maschine für etwa 50 mm Gießband- und 46 mm Nutz-Breite, die alle im Elektrolabor arbeiteten.⁶⁹⁹ In Zusammenarbeit mit der AEG entstand dabei im Sommer 1934 ein interessanter Entwurf: auf die polierte Oberfläche des Gießbandes wurde als erstes die Magnetschicht gegossen, die dementsprechend „*spiegelglatt*“ sein sollte. Sie durchlief gleich anschließend eine Art Rakel (zur Dickenbegrenzung) und dann ein bemerkenswertes Arrangement: oberhalb des Bandes eine Wärmequelle, da-

runter ein Richtmagnet und eine magnetische Rüttelvorrichtung.⁷⁰⁰ Vom Rakeln, Rütteln und Richten versprachen sich die Erfinder ein vollkommen einheitliches Gefüge der Magnetschicht, vor allem regelmäßig verteiltes Magnetpigment. Erst nach dem Passieren eines ersten Trockentunnels folgte der Auftrag des eigentlichen Träger-schicht-Materials. Von einer arbeitsfähigen Gießmaschine nach diesem Prinzip ist nichts bekannt, ebenso wenig, warum das Verfahren zwar in Frankreich (FR 792.275 vom August 1935), nicht aber in Deutschland patentfähig war.⁷⁰¹ Als typische Doppelerfindung schlugen übrigens 1942 die Wolfener Magnetbandentwickler dieses Herstellverfahren als „Invertguss“ nochmals vor.

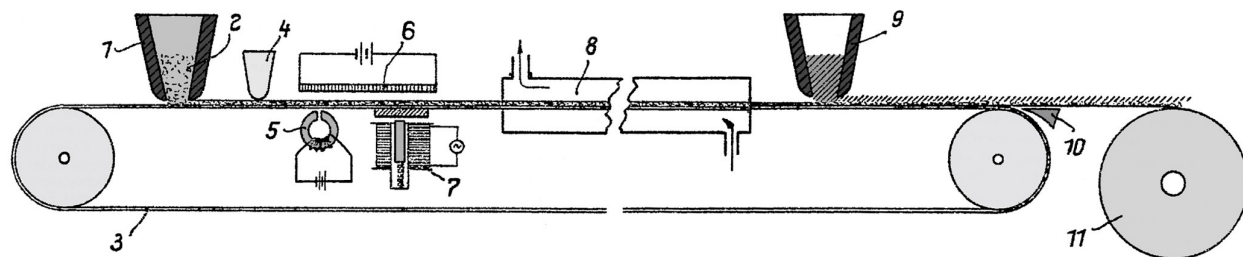


Abbildung 85: Entwurf von AEG und I.G. Farben für eine Magnetband-Gießmaschine: 1 Gießer für die Magnetpigment-Gießmasse 2 auf das spiegelglatte Endlosband 3, 4 Rakel, 5 Richtmagnet, 6 Wärmequelle, 7 magnetische Rüttelvorrichtung, 8 Trockenkammer, 9 Aufgießen der Trägerfolien-Lösung, 10 Abstreifer, 11 Aufwickeltrommel. Es versteht sich, dass nach dem Aufgießen der Trägerfolien-Begussmasse nochmals ein Trockenschrank oder eine Trockenkammer hätte passiert werden müssen. Die Aufwickeltrommel 11 käme dann beispielsweise, entsprechend der Konstruktion der Gießmaschine von 1936, am linken Ende der Zeichnung zu stehen.⁷⁰² Dieser Vorschlag propagiert also den „Invertguss“: zuerst wird die Schicht, dann die Trägerfolie gegossen.

Magnetophonband nach Wolfen?

Als hätte es um das Magnetophonband im Sommer 1934 nicht schon genug Wirbel gegeben, kam wie aus heilerem Himmel noch eine I.G. Farben-interne Auseinandersetzung ins Spiel: das Werk Wolfen regte nachdrücklich an, die Magnetband-Fertigung in die dortige Filmfabrik zu verlegen. Was hatte das zu bedeuten?

Die frühere „Actiengesellschaft für Anilin-Fabrikation“, kurz Agfa, gehörte seit 1925 zu den größten Gesellschaften im Konzern I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft; sie betrieb in Wolfen nördlich Leipzig, etwa in der Mitte Deutschlands, eine bedeutende Farbenfabrik und die Filmfabrik, aus der die weltbekannten Agfa-Filme kamen. Da es zwischen allen Werken der I.G. Farben einen institutionalisierten Informationsaustausch gab, datierte die erste pflichtgemäße Mitteilung aus Ludwigshafen in Sachen Magnetband bereits vom 30. Dezember 1932.⁷⁰³ Anfang Februar 1933 folgte dann eine vertrauliche Darstellung der Absichten, die Ludwigshafen mit den Magnetband-Arbeiten verband,⁷⁰⁴ für die Wolfen freundliches, aber resultatsfreies Interesse bekundete. Aufgeschlossen zeigte sich dagegen John Eggert. Obwohl kein Dokument für die Jahre 1933 – 1938 *expressis verbis* einen „Informationstransfer“ von Wolfen nach Ludwigshafen in Sachen Magnetband-Technologie belegt, sprechen viele Indizien dafür, dass Matthias vom Kontakt zu Eggert beträchtlich profitierte.⁷⁰⁵

Als nun im Juli 1934 I.G. Farben Ludwigshafen und die AEG die Modalitäten des erhofften Magnetophonband-Geschäfts diskutierten, hielt es Otto Ambros wieder für angebracht, die Filmfabrik Wolfen offiziell über den Entwicklungsstand zu informieren; gleichzeitig bat er um – wie man heute sagen würde – Marketinghilfe für die Produkt-Einführung.⁷⁰⁶ Die Antwort aus Wolfen, unterzeichnet von Filmfabrik-Direktor Fritz Gajewski, sorgte in Ludwigshafen für einige Turbulenzen, schlug er doch vor, „die Fabrikation statt in Ludwigshafen in Wolfen aufzunehmen, da dieses Produkt auch rein organisch in eine Filmproduktion hineinpaßt.“⁷⁰⁷ Was diese Forderung so brisant machte, war weniger das abwehrbare Argument, in der Filmfabrik stünden geeignete Maschinen still und es seien daher keine Neuinvestitionen nötig, sondern der wiederholte Hinweis auf das „Interesse der I.G. Farben“ – im Sprachgebrauch des Konzerns eine dringliche Warnung.⁷⁰⁸ Schoenemann antwortete also postwendend, die Investitionen seien gering, „eine enge Zusammenarbeit mit der ... Carboneisen-Fabrik und eine unmittelbare persönliche Fühlungsnahme der beiderseitigen Sachbearbeiter sei notwendig“; schließlich habe „Dr. Hermann Bücher ... dieses Gebiet als sein besonderes Steckpferd in engster persönlicher Zusammenarbeit mit Dr. Wilhelm Gaus gefördert.“⁷⁰⁹

Fürs erste beließ es Wolfen bei diesem Vorstoß. Eggert hatte ja festgestellt, dass der Magnetton dem Lichtton noch weit unterlegen war und ihm in der – verglichen mit dem Rundfunk- und Schallplatten-Geschäft – ohnehin schmalen Marktnische Spielfilmproduktion nicht schaden konnte. Rein sachlich betrachtet, hatte Gajewski einige Trümpfe in der Hand, nämlich Kenntnisse in Sachen (Licht-)Tonaufzeichnung sowie geeignete Produktionsanlagen und Prüfeinrichtungen. Schließlich waren enge Beziehungen zur Filmindustrie, ebenso kaufkräftigen wie einflussreichen Kunden, eher in Wolfen als in Ludwigshafen zu vermuten. Zudem lag Wolfen einige D-Zug-Stunden näher bei Berlin (also der AEG) als Ludwigshafen.

Dass das Wolfener Interesse am Magnetophonband keineswegs einschloß, zeigt nicht zuletzt eine Besprechung in Ludwigshafen am 6. November 1935, in der Schoenemann und Matthias, John Eggert und Richard Schmidt klärten, „in wie weit die Magnetophon-Tonaufzeichnung in die übrigen, von der I.G. mit Aufzeichnungsmaterial versorgten Aufnahme-Methoden eingreift. ... Es herrscht volle Übereinstimmung darüber, dass die verschiedenen ... Stellen innerhalb der I.G. untereinander in so enger Fühlungsnahme stehen sollen, dass eine unbeabsichtigte Konkurrenz der Aufzeichnungsverfahren untereinander nicht entstehen kann.“⁷¹⁰ Diese Sorge war allerdings unbegründet: der Schallfolien-

Verbrauch der RRG, überwiegend unter der Marke „Igephon“ von I.G. Farben geliefert, stieg zwischen 1935 und 1939 um knapp 60 % (von 68.000 auf 107.000 Stück). – 1941, unter gründlich veränderten Voraussetzungen, sollte die Filmfabrik Wolfen ihren Übernahme-Vorstoß mit anderen Mitteln, und zwar erfolgreich, wiederholen.

Fortschritte in Ludwigshafen

Indizien sprechen dafür, dass Ende Oktober 1934 in Ludwigshafen ein neues Versuchsgerät der AEG vorgeführt wurde (Mitte November gingen zwei Magnettonapparaturen an die AEG zur Reparatur zurück,⁷¹¹ es wird Bezug auf „*mündliche ... Besprechungen in LU*“ genommen⁷¹²). Zumindest hat es eingehende Besprechungen gegeben, denn nach der Vorführung wollte man in Ludwigshafen entscheiden, „*ob eine Weiterarbeit auf diesem Gebiet erfolgreich sein wird oder ob es nicht besser ist, die Arbeit als unbefriedigend abzubrechen.*“⁷¹³ Wie dem auch sei: Anfang November wurde definitiv die Bandbreite auf $6,5 \pm 0,1$ mm festgelegt (jedoch immer noch keine Dicke spezifiziert); weiter wurde angeregt, die Zerreißfestigkeit und vor allem die „Kantenfestigkeit“ – die Neigung zu Haarrissen, die prompt zum Bandriss führten – sowie die Planlage des Bandes zu verbessern, und nicht zuletzt sollte das Magnetmaterial noch dichter und gleichmäßiger aufgebracht werden. Als Resultat war offenbar schon Ende November / Anfang Dezember 1934 mit dem Carbylonleisen-Typ P eine merklich höhere Wiedergabelautstärke bei gleichbleibendem Störgeräusch erzielt worden, also ein Dynamikgewinn.⁷¹⁴

Insgesamt scheint man nach dem turbulenten Sommer in Berlin und Ludwigshafen etwas langsamer getreten zu haben.⁷¹⁵ Das Erreichte zu sichern oder zu vertiefen hatte Priorität vor der Suche nach neuen Lösungswegen, zumal ja auch der Zielwechsel „weg vom Volkstonbandgerät – hin zur professionellen Maschine“ bewältigt sein wollte. Als nächster geeigneter Premierentermin wurde die Leipziger Frühjahrsmesse im März 1935 angestrebt, wofür so bald wie möglich Magnetophonbänder gefertigt werden sollten.⁷¹⁶

Versuchsgerät 4

Nach den zwiespältigen Erfahrungen mit dem Eichenschrankgerät gab die AEG die Idee des Heimgerätes allerdings noch nicht vollständig auf. Man setzte sich jetzt zum Ziel, auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1935 (Beginn 4. März 1935) das Magnetophon in fünf Exemplaren vorzustellen.⁷¹⁷ Dieser Präsentationsplan ist wenig bekannt, er taucht nur in wenigen Dokumenten auf.⁷¹⁸ Letztlich konnte auch die Leipziger Frühjahrsmesse nicht genutzt werden, weil vermutlich weder die AEG noch I.G. Farben die gesetzten Ziele rechtzeitig realisiert hatten. Dennoch hat das für diese Messe entwickelte Magnetophon entwicklungsgeschichtliche Bedeutung; zudem ist sein Foto – häufig falsch zitiert – aus vielen Veröffentlichungen bekannt.

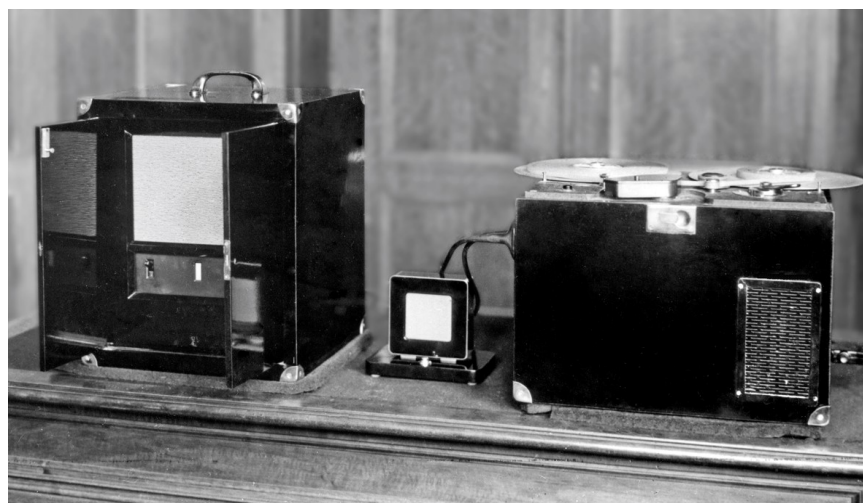


Abbildung 87: Zwei der drei Koffer des Versuchsgeräts 4 vom Frühjahr 1935. Links der Verstärkerkoffer mit Lautsprecher. Im mittleren Feld (unter der Spannung) links Netzschalter, rechts der Schattenanzeiger (Aussteueranzeigeelement), ganz rechts (verdeckt) der Lautstärkesteller. Das Laufwerk steht rechts; der Spulenkoffer ist nicht im Bild. In der Mitte ein hochwertiges Kohle-Mikrofon.



Abbildung 86: Auf dem linken Wickelkern-Aufkleber ist „27. IV. 35“ zu erkennen, das Datum der Aufnahmen im Nationaltheater Mannheim.⁷¹⁹

Im Kabelwerk Oberspree der AEG gab es keine feinmechanische Werkstatt, so dass dieses vierte – und letzte – Magnetton-Versuchsgerät im AEG-Forschungsinstitut Reinickendorf gebaut wurde. Der Auftrag ging an Eduard Untermann, der sich als „*sehr tüchtiger, genialer Konstrukteur*“ erwies.⁷²⁰ Zunächst im Kinolabor der AEG tätig, möglicherweise als Mitarbeiter von Max Flinker, kam er um die Jahresmitte 1935 ganz zur Magnetophon-Gruppe. Neben dem Umsetzen von Vorschlägen und Konzepten in zuverlässig funktionierende Konstruktionen war Untermann auch als Erfinder erfolgreich, was wenigstens sechs Patente beweisen, darunter, sozusagen als sein Vermächtnis, DE 745 849, der allgemein bekannte „AEG-Kern“. Seine letzte patentierte Erfindung ist eine „*Abschirmung für Magnetköpfe in Magnetongeräten*“ vom 1. Dezember 1944, die die von den Magnetophon-Modellen K 8 über M 5 bis zu T 9 bekannte Abschirmklappe vor dem Wiedergabekopf zum Inhalt hat.⁷²¹

Als erstes brach Untermann mit der bisherigen Konstruktionsweise: die Laufwerksplatte und damit die 25 cm-Bandteller des Versuchsgeräts 4 legte er waagrecht, was das Bandeinlegen deutlich vereinfachte und außerdem

eine leichtere (damit auch weniger träge) Antriebskonstruktion erlaubte. Als Antrieb diente wieder ein Synchronmotor. Das unsichere Friktionsgetriebe ersetzten rutschende Flachriemen, Antriebsselemente, die ebenfalls für die weitere Entwicklung von Tonbandgeräten maßgeblich wurden. Mit einer Verzögerung beim Bandstart war ein sanfterer Anlauf erreicht worden.



Abbildung 88: Das vierte Magnetton- Versuchsgerät der AEG, fotografiert in Ludwigshafen Ende April 1935.

① Umlenkstift am linken Wickelteller (um den das Band hätte herumgeführt werden müssen), ② Zählwerk (nicht rückstellbar), ③ Knopf für Band-Vorlauf, ④ Führungsstück für den Bandlauf, davor ein konischer Hilfsstift zum leichteren Banderlegen, ⑤ Gegenlager und Bandführung bei Aufnahme, ⑥ schwenkbarer Kopfräger, hier in Stellung „Wiedergabe“, ⑦ Tonrolle (13 mm) und Gummiandruckrolle, ⑧ Knebelschalter, das Hauptbedienelement, ⑨ Umlenkstift am rechten Bandteller (auch hier hätte das Band herumgeführt sein müssen), (10) Netzstecker mit Hauptschalter. – Vorn im Gehäuse ein Lüftungsgitter.

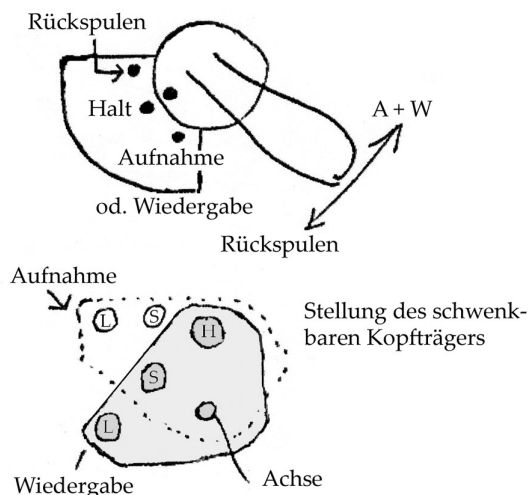


Abbildung 89: OBEN: Stellungen des Bedienungsknebels ⑧ und entsprechende Funktionen. – Zum Aufnehmen wurde der Kopfräger ⑥ um etwa 90° nach rechts gedreht und der Knebelschalter in Position „Aufnahme / Wiedergabe“ gebracht.

UNTEN: Positionen des schwenkbaren Kopfrägers bei Aufnahme und Wiedergabe. Bei „Halt“ schwenkte er automatisch in die gezeigte Lage zurück.

Nach Handzeichnungen von Hans Westpfahl ⁷²²

Benutzten die Versuchsgeräte 1 bis 3 für das Band noch Wickelkerne mit Flanschen, also Spulen, verwendete das Versuchsgerät 4 als optisch auffälligste Neuerung „freitragend“ gewickeltes Magnetophonband. Auf Flanschen zu verzichten, konnte nur gutgehen, weil die Magnetophonbänder – Ludwigshafen lieferte sie ohnehin nur auf Pappekern gespult an – so „harte“ Wickel bildeten, dass sie den Transport ebenso überstanden wie die normale Handhabung. Flansche, die ohne Schlag rund laufen und sich nicht verziehen sollen, erfordern beträchtlichen Aufwand bei Herstellung und Montage, präzise Spulen sind also teuer. ⁷²³

Schattenanzeiger. Einrichtung nach Abbild. 523, die im wesentlichen aus einem Drehspul- oder Drehmagnetmeßwerk besteht, dessen Zeiger durch eine sich drehende Platte ersetzt ist, die von einer kleinen Glühlampe beleuchtet wird. Je nach der Größe des Meßwerk-Ausschlags und der dadurch be-

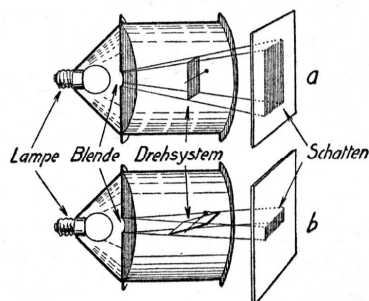


Abb. 523. Prinzip des Schattenzeigers: a = größter, b = kleinster Ausschlag

dingten Stellung der Platte wirft die Lichtquelle mehr oder weniger Licht auf eine kleine Mattscheibe, so daß hier ein Schattenstreifen entsteht, dessen Breite von der Größe des Ausschlags abhängt.

Abbildung 90: Das Prinzip des Aussteuerungsinstruments im Versuchsgerät 4.

Untermann führte das Band von der Abwickelspule zuerst über einen Umlenkstift, dann über eine etwa halbkreisförmige Umlenkung, damit sich das Auf und Ab uneben gespulter, vielleicht auch schräg aufgelegter oder unrunder Bandwickel beruhigte; zudem sollte sie eine bessere Anlage des Bandes an den Köpfen erzwingen. Das Versuchsgerät 4 hatte als erstes Magnetton-Gerät einen „Kopfräger“, in dem Löschmagnet, Aufnahme- und Wiedergabekopf konstruktiv zusammengefasst waren, einem wichtigen Merkmal aller späteren professionellen Magnetbandgeräte. Das Magnetband lief dann mit der Schichtseite über die Tonrolle, passierte einen weiteren Umlenkstift und erreichte so mit definierter Höhe die Aufwickelspule (Abbildung 88 zeigt, dass dem Ludwigshafener Fotografen die genaue Bandführung unbekannt war). 600 m Magnetband – es soll Anfang 1935 eine Dicke von etwa 60 – 70 µm gehabt haben – reichten bei der Bandgeschwindigkeit 1 m/s für eine Aufzeichnungsdauer von 15 Minuten.

Mit dem Bedienungsknebel (8) an der rechten Vorderkante, der nur drei Raststellungen aufwies, wurden die Laufwerksfunktionen eingestellt. In der in Abbildung 88 gezeigten Grundposition steht er auf „Halt“. Um eine Raststellung im Uhrzeigersinn weitergedreht, schaltete er den Antrieb auf Rückspulen (für schnellen Bandvorlauf war der Taster (3) gedrückt zu halten); in der dritten Raststellung (eine Position gegen den Uhrzeigersinn gedreht) lief das Band mit Normalgeschwindigkeit. Im Standardfall hieß das Wiedergabe, weil eine Feder den mittig unten sichtbaren Kopfräger in der gezeigten Stellung hielt, in der nur der Wie-

dergabekopf am Band anlag. Wollte man aufnehmen, war der Kopfträger mit der Hand im Uhrzeigersinn weiter zu drehen, bis er einrastete. Nun lagen Lösch- und Aufnahmekopf am Band an. Weil sich der Kopfträger aber nicht um den Wiedergabekopf drehte (siehe Abbildung 89), schwenkte der jetzt vom Band weg, so dass mit dieser Magnetkopfanordnung keine Hinterband-Kontrolle möglich war. Wurde der Bedienungsknebel wieder in Mittelstellung gebracht, drehte sich der Kopfträger automatisch zurück in die Ausgangsstellung („Wiedergabe“). So wurde bei dieser Gerätegeneration das Wegschwenken des Löschkopfes realisiert. Eine Besonderheit war die hydraulische Verzögerung beim Anziehen der Gummiandruckrolle, die ein sanftes Anfahren des damals noch recht „reißfreudigen“ Tonbands gewährleistete. Eine Bandlängenanzeige ist unterhalb des linken Tellers zu sehen, allerdings eine noch recht einfache: es handelt sich um einen für Fahrräder konzipierten Kilometerzähler, der nicht einmal zurückgestellt werden konnte. An der rechten Seite des Laufwerksgehäuses ist der Hauptschalter für das Laufwerk zu entdecken: er ist in einem Heißgeräte-Netzstecker integriert, wie damals zum Beispiel bei Bügeleisen üblich. Mit den Abmessungen Breite 45 cm, Tiefe 36 cm, Höhe 28 cm und einem Gewicht von 12 kg war das Laufwerk noch recht handlich.

Abbildung 91: Mitarbeiter der Magnetophongruppe Ende 1934, hier noch im Kabelwerk Oberspree. Von links: Siegfried Müller, Eduard Schüller, Heinrich Fanselow und Hans Westpfahl.

Heinrich Fanselow, Spezialist für Verstärkerschaltungen aus der Apparatefabrik Treptow, war der Gruppe beigegeben worden, weil im Fm/Lb keine Ingenieure mit entsprechender Qualifikation arbeiteten.



Jedes Gerät bestand aus drei schwarz polierten Koffern. Der erste und wichtigste enthielt das Laufwerk. Der zweite, der Verstärkerkoffer mit zwei aufklappbaren Türen, war mit 32 x 40 x 26 cm fast ebenso groß, mit 10 kg etwa ebenso schwer wie das Laufwerk. Er nahm einen elektrodynamischen, fremderregten Lautsprecher auf und, im unteren Drittel, einen 4 Watt-Verstärker aus der AEG-Apparatefabrik Treptow; die Schallöffnung war mit silbergrauer Seide (!) verkleidet. Aussteuerungskontrolle bei Aufnahme erlaubte ein „Schattenanzeiger“: hinter einem Schlitz in der Frontplatte deckte der Schatten eines Messgerätezeigers ein beleuchtetes Feld mehr oder weniger weit ab. Im Stil dazu passte der Spulenkoffer für acht bis zehn Bandspulen, innen mit königsblauem Samt ausgekleidet. Der komplette Drei-Koffersatz brachte 30 kg auf die Waage. Als Zubehör war ein viereckiges, für damalige Verhältnisse sehr gutes Kohlemikrofon „Dralowid Reporter“ vorgesehen, das in Rundgummi aufgehängt und somit gegen Körperschall abgeschirmt war.

Auf den ersten Blick ist das Auffälligste an diesem neuen Magnetophon jedoch die schwarze Schleiflack-Oberfläche sowie der ganze Pomp der Ausführung. Wie ist es dazu gekommen? Eduard Schüller schreibt:

Neue Leute kamen. Herr Direktor Elfe, SS-Reiterstandarte, feudal und zackig, bekam die Aufgabe, sich um das Magnetophon zu kümmern. Als Vertriebsmann interessierte ihn nur das Gehäuse. Es sollte schwarz – Ebenholz – hochglanzpoliert sein, an einen kostbaren Bechstein-Flügel erinnernd. ... Aber so schön die Kästen glänzten, die Technik war noch nicht so weit.⁷²⁴

Den letzten Satz bestätigt Hans Westpfahl 1981:

Alles machte einen recht ordentlichen Eindruck. ... Uns war bei dieser Vorführung nicht ganz wohl, denn die Maschine stellte tatsächlich eine regelrechte Kochkiste dar. Um das [Lauf-] Geräusch zu mindern, war alles mit dickem Filz ausgeschlagen; dafür war die Lüftung ziemlich schlecht, die Maschine wurde sehr heiß; das Schmiermittel dunstete aus und machte die Antriebsriemen rutschig.⁷²⁵

Die Entwicklung des völlig neuen Magnetophon-Modells in einem engen zeitlichen Rahmen zwang die Entwickler zu hohen Leistungen, schweißte die Gruppe aber auch zusammen. Abbildung 91 zeigt einige ihrer Mitglieder am 1. Dezember 1934, noch im Fernmelde Labor des KWO;⁷²⁶ das Foto scheint zum Ausklang eines Treffens entstanden zu sein, das als Fm/Lb-Abend im „Kameradschaftsheim“ des KWO stattgefunden hat. Dabei war auch die Magnetton-Apparatur vorgestellt und der damalige Stand der Magnetophontechnik inklusive seiner Probleme in einem Gedicht sarkastisch festgehalten worden.⁷²⁷ Der Text wurde nicht nur einfach verlesen, sondern von den Mitarbeitern des Labors szenisch dargestellt. Auffällig ist, dass der Begriff „Magnetophon“ in dem Gedicht nicht vorkommt – man spricht vom Magnetton-Bandgerät oder von der Magnettonapparatur. Der Absang dürfte die damalige Stimmung treffend wiedergeben:

Und wir kamen heute leider
Ebenfalls um gar nichts weiter.
Wieder einmal wie so oft,
Haben wir umsonst gehofft.

Doch sicher wird in ferner Zeit
Die Tonmaschine Wirklichkeit!
Für heute nur das Was und Wie
Zeigt dieses Dramas Ironie.

Die Skepsis, die aus diesen Zeilen spricht, war gerechtfertigt: das „schwarze Magnetophon“ brachte nicht die geforderten Leistungen und wurde deshalb auch nicht auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1935 gezeigt.

Einsätze der Versuchsgeräte 3 und 4

Auch die AEG setzte das Versuchsgerät 4 (Abbildung 88) bei Feldversuchen ein, so bei ihrer Betriebsversammlung im Sportpalast am 2. April 1935, wo es „mit der Aufnahme der bedeutungsvollsten Reden wertvolle technische Hilfe“ leistete.⁷²⁸ Eine weitere Aufnahme entstand bei einem Besuch des Senats des Patentamtes im KWO am 14. April 1935. Ein Exemplar des Geräts ging Mitte April 1935 nach Ludwigshafen,⁷²⁹ und Schüller ließ es sich nicht nehmen, seine Kollegen Matthias und Friedmann in die Bedienung einzuweisen.⁷³⁰ Das war – es sei betont – das erste „richtige“ Tonbandgerät, das den Bandentwicklern zur freien Verfügung stand. Versuchsaufnahmen mit Musikern des Mannheimer Nationaltheaters und Sprachproben bestätigten am 27. April 1935 die Fortschritte,⁷³¹ die Magnetophon und Magnetophonband erreicht hatten. Nach knapp vier Wochen war das Band der Mannheimer Versuchsaufnahme ohne Alterungserscheinungen bereits 150mal abgespielt worden, aber mehrfach gerissen. Vor allem zeigte sich, dass das Gerät schon nach kurzem Betrieb heiß lief und Schmiermittel aus den Rutschkupplungen austrat, die dann fast blockierten und sämtliche Bänder zerfetzten, sogar Versuchstypen mit dreifacher Reißfestigkeit.⁷³²

Die AEG machte, wie gesagt, die gleichen Erfahrungen wie Friedmann und Matthias: die Konstruktion war nicht praxisreif. Fast scheint es, als hätte die Magnetophon-Geräteentwicklung einen toten Punkt erreicht. Der eigentliche Bandantrieb mittels Tonrolle und Andruckrolle erschien zwar ausgereift, aber „Rutschkupplungen, Friktionskupplungen oder ähnliche Einrichtungen“ versagten nach unannehmbar kurzer Betriebszeit bei ihren eher untergeordneten Aufgaben, nämlich das Magnetband ohne Bruchrisiko straff zu halten beziehungsweise die Bandwickel schnell umzuspulen. Was sollte diese konstruktiv schlecht beherrschbaren, nach dem Reibungsprinzip arbeitenden Kupplungsglieder zwischen Bandwickeltellern und Motor ersetzen? Eine betriebssichere Lösung konnten nur dauerverschleißfreie Bauteile bringen, die sich elastisch ihren Aufgaben anpassten. So entschloss sich Theo Volk – man möchte einen kreativen Wutanfall vermuten – zu einer Radikalkur: er baute unter jedem Bandwickelteller einen zusätzlichen Elektromotor ein. Das neue, wenn auch aufwendige Antriebsprinzip stellte sich als die definitive Form des modernen Magnetbandgeräts heraus: der „Drei-Motoren-Antrieb“.

Durchbruch mit drei Motoren (Frühjahr 1935)

Als Hermann Bücher bei einem Besuch Mitte Mai 1935 in Ludwigshafen erstmals über ein vollkommen neues, stabiles und elegantes Magnetophon-Laufwerksprinzip berichtete,⁷³³ dürfte in Berlin mit einiger Sicherheit schon ein entsprechender Laboraufbau in Arbeit gewesen sein, Theo Volk hätte also den Totpunkt der Geräteentwicklung etwa Anfang Mai überwunden. Das spätere Patent DE 664 759 (mehrere Auslandspatentierungen folgten) wurde erst am 27. Juli 1935 angemeldet, reichlich zwei Wochen vor der Premiere des Magnetophon K 1 und seiner Variante T 1 am 16. August 1935. Der Patent-Text „Gerät zur magnetischen Schallaufzeichnung und Schallwiedergabe“ schildert die Funktion der drei Motore und weiterer Bauteile, die bereits für ähnlichen Zwecke verwendet wurden, betont aber, dass hier „an sich bereits bekannte Maßnahmen in sinnvoller Weise ... vereinigt“ worden seien.⁷³⁴ Ein Zusatzpatent (DE 719 546, „Schaltanordnung für eine Antriebsvorrichtung für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung“, am 24. Juni 1936 von Schüller und Westpfahl gemeinsam angemeldet) enthält eine sinnvolle, für den Dauerbetrieb unbedingt notwendige Erweiterung.⁷³⁵

Die grundsätzliche Arbeitsweise der Drei-Motoren-Anordnung kennzeichnete, dass keine Komponenten mehr über Friktionen angetrieben wurden, so waren die damit verbundenen Nachteile wie Verschleiß, Aufquellen von Gummi, Erwärmung und Instabilitäten mit deren Konsequenzen wie Laufunruhe und insbesondere das Reißen der Bänder minimiert. Nach wie vor trieb der leistungsstärkste Motor – am besten ein selbstanlaufender Synchronmotor – über die Tonrolle das Band direkt an. Doch jetzt gab es zwei weitere kräftige Motoren, die unabhängig voneinander liefen – wenn man von ihrer Verbindung über das „reißfreudige“ Band absah. Die damit auftretenden neuartigen Aufgaben und ihre Lösung, nämlich das Zusammenspiel des „die Gleichlaufrolle direkt antreibenden Motor[s]“ mit je einem Motor unter Auf- und Abwickelteller, waren laut DE 664 759 „völlig neuartig“, weil letztere nicht nur in der (durch Bauart und Beschaltung) vorgegebenen Drehrichtung umliefen, sondern vom Magnetband auch in Gegenrichtung gedreht wurden; dann arbeiteten sie als ruckfreie elektrische Rückhaltebremsen, wobei sich ihre „Drehzahl ... dem jeweiligen Wickeldurchmesser ohne zusätzliche Mittel anpasst“.

Im Einzelnen hatten die Wickelmotore folgende Aufgaben (siehe auch Seite 68):

Aufnahme und Wiedergabe:

- der linke Wickelmotor bremst, das heißt, er wird vom Band gegen seine eigentliche Drehrichtung gezogen und dabei mit Unterspannung betrieben, die so bemessen ist, dass das Band mit dem erforderlichen beziehungsweise zulässigen Bandzug gestrafft bleibt;
- der rechte Wickelmotor zieht (läuft also mit seiner eigentlichen Drehrichtung), er arbeitet ebenfalls mit derart bemessener Unterspannung, dass auch auf dieser Seite das Band straff gehalten, jedoch nicht so stark gezogen

wird, dass es zwischen Tonrolle und Andruckrolle durchrutscht (Schlupf); außerdem soll der rechte Bandwickel in sich so fest sein, dass er sich gefahrlos handhaben lässt;

Rückspulen:

- der linke Wickelmotor zieht mehr oder weniger mit voller Betriebsspannung, der rechte Wickelmotor bremst, wobei das Band nicht über den beim Umspulen erlaubten Bandzug belastet werden darf; Bandschlaufen sind nicht zulässig, wieder muss der Bandwickel so fest sein, dass er sicher zu handhaben ist;

Vorspulen:

- linker und rechter Wickelmotor vertauschen ihre Rollen gegenüber dem Rückspulen.

Diese „stationären“ Antriebsaufgaben ließ sich mit einstellbaren Vorwiderständen (Drahtwiderstände mit einstellbaren Schleifern als Abgriffe) recht gut beherrschen.

Schwieriger zu meistern war das Verhalten bei dynamischen Antriebsübergängen, insbesondere beim Umschalten von einem Betriebszustand in den nächsten. Dafür sah das Drei-Motoren-Patent eine große Schwungmasse auf der Welle des Tonmotors vor, denn weil er besonders leistungsstark sein musste, würde er bei zu schnellem Anlaufen das Band zerreißen oder zumindest Schlaufen werfen; die Schwungmasse verhinderte aufgrund ihrer Trägheit einen solch abrupten Hochlauf – und stabilisierte zusätzlich die Bandgeschwindigkeit im stationären Lauf. Beim Übergang vom Spielen (Aufnahme oder Wiedergabe) auf schnellen Vor- oder Rücklauf wurde die Tonrolle sofort ausgekuppelt, indem die Gummiandruckrolle abfiel; damit spielte deren Schwungmasse erst einmal keine Rolle mehr, und das schnelle Umspulen (etwa sechsfache Spielgeschwindigkeit) konnte unverzögert beginnen.

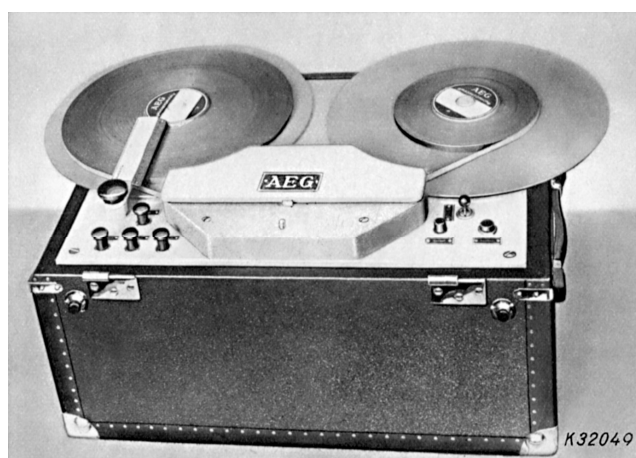


Abbildung 92 (LINKS): Das AEG-Magnetophon, Modell 1935, seinerzeit „tragbares Koffergerät“ genannt, später bekannt als Magnetophon K 1.⁷³⁶



Abbildung 93 (RECHTS): Das AEG-Magnetophon, Modell 1935, hier als „fahrbarer Magnetophonschrank“, später Magnetophon T 1 genannt

Die Bedienungstasten auf der linken Vorderseite haben die Funktion (von links) *Rücklauf*, *Wiedergabe*, *Aufnahme*; oberhalb davon *Halt*; rechts neben der Abdeckklappe *Vorlauf*, oberhalb davon der Netzschalter, rechts der *Auslöser* (Bandrisse und dergl. schalteten die Maschine komplett ab, ein Druck auf den Auslöser setzte sie wieder in Gang). Beim recht ähnlich aussehenden Magnetophon K 2 sind unter anderem alle Bedienungstasten in gerader Linie angeordnet, der vordere Teil der Kopfabdeckung ist „eingezogen“ (siehe Abbildung 100, Seite 99).

Die Transport-Betriebsarten wurden mit vier Tasten gesteuert. Fehlbedienungen sollten verhindert werden, indem die vier Tasten mechanisch so gegeneinander verriegelt waren, dass vor einem Wechsel von einer Betriebsart zur anderen zuerst die „Halt“-Taste gedrückt werden musste. Doch beim Umspulen möchte man ja, wenn die gesuchte Position erreicht ist, möglichst schnell auf Aufnahme beziehungsweise Wiedergabe schalten. Mit dem Drücken der Halt-Taste war es aber nicht getan, weil die rotierenden Massen (Bandwickel!) nicht sofort stillstanden und beim zu frühen, erneuten Schalten unkontrollierte Betriebszustände eintreten würden. Also kamen jetzt von Elektromagneten betätigte Bandbremsen zum Zug (im Gegensatz zu den Backenbremsen früherer Entwicklungen), um die rotierenden Massen schnellstmöglich auf Stillstand zu stoppen. Die sinnfällige mechanische Anordnung der Bremsen (Bremswirkung in einer der zwei Drehrichtungen selbstverstärkend, das

heißt, die Bremsen zogen sich selbst fest) bewirkte, dass der jeweils ablaufende Bandwickel grundsätzlich scharf gebremst wurde als der aufwickelnde, was die gefürchtete Schlaufenbildung verhinderte.

Damit war aber ein kritischer Zustand immer noch nicht beherrscht, der dann eintrat, wenn nur kurzzeitig umgespult worden war und nun wieder der Tonmotor angekuppelt werden sollte, der aber wegen seiner großen Schwungmasse noch immer fast mit Nenndrehzahl rotierte und deshalb das Band zu zerreißen drohte. Hier half nun, was Schüller und Westpfahl in ihrem gemeinsamen Patent vorgeschlagen hatten:⁷³⁷ Auch am Tonmotor – oder „Gleichlaufmotor“, wie er dort genannt wird – griff eine elektromagnetische Bremse an, die ihn beim Umschalten scharf abbremste. Die Beschaltung wirkte zudem insofern automatisch, als dieser Bremsmagnet vom Betriebsstrom der Umspulmotoren durchflossen und das Bremsband somit abgehoben wurde, daher aber am Ende des Umspulens zwangsläufig sofort abfiel, worauf die Bremse den Motor stoppte. Wenn jetzt auf Aufnahme oder Wiedergabe geschaltet wurde, musste der Tonmotor erst wieder seine Schwungmasse auf Touren bringen, so dass das Band auch beim Wiederanlauf relativ sanft beschleunigt wurde.

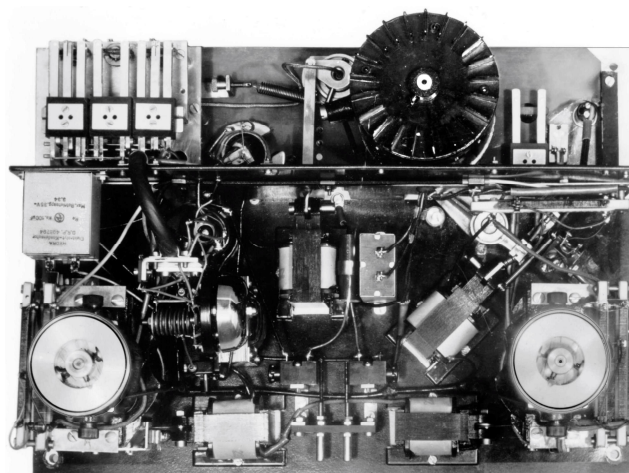


Abbildung 94: Das Laufwerk des Magnetophons K 1 von unten. Die Schwungmasse am unteren Achsende des Tonmotors (oben Mitte) trägt Lüfterflügel, um Kühlluft anzusaugen und zu verteilen. Unten links und rechts die beiden Wickelmotoren mit den dazugehörigen Bremsenrichtungen.

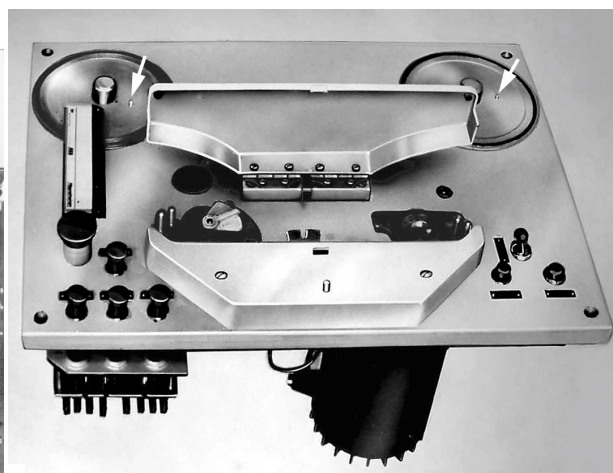


Abbildung 95: Das Laufwerk des Magnetophons K 1 mit hochgeklappter Bandpfad-Abdeckungsklappe. Die Magnetköpfe und die Umlenkrollen für die Bandführung sind nicht eindeutig zu erkennen. – Die Pfeile zeigen auf die Mitnehmer für die Wickelkerne.

Damit waren die Funktionen des Drei-Motoren-Magnetophons im Griff – jedoch noch nicht die Wärmeentwicklung durch die Motoren. Beim „Spielen“ (Aufnahme oder Wiedergabe) lief nur der Tonmotor im Nennbetrieb, d.h. auch mit einer Drehzahl, die eine effektive Kühlung durch sein Gebläse ermöglichte; die beiden anderen Motoren liefen nur als Bremsen, somit ohne effektive Eigenkühlung – wenn auch bei verringerter Erregung (Abbildung 94). Damit näherten sie sich dem Betrieb eines kurzgeschlossenen Transformators und heizten den Innenraum. Beim Umspulen war dann zwar einer der Wickelmotoren im Nennbetrieb, der zweite arbeitete aber auch nur als Bremse. Da außerdem der Koffer-Innenraum zur Schalldämmung akustisch – und so auch thermisch – isoliert werden musste, „war die „Kochkiste“ komplett und machte uns die Wärme viel Kummer, da man kaum die Hauptmontageplatte vor Hitze anfassen konnte.“⁷³⁸ Die Lösung – erst beim Magnetophon K 2 angewandt – war in diesem Fall eine Schaltung, die ebenfalls im genannten Schüller-Westpfahl-Zusatzpatent angegeben ist: Die Erregerwicklungen der Wickelmotoren wurden im Spielbetrieb, bei dem sie bisher über Vorwiderstände geschwächt worden waren, nun hintereinander und zusätzlich mit dem Bremsmagneten des Tonmotors in Reihe geschaltet.⁷³⁹ Damit dürfte näherungsweise eine Viertelung der Verlustleistung verbunden gewesen sein. Zusätzlich wurde Zwangskühlung der Wickelmotoren realisiert, indem der Luftstrom des Tonmotorgebläses durch die geschlossen gebauten Wickelmotoren geleitet wurde. Die Abbildung 94 zeigt die Anordnung von unten gesehen beim Stand von 1935; in Abbildung 103, Seite 100 sind das Kühlsystem und die Fliehkraftbremsen der Wickelmotoren eines Magnetophons K 2 zu sehen. Die Fliehkraftbremsen griffen dann, wenn ein Band durchgelaufen war und der dann unbelastete Wickelmotor – als Hauptschlussmotor – hätte „durchgehen“ können. Das Ergebnis aller dieser Maßnahmen war „ein brauchbares, zuverlässiges Gerät mit erträglichen Temperaturen.“⁷⁴⁰

Wenn auch das „Drei-Motoren-Patent“ Willi Patzschke (AEG-Fabriken-Oberleitung) als Erfinder nennt, sind sich alle Zeitzeugen darin einig,⁷⁴¹ dass als wirklicher Erfinder Theo Volk zu gelten hat. Volk schied bekanntlich im Dezember 1935 bei AEG aus, und das Patent scheint im Laufe der Erteilungsprozedur auf den möglichen Mit-Erfinder, Patentschrift-Mitverfasser oder schlicht Platzhalter Patzschke überschrieben worden zu sein (er hat sich, soweit bekannt, auch nie als Urheber des Patents bezeichnet). Die eigentliche Konstruktionsarbeit lag, wie schon beim Versuchsgerät 4, in der Hand von Eduard Untermann.

Theo Volk und Eduard Untermann haben im Frühjahr 1935 ein Antriebsprinzip ausgearbeitet, das bis zum Ausklingen der professionellen Magnetbandtechnik um die Jahrtausendwende Bestand hatte und sich in Millionen von Geräten bewährt hat.

Das Drei-Motoren-Magnetophon

Endlich auf dem richtigen Weg, wurde die im oben zitierten Gedicht noch in weiter Zukunft vermutete „*Tonmaschinenwirklichkeit*“ dann doch schon zwischen Frühjahr und August 1935 erreicht – nach einem immensen Kraftakt der Beteiligten. Die Magnetophone enthielten jetzt je drei Motoren, und diesmal liefen sie problemfrei und überzeugend. Dafür gab es andere böse Überraschungen – darüber weiter unten. Keine Frage, dass die Funkausstellung im August 1935 den Rahmen für die Premiere bilden sollte.

Laufwerk

Was darauf zwischen Mai und August 1935 in der Drontheimer Straße entstand, waren zwei speichertech-nisch identische Ausstattungs-Varianten: das „*tragbare Koffergerät*“ K 1, das genau gesehen aus drei Koffern be-stand: je einer für Laufwerk, Verstärker und Lautsprecher (dazu noch ein hochwertiges Kohlemikrofon mit Fernsteuerung für Tischaufstellung) sowie der „*fahrbare Magnetophonschrank*“ T 1 mit seinem Gehäuse aus sei-denglanzpoliertem Nussbaum – „*für das Direktionszimmer*“ gedacht.⁷⁴² Diese Truhe beherbergte Verstärker und Lautsprecher sowie, unter einer Abdeckung, das Laufwerk. Obwohl für ortsfesten Betrieb vorgesehen, konnte T 1 auf seinen vier Rollen leicht bewegt werden. Auffällig waren zwei „Ohren“ in Höhe des Laufwerks, deren Ausladung die Größe der Bandwickelteller bedingte. Der Verstärker, etwa in mittlerer Höhe montiert, blieb von der Truhen-Rückseite aus zugänglich. In der Vorderfront, eine Ebene unter dem Verstärker, war der Lautspre-cher eingebaut, an der Seite eine Box mit Fächern für Magnetbandspulen. Für Servicezwecke konnte das Tru-hen-Laufwerk mit dem Deckel hochgeklappt und in dieser Stellung fixiert werden.

Mit dem Einbau in die geräumige Truhe oder der Aufteilung auf drei separate Koffer umging man, wie beim Versuchsgeräts 4, alle Probleme, die im Jahr zuvor die Premiere des allzu kompakten Versuchsgeräts 3 verhin-dert hatten (Seite 80). Verstärker und Lautsprecher hatten die zuständigen Abteilungen des AEG-Apparate-werks Treptow beigesteuert. – Als Wickelmotore standen seinerzeit nur recht voluminöse Motore aus der AEG-Staubsaugerproduktion zur Verfügung, kleinere Ausführungen mit geeigneterer Charakteristik (Verhältnis Drehzahl zu Drehmoment) erschienen erst in den folgenden Jahren. Die Rückspulgeschwindigkeit lag bei etwa 6 m/s, 1.500 m Band waren also nach gut vier Minuten zurückgewickelt.⁷⁴³

Da es nicht mehr viele offizielle Fotos von den ersten Magnetophonen gibt, ist die Zuordnung zu den „Gene-rationen“ zwischen 1935 und 1938 erschwert, besonders, weil die Presseabteilung der AEG in der Nachkriegszeit die Unklarheiten eher verstärkt als bereinigt hat – es gab ja keine Magnetophone der ersten Serie mehr, so dass man für Werbekampagnen schon einmal auf ein Magnetophon des Typs K 2 oder K 4 zurückgriff, die dann als „erste Magnetophone“ bezeichnet wurden. Dabei ist es (Abbildung 92) recht einfach, den Typ K 1 / T 1 zu identi-fizieren: links vorn liegen *drei* Bedienungstasten in einer Reihe (von links: Rücklauf, Wiedergabe, Aufnahme), oberhalb davon die Halt-Taste; beim recht ähnlich aussehenden Magnetophon „K 2“ sind die vier Bedienungs-tasten in gerader Linie angeordnet (Abbildung 100, Seite 99). Zudem verlaufen die Seitenflächen der vorderen Tonkopfabdeckung nur bei K 1 / T 1 geradlinig, wenn auch abgewinkelt (bei K 2 / FT 2 und K 3 / FT 3 und FT 4 waren diese Flächen immer eingerrundet). Auch lagen die Bandwickel noch locker auf ihren Tellern; es gab keine Sicherung, wenn der Wickels nach oben abheben wollte, was häufiger geschehen sein soll. ⁷⁴⁴ – Näheres dazu auf Seite 104.

Wie im Patent DE 664 759 vorgegeben, arbeitete als Tonmotor ein vierpoliger Synchron-Typ.⁷⁴⁵ Das untere Wellenende des Tonmotors trug eine große Schwungmasse mit Luftschaukeln, die für Kühlung im Geräte-Inn-ern sorgen sollten. Auf seinem nach oben herausgeführten Wellenstumpf saß eine auswechselbare, feinbearbei-tete Hülse, damals *Gleichlaufrolle* genannt, mit einem Durchmesser von 12,7 mm – ein halbes englisches Zoll al-so.⁷⁴⁶ Zusammen mit der Drehzahl 1.500 Upm ergab das eine Bandgeschwindigkeit von 99,74 cm/s, aufgerundet 1 m/s (also $25 \text{ U/s} \times \pi \times 1,27 \text{ cm} = 100 \text{ cm/s}$). Es ist eine offene Frage, ob dieser Durchmesser irgendeine fertigungs-technische Bedeutung hatte (serienmäßige Rachenlehren für ½ Zoll dürften vorhanden gewesen sein) oder sich rein zufällig aus dem runden Wert der Bandgeschwindigkeit ergab; schließlich war die AEG frei in ihrer Wahl.⁷⁴⁷

Welchen Vertrauensvorschuss der Drei-Motoren-Antrieb genoss, zeigt, dass man mit dem Bandwickel-Durch-messer mutig gleich auf 32 cm Durchmesser ging,⁷⁴⁸ was für 1.500 m Band reichte, entsprechend einer Spielzeit von 25 Minuten.⁷⁴⁹ Die neue, aufwendige Konstruktion behandelte das Magnetophonband so schonend, dass jetzt eine 30 µm dicke Trägerfolie (plus 20 µm Magnetschicht) ausreichte.

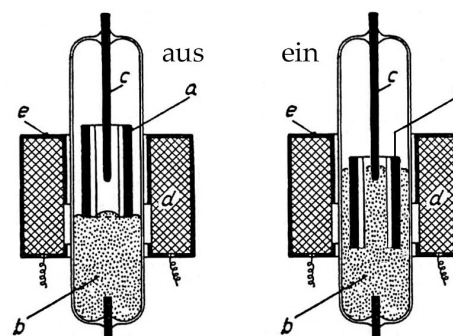
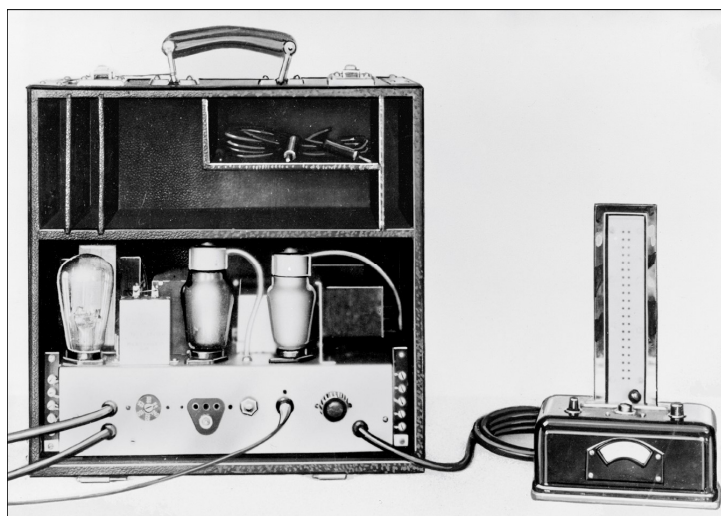
Die Geräte besaßen drei Magnetköpfe: Aufnahme (Sprechkopf), Wiedergabe (Hörkopf), Löschen. Der Löschkopf, ähnlich wie Wiedergabe- und Aufnahmekopf gebaut, hatte einen recht breiten Spalt und wurde, entspre-chend dem Stand der Technik, mit Gleichstrom gespeist; Dauermagnete hatten ausgedient. Allerdings blieb der Löschkopf nach Aufnahme-Ende (und damit dem Abschalten des Gleichstroms) noch so stark remanent magne-tisiert, dass er das Magnetband zumindest teilweise löschen konnte; außerdem musste dies den Arbeitspunkt auf der Tonbandkennlinie verschieben, was zu untragbaren Verzerrungen geführt hätte. Daher findet sich im Mag-netophon K 1 die vom Versuchsgerät 4 übernommene schwenkbare Kopfträgerplatte wieder, hier unsichtbar unter der Tonkopfabdeckung montiert; ein Zugmagnet erledigte das (bisher von Hand notwendige) Zurecht-drehen. Damit lag der Wiedergabekopf nur in Ruhestellung der Kopfträgerplatte (in der auch das Band umge-spult wurde) am Band an. Bei Aufnahme schwenkten Lösch- und *Aufnahmekopf* an das Band heran, der *Wieder-gabekopf* drehte ab (Hinterband-Kontrolle war also auch jetzt noch nicht möglich).⁷⁵⁰

Wegen der Magnetisierung mit Gleichfeldern war der Frequenzbereich auf 50 – 5.000 Hz eingeschränkt – zwar deutlich besser als beim Telefon, aber für Musik ungeeignet. Auch das Signal-Rausch-Verhältnis, schon damals „Dynamik“ genannt (Verhältnis des maximalen Nutzsignals zum Bandrauschen) war wegen der Gleichfeldproblematik auf 30 dB beschränkt, spielte aber bei Sprachaufnahmen keine vergleichbare Rolle wie bei Musikaufnahmen. – Der Laufwerkkofter K 1 maß B x H x T = 48 x 29 x 37 cm und wog 28 kg.

Verstärker

Für das Magnetophon K 1 wurde ein nach heutigem Verständnis recht einfacher Verstärker entwickelt, für dessen Erklärung das Foto des K 1-Verstärkerkoffers ausreicht (der T 1-Verstärker dürfte schaltungstechnisch weitgehend identisch gewesen sein). Nach Abnahme der Papprückwand ergibt sich Abbildung 96. Sie zeigt einen Drei-Röhren-Verstärker für Wechselstromnetze (damals durchaus noch nicht überall vorhanden), eine Minimalausstattung für diese Aufgabe. Die linke Röhre ist eine AZ 1-Gleichrichterröhre, die sich – genauso wie die rechts stehende Eingangsrohre AF 7, eine Niederfrequenzpentode – über viele Jahre für Anwendungen der Unterhaltungselektronik durchgesetzt hat. Die mittlere Röhre war eine Endpentode.⁷⁵¹

Hinter der AZ 1 ist der Netztransformator zu sehen, der über Anzapfungen der Primärwicklung und ein „Spannungskarussell“ (runde Aussparung unter den Röhren) an Netzspannungen zwischen 110 und 240 V angepasst werden konnte. Die Gleichspannung wurde hinter der AZ 1 durch die Drosselwirkung der Magnetspule des elektrodynamischen Lautsprechers und die Siebkondensatoren (zwischen AZ 1 und Endpentode zu sehen) geglättet. Diese Schaltung war, wie gesagt, damals üblich, weil hochwertige Dauermagnete für Lautsprecher noch nicht eingesetzt wurden. Dies hatte allerdings die Konsequenz, dass der Lautsprecherkofter nicht vom Verstärker getrennt werden durfte, selbst wenn man zum Abhören nur Kopfhörer verwenden wollte. Die Endpentode war eine direkt geheizte Röhre, deshalb war es nötig, die Heizanschlüsse bezüglich der Gesamtschaltung zu symmetrieren, damit nicht über die Wechselstrom-Heizwicklung ein Brummen in das Tonsignal eingespeist wurde. Das geschah mit dem damals üblichen „Entbrummer“, einem Potentiometer, das in der dreieckigen Aussparung unter der Röhre zugänglich war. In der gleichen Aussparung sind noch die Steckeranschlüsse für einen Kopfhörer zu sehen. Unter der AF 7 sitzt der zentrale Erdstecker, dem zu Zeiten, als ein Schutzkontakt in Netzsteckern noch nicht üblich war, eine entscheidende Aufgabe für die Sicherheit (Berührungsschutz gegen Spannungen), aber auch für die Tonqualität (Schutz gegen Brummeinstreuungen) zukam. Daneben ist ein Lautstärke-Einsteller (oder Lautstärkeregler, wie man damals sagte) zu sehen, der sowohl für die Aufnahme (Aussteuerung) wie für die Wiedergabe genutzt wurde.



a Eisenschwimmer mit Quarzkörper
b Quecksilber (untere Elektrode)
c Metallstift (obere Elektrode)
d Erregerspule
e Eisenschlußmantel

Abbildung 96 (LINKS): Der Verstärkerkofter des Magnetophons K 1. Röhrenbestückung (von links): Gleichrichter AZ 1, Endpentode AL 2 oder AL 3 (die Quellen geben widersprüchliche Auskünfte), rechts AF 7. Rechts daneben das Mikrofon; Näheres im Text.

Abbildung 97 (RECHTS): Das Cutax-Schaltschütz der AEG, ein quecksilbergefülltes Leistungsrelais, das auch im Magnetophon K 1, K 2 und vermutlich noch K 3 eingesetzt wurde. Seit 1934 gab es dieses Schaltelement in drei Leistungsstufen: 0,25 kW, 1,5 kW und 7 kW (!).

Zwischen Entbrummer und Erdanschluss erscheint noch ein Einsteller, über den der Vormagnetisierungs-Gleichstrom und somit der Arbeitspunkt eingestellt werden konnte (Seite 68). Der optimale Wert konnte mit dem genannten Einsteller gewählt werden; dies erlaubte die Anpassung an die Fertigungstoleranzen der eingesetzten Bänder und Köpfe.

Die beiden Kabel unterhalb der AZ 1, sogenannte Flexokabel, also flexible Vielfachkabel, stellten die notwendigen Verbindungen zum Laufwerkkofter beziehungsweise zum Lautsprecherkofter her. Das Kabel rechts unten, ebenfalls ein Vielfachkabel in Sonderanfertigung für die Magnetophone, führte zum Mikrofonsockel (rechts in Abbildung 96). Als akustisch-elektrischer Wandler diente ein Telefunken-Kammermikrofon, ein hochwertiges, im Sockel über Gummi federnd aufgehängtes Kohlemikrofon. Zusätzlich beherbergte der Sockel noch weitere Teile, die eine Fernsteuerung des Magnetophons vom Ort des Mikrofons aus ermöglichten. Das war zum

einen der schon erwähnte Schalter, mittig unter dem Mikrofon eingebaut, der das Magnetophon ein- beziehungsweise ausschaltete. Links vom Mikrofon ist ein Hebel zu sehen, mit dem man über eine Widerstandsänderung im Mikrofonkreis die Empfindlichkeit des Mikrofons um 10 dB absenken konnte. Das 1 mA-Instrument im Fuß hatte zwei Aufgaben; im Normalfall arbeitete es als Fernanzeige der unten beschriebenen Restlängenmessung des Bandwickels: bei Vollausschlag war die linke Spule noch voll. Solange man den rechten Taster drückte, diente das Instrument zur Aussteuerungsanzeige, so dass der Redner auch am Mikrofon ein Unter- oder Übersteuern der Aufnahme verhindern konnte.

Es ist auch heute noch erstaunlich, wie universell nutzbar ein solches Gerät mit relativ einfachen Mitteln innerhalb einer recht kurzen Zeitspanne gestaltet wurde.

Arbeitsweise und Bedienung

Wie die ersten Magnetophone arbeiteten, ist am übersichtlichsten anhand ihrer Bedienung zu beschreiben (Abbildung 95). Zur Umschaltung der Betriebsarten dienten die schon genannten vier Tasten, die als Block links vorne zu sehen sind; sie lösten den unübersichtlichen Bedienungsknebel des Versuchsgeräts 4 ab. Als Besonderheit sind sie mechanisch so ausgelegt worden, dass das Umschalten nur dann möglich war, wenn vorher die Haltaste gedrückt wurde. So wurden Fehlbedienungen verhindert. Vorn links ist die Taste für „Rücklauf“ zu sehen, in der Mitte für „Wiedergabe“ und rechts für „Aufnahme“, dahinter für „Halt“. Rechts neben der Abdeckung liegt erstmals ein Taster für schnellen Vorlauf, schräg dahinter der Netzschalter, ganz rechts vorne der „Auslöser“ (siehe unten).

Über dem linken Bandwickelteller ist ein Lineal zu sehen, das anstelle einer Bandlängenanzeige eine 100er Skala hatte. Der Papierstreifen in diesem Lineal konnte beschriftet werden. Beim Wechseln der Spule wurde das Lineal beiseite geklappt und das Papier ggf. gegen ein unbeschriftetes ausgetauscht. Wie die Abbildung 95 zeigt, sollte seinerzeit das Band nicht „freitragend“, sondern stets auf einem Wickelteller gehandhabt werden. Auf den kleinen, damals so genannten Mitnehmerstellern (Abbildung 95) ist je ein Mitnehmerstift zu sehen (siehe Pfeile), der in eine entsprechende Bohrung der großen Wickelteller mit den Bandwickeln griff und so verhinderte, dass sich ein großer Teller gegen den kleinen verdrehen konnte. Die Tonköpfe auf ihrer Schwenkbasis sind in dieser Aufnahme leider nicht zu sehen, man erkennt jedoch in Abbildung 95 links und rechts hinter dem vorderem Abdeckblech je zwei senkrechte Stifte, die mit zum Auslösekreis gehörten (siehe unten). Die beiden linken Stifte befinden sich außerdem auf einem beweglichen Fühlhebel, dessen Lage sich je nach Restgröße des Bandwickels ändert. Diese Änderung wirkt auf einen Potentiometerkreis, über den letztlich das Instrument am Mikrofon die Länge des restlichen Bandwickels und damit die noch zur Verfügung stehende Zeit als Fernmessung anzeigte. Die dunkle Rolle neben dem rechten Stiftepaar, natürlich die Gummiandruckrolle, zog ein Elektromagnet gegen die Tonrolle, beide transportierten so das Band bei Aufnahme und Wiedergabe.

Zwei weniger wichtige Details: Der Druckknopf vorne auf der vorderen Abdeckung öffnet die hintere Abdeckklappe, die Schraube zwischen Andruckrolle und rechten Wickelteller gibt das Ölloch zu den Tonmotorlagern frei; die Motore – und besonders der Tonmotor – mussten nämlich regelmäßig geölt werden.

Eine Besonderheit verbirgt sich unter der dunklen Abdeckung zwischen linkem Fühlhebel und linker Umlenkrolle: eine austauschbare Cutax-Patrone (Abbildung 97). Das ist ein heute kaum noch bekanntes Quecksilberschalterschütz (also ein Leistungsrelais) der AEG, bei dem hermetisch gekapseltes Quecksilber als kontaktgebendes Metall diente. Die Patrone, immer senkrecht betrieben, wurde in eine Magnetspule geschraubt. Der untere Anschluss ragte in das Quecksilber hinein; der obere Anschluss reichte bis wenige Millimeter über das Quecksilber, gab also keinen Kontakt zum unteren Anschluss. Dazu kam es erst, wenn ein Magnetfeld – erzeugt von der äußeren stromdurchflossenen Spule – den auf dem Quecksilber schwimmenden Eisenring (Eisen ist leichter als Quecksilber!) tiefer in das Quecksilber zog und es damit verdrängte, so dass es die Kontakte verband.

Dieser Schaltschütz führte im Magnetophon K 1 verschiedene Aufgaben aus. Normalerweise lag über einen Vorwiderstand an der Spule Spannung, so dass der Kontakt und über diesen der Hauptstromkreis für Motore und Zugmagnete (Bremsen) geschlossen war; das Gerät arbeitete wie von den Betriebsartentastern vorgegeben. Der Stromkreis des Elektromagneten war so verschaltet, dass dieses Relais folgende Aufgaben lösen konnte:

- Sicherheitshalt bei Bandriss oder Bandende. Die gegeneinander isolierten Stifte der beiden „Gabeln“ je links beziehungsweise rechts der Tonköpfe (Abbildung 95) wurden mittels Federkraft aneinander gedrückt. So lange das Magnetband zwischen ihnen durchlief, berührten sie sich nicht; erst bei einem Bandriss oder am Bandende bekamen sie Kontakt, die Spannung am Magneten wurde dadurch (über den Vorwiderstand) kurz geschlossen, der Magnet fiel ab, die Motoren waren stromlos, die Bremsmagneten zogen an: das Gerät kam also sofort und ordnungsgemäß zum Stillstand.⁷⁵²

- Fernsteuerung. Das Gerät konnte insofern ferngesteuert werden, als eine bestimmte Betriebsart – im allgemeinen Aufnahme oder Wiedergabe – mit den Tasten vorgewählt wurde. Bevor etwa ein Vortragender zu seiner Rede ansetzte, legte er einen Schalter am Mikrofon um, und das – vielleicht im Nebenzimmer stehende – Magnetophon begann mit der Aufnahme. Nach einer AEG-Publikation kommt diese kabelgebundene Fernsteuerung, im Kontext des Jahres 1935 bedenklich zu lesen, „vor allen Dingen dann in Betracht, wenn der Gesprächspartner nichts von der Aufnahme wahrnehmen soll, also bei politischen Vernehmungen, Gerichtsverhandlungen usw.“⁷⁵³ Im Wiedergabebetrieb konnte eine Sekretärin das Diktat über den eingebauten Lautsprecher⁷⁵⁴ Stück für Stück ab-

hören und in die Schreibmaschine übertragen. Die Technik war einfach: Der Schalter am Mikrofon bildete in geschlossener Stellung einen Kurzschluss für den Magneten des Schaltschützen.

- Auslöser: Wollte jemand am Gerät arbeiten, obgleich etwa der Schalter am Mikrofon geschlossen war und damit das Magnetophon nicht laufen konnte, nutzte er den Auslöser vorne rechts auf der Frontplatte. So lange dieser gedrückt wurde, waren alle Verbindungen zu den Kurzschlusschaltern unterbrochen, und das Gerät lief deshalb so, als ob es keinen Schaltschütz gäbe.

Mit dieser aufwendigen Konzeption hatte sich, wie schon beim Versuchsgerät 4, eine Tendenz verfestigt: es ging nicht mehr um ein preiswertes „Volksgerät“ (etwa in Analogie zum *Volksempfänger*), sondern um eine teure Maschine für Reportagen und Diktate – die Zielgruppe hatte sich von der „Mutter, die ihrem Sohn in Amerika einen gesprochenen Gruß schicken will“ auf Institutionen und Firmen verschoben. Regelrechte Endverbrauchergeräte hat es in Deutschland erst 15 Jahre später gegeben.

Funkausstellung 1935: Die Magnetophon-Premiere

Die „12. Große Deutsche Funkausstellung“⁷⁵⁵ fand planmäßig vom 16. bis 25. August 1935 statt, traditionell auf dem Gelände unter dem 1924 bis 1926 gebauten Funkturm. Auch in diesem Jahr gab es wieder einige technische „highlights“ zu sehen: in der „Funkhalle“, auch „Haus der deutschen Funkindustrie“ oder einfach Halle IV genannt, präsentierten sich außer den Magnetophonen auch die neu entwickelten „Volksempfänger“ aller deutschen Hersteller. Dazu kam noch die „Straße der Fernseher“, auf der alle 20 von sechs verschiedenen Firmen auf dem deutschen Markt angebotenen Fernsehgeräte in Betrieb vorgeführt wurden,⁷⁵⁶ zum Teil mit eigens ausgestrahlten „Live“-Programmen.

Die AEG zeigte auf ihrem Stand in Halle IV in einem abgeteilten Präsentationsraum mehrere – wahrscheinlich vier – vollständige Magnetophon-Apparaturen, also je zwei Nussbaumtruhen „Magnetophon T 1“ und Koffergeräte „Magnetophon K 1“.⁷⁵⁷ Die Büromaschine sollte RM 1.500, die auch „Reportagegerät“ genannte Kofferausführung RM 1.350 kosten; Magnetophonband für 25 Minuten Aufzeichnungsdauer, das heißt, 1.500 m, wurde für RM 15.- angeboten (Preis pro Aufnahmestunde also RM 36.-). I.G. Farben hatte seit Mitte Juli 1935 gut 300 km Magnetophonband gefertigt.⁷⁵⁸ Um sich eine richtige Vorstellung von diesen Preisen machen zu können, sei daran erinnert, dass 1939 der Volkswagen für knapp RM 1.000 verkauft werden sollte; 1935 verdiente ein qualifizierter Facharbeiter etwa RM 250 im Monat.⁷⁵⁹

Ungeachtet dieser heftigen Preise erwies sich das Magnetophon als „*Schlager der Ausstellung*“; Schüller notierte:⁷⁶⁰ „*Es herrschte ungeheurer Andrang, es war eine Sensation. Jeder, der den Mut dazu fand, konnte in das Mikrofon sprechen und seine eigene Stimme hören. Für die meisten war das ein unerhört eindrucksvolles, erstmaliges Erlebnis.*“ Der Andrang nahm am ersten Wochenende so stark zu, dass die AEG den Vorführraum zeitweise schließen musste. Es war nicht nur das Laufpublikum der Messe, das sich vom Magnetophon faszinieren ließ. Industrielle und Elektrizitätswerke, Behörden, Anwalts- und Händlerkreise fragten nach Liefermöglichkeiten und platzierten nicht weniger als 50 Aufträge; „*höchstes Interesse*“ zeigten Ministerien (Luftfahrt, Propaganda), Reichspost, Wehrmacht (Heeres-Waffenamt: Abhörapparate und „Geheimtelephonie“, Reichsmarine), die Reichsbahn sowie „*versch. höhere Dienststellen der NSDAP (z.B. Reichsparteitagsleitung Nürnberg, Gauleitung München usw.)*“⁷⁶¹

Ohne Zweifel mit besonderer Erwartung begrüßte die AEG hochrangige Vertreter der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft (RRG), die die Brauchbarkeit des Magnetophons für den Rundfunkbetrieb prüfen wollten. Da wurden erstaunliche Zahlen genannt: für Tonaufnahmen gab die RRG pro Tag RM 10.000 – 15.000 aus, die Ausschussquote erreichte 50 %, vier- bis sechsfache Mehrfachaufzeichnung besonders wichtiger Reden auf Schallfolien oder Wachsplatten war üblich. 200 bis 300 Magnetophon-Geräte könnte die RRG gebrauchen und natürlich entsprechend umfangreiche, laufende Lieferungen von Magnetophonband.⁷⁶²

Die AEG und I.G. Farben hatten das Magnetophon zwar nur als „Protokolliergerät“ angekündigt; das Fachpublikum machte aber auf vielfältige und anspruchsvollere Anwendungen aufmerksam, die den Herstellern bisher zum Teil entgangen waren:

... Das Magnetophongerät erregte auf der Ausstellung größtes Interesse. Die Händler sahen, wie wir verschiedentlich hörten, in dem Gerät den „Schlager“ der Ausstellung. Eine größere Anzahl von Händlern fragten an, ob und unter welchen Bedingungen die AEG bereit wäre, ihnen den Generalvertrieb für einzelne Bezirke oder Länder zu überlassen. Sie sahen in diesem Gerät bedeutende Entwicklungsmöglichkeiten als Diktier- und Reportagegerät, aber auch als Gerät, das geeignet wäre, die Grammophonplatte zu verdrängen. Anfragen nach Liefermöglichkeiten von 25 oder 50 Apparaten hörten wir mehrfach. ... Namentlich von Behörden wurden spezielle Wünsche auf apparative Gestaltung angegeben: Trennung von Aufnahmegerät und Wiedergabegerät, Doppelausfertigung des Laufwerks, um Gespräche von längerer Dauer ohne Unterbrechung aufnehmen zu können, Spezialapparate für das Heereswaffenamt (Abhörapparate, Geheimtelephonie usw.). Bestellung einer größeren Zahl von Geräten wurde in Aussicht gestellt. ...

Die Reichsrundfunkgesellschaft wird das Gerät auf seine Verwendungsmöglichkeit als Reportagegerät prüfen. Bei Eignung sind größere Bestellungen zu erwarten. Von Herren der Reichsrundfunkgesellschaft hörten wir folgende Zahlen: Es werden täglich von dieser Gesellschaft 10-15 000 RM für Tonaufnahmen ausgegeben. ... Fast 50 % der Aufnahmen mißlingen. Besonders wichtige Reden werden 4- und auch 6-fach aufgenommen. Als mutmaßliche Zahl der erforderlichen Geräte wurden 2-300 Stück genannt. ...

Es wurde mehrfach der Wunsch geäußert, das Magnetophon mit dem Telephon zu kombinieren, ein Zusatzgerät zum Radioapparat zu schaffen, fertig besprochene oder bespielte Filme zu verkaufen, ein Gerät zu bauen, mit dem man bei Konzerten im Freien künstlichen Nachhall schaffen, andererseits bei Darbietungen in geschlossenen Räumen das Über-

schneiden der einzelnen Lautsprecher vermeiden kann. Eine Apparatur zur Schnelltelefonie zu bauen, d.h. ein Gespräch mit normaler Geschwindigkeit aufzusprechen und mit erhöhter Geschwindigkeit über eine Telefonleitung einem Empfangsapparat zuzuleiten, der es nach der Aufnahme mit normaler Geschwindigkeit wiedergibt. Es wurde weiter verlangt eine Kombination mit dem Heimkino. Ein katholischer Geistlicher erkundigte sich nach der Eignung der Gerätes zur Wiedergabe von Sprache und Musik in Kirchen, denen geeignete Kräfte zur künstlerischen Darbietung fehlten usw.

Ich hatte, wie gesagt, den Eindruck, dass unsere Mutmaßungen über die Verwendungsmöglichkeit des Gerätes sich bestätigt haben und dass unsere Erwartungen, die wir an die Weiterentwicklung stellen, eintreffen werden.⁷⁶³

Überschattet wurde diese erfolgreiche Premiere von einer Katastrophe: am Montag, 19. August 1935, zerstörte ein Großfeuer die Halle IV; sie war eigens für die Aussteller der Nachrichtentechnik fast ausschließlich aus Holz gebaut worden, um störende Metallteile zu vermeiden. Nachdem die letzten Besucher die Messe gerade verlassen hatten, brach gegen 20:30 Uhr auf dem Stand der Firma Siemens – gegenüber dem AEG-Stand – ein Feuer aus. Wie sich herausstellte, war entgegen allen Sicherheitsbestimmungen für die Fernseh-Demonstrationen einer der tückischen Cellulosenitrat-Filme abgespielt worden, im Projektor steckengeblieben und hatte Feuer gefangen.⁷⁶⁴ Eduard Schüller berichtete darüber Jahre später in einem Interview:

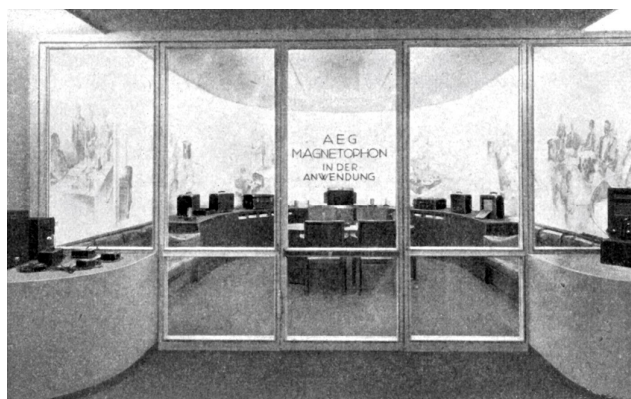
Es war eine große Katastrophe. Wir saßen an dem Abend noch über unsere Geräte gebeugt und reparierten und sahen alles durch, was am Tage defekt geworden war, denn die Geräte waren natürlich noch sehr störanfällig. Und während wir da noch gerade beschäftigt waren, schallte der Ruf „Feuer“. Wir guckten raus und sahen die Flammen emporschlagen am gegenüber liegenden Messestand, und es dauerte nur wenige Sekunden, und dann brannte die ganze hölzerne Halle lichterloh. Wir mußten schnell sehen, dass wir fort kamen und konnten leider keins von den Geräten mit heraus nehmen. ... Wir hatten noch so viel Einzelteile zur Verfügung, dass wir schnellstens neue Geräte zusammenbauen konnten. Die Funkausstellung wurde um acht Tage verlängert aus Anlaß dieses Brandes. Und nach acht Tagen wurde eine neue Halle eröffnet mit unsern beiden Geräten auf unserm Stand. Die Leute interessierten sich enorm dafür. Jeder wollte einmal aufsprechen, um seine eigene Stimme zu hören. Das war etwas verblüffend Neues für alle und sehr eindrucksvoll.⁷⁶⁵

Nun, das Geschehen war denn doch wesentlich dramatischer, als es sich so viele Jahre später anhörte. Zur Zeit des Feuersausbruchs hielten sich zwar keine Messebesucher, aber noch Firmenmitarbeiter auf den Messeständen auf, so dass, entgegen ersten Zeitungsmeldungen, doch drei Tote zu beklagen waren,⁷⁶⁶ unter ihnen der Vertriebsleiter von Telefunken. Dazu entwickelte sich eine derartige Hitze, dass zu befürchten stand, der neben der Halle stehende Funkturm könnte einstürzen. Das Funkturmrestaurant wurde durch das Feuer sehr in Mitleidenschaft gezogen; acht Gäste konnten nur in einer dramatischen Feuerwehraction gerettet werden. Dagegen war es fast nebensächlich, dass der *Sender Witzleben*, dessen Herzstück in der Halle IV untergebracht war, verglüht war und deshalb der Funkturm nicht mehr senden konnte.

Abbildung 98: Ein angemessener Ort für die Premiere des Magnetophons: die „Funkhalle“, auch „Haus der deutschen Funkindustrie“ genannt oder Halle IV auf dem Berliner Messegelände, überwiegend aus Holz konstruiert. Wie der benachbarte Funkturm erbaut zwischen 1924 und 1926 von dem namhaften Architekten Heinrich Straumer (1876 – 1937). Galt der Funkturm, jahrzehntelang ein Wahrzeichen Berlins, als Wunder der Technik, verdiente die Funkhalle einen ehrenvollen Platz in der Geschichte der Holzbauwerke. – Das Bild stammt aus dem Jahr 1934, als hier eigentlich das „Eichenschrankgerät“ vorgestellt werden sollte.



Abbildung 99 (UNTEN): Große Deutsche Funkausstellung Berlin 1935: die Vorführräume für das Magnetophon auf dem Stand der AEG; (LINKS): zur Ausstellungseröffnung; (RECHTS): der nach dem Brand der Halle IV improvisierte Ausstellungsraum.



Es war unter diesen Bedingungen eine kaum vorstellbare Leistung aller Beteiligten, dass nach einer Woche „Pause“ die Ausstellung nochmals für eine weitere Woche geöffnet werden konnte. Auch die Aktion der AEG-Mitarbeiter, die innerhalb einer Woche unter anderem zwei Magnetophone K 1 aus Einzelteilen zusammenstellten und den Messestand (Abbildung 99) wieder präsentierbar machten, ist nicht hoch genug zu bewerten. So notierten Eduard Schüller: *„Es lag in der Mentalität der damaligen Zeit, vor solchen Schicksalsschlägen nicht zu kapitulieren“* und Hans Westpfahl: *„Im Labor befanden sich noch 5 Geräte, von denen 2 oder 3 in Tag- und Nacharbeit (wir haben nachts auf den Labortischen geschlafen, so was gäb's heute nicht mehr) für Vorführzwecke komplettiert und vorführfertig gemacht wurden.“*⁷⁶⁷

Aber alles in allem: eine gelungene Premiere. Die Akzeptanz des Geräts ging weit über das hinaus, was man ihm bei AEG und I.G. offiziell zutraute. Eine erste Fertigungsserie von 50 Stück – für die AEG ein halbes Hundert Mechaniker einstellen wollte und Lieferzeiten von acht bis zehn Wochen nannte – war verkauft oder geordert, und der anfängliche Bandbedarf wurde auf 3.600 km pro Monat geschätzt.

Matthias' Bericht und Schüllers Engagement zeigen deutlich, wie hoch der 39-jährige Chemiker und der 33 Jahre alte Elektroingenieur den Gebrauchswert ihrer Produkte einschätzen konnten: nach nur zwei Jahren gemeinsamen Entwicklungsarbeit von AEG und I.G. Farben war ein vielversprechendes System praxisreif. Die Konkurrenz lag deutlich zurück: Das Stahldraht-Diktiergerät Textophon wurde zwar für 1.365 RM angeboten, sein Magnetdraht war aber vergleichsweise dreimal so teuer wie das Magnetophonband. Der damals qualitativ knapp überlegene Konkurrent in Sachen professioneller Tonaufzeichnung, die Stahlton-Bandmaschine der Berliner Firma C. Lorenz A.G., benutzte einen siebenfach teureren Träger (Kosten 260 RM pro Stunde).

Nicht recht zufrieden war man zunächst mit dem Presseecho. Führende Tageszeitungen scheinen anfangs das Magnetophon nicht zur Kenntnis genommen zu haben, weil die AEG die einschlägige Pressekonferenz nicht plakativ genug angekündigt und ungeschickt spät terminiert hatte, so dass kaum ein Dutzend ermüdeten Reporter teilnahm. Am Eröffnungstag, dem 15. August 1935, *„gelang es der AEG nicht, irgendeinen der prominenten Gäste an unseren Ausstellungsstand zu bringen. Der große Zug der offiziellen Persönlichkeiten und der Ehrengäste ging achtlos vorbei. Die ersten wirklichen Interessenten brachte uns Herr Geheimrat Bücher am Freitag persönlich.“* Friedrich Matthias hatte also keinen guten Eindruck von der AEG-Standregie. Warum er allerdings in seinem ausführlichen Bericht vom 4. September 1935 kein Wort über das Großfeuer und das Engagement des Magnetophon-Teams verlor, als es auf Ersatzgeräte ankam, bleibt ungeklärt – war so etwas seinerzeit wirklich selbstverständlich? ⁷⁶⁸

Schließlich erschienen doch einige durchweg positive Berichte mit dem Tenor *„Die Magnetophone waren der Schlager der Ausstellung.“* Eduard Rhein, technisches und schriftstellerisches Genie, ergänzte sein noch im Jahr 1935 erschienenen populär-wissenschaftliches Buch *„Wunder der Wellen“* um einen begeisterten Absatz:

Da – ganz unerwartet, taucht auf der Funkausstellung 1935 der sprechende Draht in einer neuen Form auf. Fast alle Mängel sind mit einem Schlag beseitigt, nur die Vorzüge sind geblieben ... Man hat auf den Draht verzichtet. Ein 6,5 mm breiter, hauchdünner Filmstreifen, einseitig mit einer dünnen Schicht Eisenpulver belegt, ist der neue Schallträger. Das Band ist nur 0,05 mm dick und läuft mit der Geschwindigkeit 1 m in der Sekunde durch den Apparat. Trotzdem hat ein solches Band, das für 20 Minuten Spielzeit reicht, aufgewickelt nur den Durchmesser einer Schallplatte. Dabei ist die Wiedergabe völlig naturgetreu und fast ohne Nebengeräusche.⁷⁶⁹

Festzuhalten ist, dass auf der Funkausstellung 1935 sowohl das Koffergerät wie der fahrbare Magnetophonschrank als „Magnetophon“ – ohne jeden weiteren Zusatz – vorgestellt wurden. Als Ende 1936 die zweite Nachfolger-Generation, das *ferngesteuerte Truhengerät*, Modell „FT 2“, und das *Magnetophon-Koffergerät*, Modell „K 3“ (mit genau diesen Bezeichnungen), erschienen waren,⁷⁷⁰ wurden, sozusagen rückwirkend, das Koffer-Modell 1935 als Magnetophon K 1, das Bürogerät als Magnetophon T 1 bezeichnet (ebenso die *„tragbare Kofferausführung“* und die *„Truhenausführung“* von Anfang 1936 als Magnetophon K 2 beziehungsweise T 2). Genau genommen sind also die Bezeichnungen „K 1“ und „K 2“ historisch nicht korrekt. Außerdem stand der Name Magnetophon schon bei den Versuchsgeräten 3 und 4 fest, mit denen die Zählung hätte beginnen können; aber als prestigeträchtige spätere „Nr. 1“ wurde verständlicherweise das produktionsreife Premieren-Modell von 1935 geführt. Nachdem aber auch Schüller und Westpfahl ganz selbstverständlich von „K 1“ sprachen, gibt es keine Bedenken, diese gängigen Bezeichnungen auch weiterhin zu benutzen.

Vom Magnetophon K 1 und T 1 zum Magnetophon K 2 und T 2

Wie schon bei K 1 und T 1, sind aus nicht mehr erkennbaren Gründen die Koffer-Magnetophongeräte besser dokumentiert als die Truhenausführungen. Es ist allerdings davon auszugehen, dass die beiden Gerätelinien sich nur in solchen Details unterschieden, die hier und heute weniger interessieren, etwa die Fernsteuerungs-Baugruppen der Magnetophone FT 2 bis FT 4. Daher legt die folgende technische Beschreibung den Schwerpunkt auf die Koffergeräte.

Wie nicht anders zu erwarten, zeigte das Magnetophon K 1 in der Praxis Kinderkrankheiten: das Einlegen des Bandes war wegen der gabelartigen Führungen seitlich der Magnetköpfe schwieriger als beabsichtigt, der Elektromagnet, der die Andruckrolle an die Tonrolle zog, fing nach einiger Betriebszeit lautstark an zu „flattern“, das heißt, der Kraftschluss zwischen Band und Tonrolle wurde kurzzeitig geschwächt oder unterbrochen.⁷⁷¹ Etwas zu viel zugemutet hatten die AEG-Fachleute womöglich auch dem Drei-Motoren-Antrieb, der mit dem rund 1 kg schweren, 1.500 m langen Carbonyleisen-Magnetophonband (und dem problematischen Durchmesser-Verhältnis von 320 zu 70 mm zwischen vollem Wickel und leerem Wickelkern) zu kämpfen hatte.

Allerdings hatten die Entwickler und die hinter ihnen stehenden Verantwortlichen (Bücher und Gaus) erheblichen Auftrieb bekommen und waren bereit, in weitere Entwicklungen zu investieren; bei I.G. Farben waren das der neue Fe₃O₄-Bandtyp und die Produktionsgießmaschine (Seite 122).

Außer Bildern, Erzählungen und technischen Dokumentationen ist vom Magnetophon K 1 spätestens seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts nichts mehr nachweisbar – keine einziges erhaltenes Gerät ist bisher gefunden worden. Abgesehen von Magnetophonband-Aufnahmen beim „Reichsparteitag“ 1935 (Seite 113) taucht es nur in einem weiteren Beleg wieder auf, und zwar im Zusammenhang mit Alfred Quellmalz' Auswertung seiner Südtirol-Aufnahmen (Seite 112) im Jahr 1944. Hier ist die Rede von einem Magnetophon K 1 mit der Fabriknummer 1022, das offenbar aus dem Bestand des 1935 gestarteten Himmelschen Projekts „*Deutsches Ahnenerbe*“ stammt. Es war 1944 noch mehr oder weniger funktionstüchtig, ebenso gab es auch Bandaufnahmen, die mit diesem Exemplar gemacht worden waren und nun, in einer 1943 nach Waischenfeld bei Bayreuth ausgelagerten Dienststelle des „Ahnenerbes“, überspielt werden sollten.⁷⁷² Quellmalz korrespondierte in dieser Sache mit Ortwin Marquardt, einem ihm offenbar gut bekannten Ingenieur im Schüller-Team, nach dessen Auskunft das K 1 Nr. 1022 zum letzten Mal 1940 überholt worden war.⁷⁷³ Leider verliert sich die Spur dieses – möglicherweise – letzten Überlebenden der ersten Magnetophon-Generation ohne einen einzigen Hinweis auf seinen ursprünglichen Einsatzzweck bei einer der dubiosen Aktivitäten des Dritten Reichs.

Tabelle 1: Namen und Bezeichnungen der Magnetophon-Geräte zwischen 1935 und 1947

Vorstellung oder erste Nennung	damalige Bezeichnung oder Geräte-Benennung	spätere oder Alias-Namen
August 1935	Magnetophon, tragbares Koffergerät und fahrbarer Magnetophonschrank ⁷⁷⁴	Magnetophon K 1 (Kofferausführung), Magnetophon T 1 (Truhenausführung)
Dezember 1935 Frühjahr 1936	Magnetophon, tragbare Form Magnetophon, Truhenform ⁷⁷⁵ (Bandgeschwindigkeit zunächst 1 m/s, ab Frühjahr 1936 77 cm/s)	Magnetophon K 2 (Kofferausführung), Magnetophon T 2 (Truhenausführung)
November 1936 / April 1937	Ferngesteuertes Truhengerät, Modell FT 2 Magnetophon-Koffergerät, Modell K 3 ⁷⁷⁶	Magnetophon FT 2 Magnetophon K 3
August 1937	Erste Exemplare des Ferngesteuerten Truhengeräts, Modell FT 2, kommen aus der Produktion ⁷⁷⁷	
Januar 1938	RRG hat 40 Magnetophone bestellt	Magnetofon <sic> R 22 (RRG)
Sommer 1938		Erste Magnetofone R 22 („HTS“?) gehen bei RRG in Betrieb
September 1938	Magnetophon Modell FT 3 und FT 4 ⁷⁷⁸	Magnetophon FT 3 / FT 4
April 1939	Magnetophon Modell K 4 ⁷⁷⁹	Magnetophon K 4 Magnetofon R 24 (RRG) / Tonschreiber a (Militär)
1939 (?)	Magnetophon K 5 (Nur-Wiedergabe-Gerät)	keine
März/ Juli 1939	Magnetophon K 6 ⁷⁸⁰	Magnetofon R 23 (RRG; Braunbuch 1940)
1941 – 1942	Magnetophon HTS (Weiterentwicklung)	Magnetofon R 22a (RRG; Braunbuch 1942)
Entwicklungsbeginn 1941 Vorserienmuster etwa 1943	Magnetophon K 7 ⁷⁸¹	keine; Braunbuch-Bezeichnung nicht bekannt (R 22b?); Produktion 1945 – 1947 (?)

Magnetophon K 2 / T 2

Das Magnetophon K 1 von 1935 hatte also kein langes Leben, da die AEG seine Konstruktion nach ersten Betriebserfahrungen gründlich überarbeitete und an das neue Magnetband anpasste. Ergebnis war das Magnetophon K 2 (als Drei-Koffer-Ausführung) beziehungsweise Magnetophon T 2 (eingebaut in eine fahrbare Truhe⁷⁸²), das 1936, im Jahr nach der Vorstellung des K 1, herauskam. Nach Hans Westpfahl wurden von dieser Serie 100 Geräte gebaut.⁷⁸³ Auf den ersten Blick (Abbildung 100) haben K 2 und T 2 große Ähnlichkeit mit K 1 beziehungsweise T 1. Bei vielen Details ist das kein Wunder, aber auch die Verbesserungen sind nicht zu übersehen:

- Im Frühjahr 1936 erlaubten die ermutigenden Ludwigshafener Fe₃O₄-Versuche (Seite 121), den Bandvor-schub zu reduzieren. 50 cm/s (oder gleich die Normal-Kinofilm-Geschwindigkeit 45,6 cm/s = 1,5 ft/s) schienen vorerst noch nicht erreichbar, also wurde die Bandgeschwindigkeit auf 77 cm/s reduziert, ein zunächst in seiner Größe nicht nachvollziehbarer Wert. Er hat sich nach Schüller ergeben,⁷⁸⁴ weil man für den Tonrollen-Durchmesser einen runden Wert von 10 mm fixiert hatte. Da aus Preisgründen ein starker, vierpoliger Asynchronmotor mit 1.460 – 1.470 Upm⁷⁸⁵ den teuren Synchronmotor des K 1 / T 1 ersetzt hatte, ergab sich bei 2 % Schlupf und 1.500 U/min als Bandgeschwindigkeit 77 cm/s (25 U/s \times 0,98 \times π \times 1 cm = 77 cm/s).⁷⁸⁶ Wie schon beim Tonrollen-Durchmesser des K 1 (½ Zoll), hatten 10 mm den Vorteil, dass präzise Rachenlehren lagerhaltig waren, also keine teure Spezialanfertigung erforderten.

Zufall oder nicht: diese 77 cm/s war annähernd die Hälfte der Bandgeschwindigkeit der (im Rundfunkbereich konkurrierenden) Stahlbandgeräte von Marconi und C. Lorenz AG, Berlin, die mit 1,5 m/s arbeiteten und mit 2.700 m Band auf eine halbe Stunde Spielzeit kamen. Das war fürs Erste alles, was an Absenkung der Bandge-

schwindigkeit zu erreichen und letzten Endes dem Wechsel vom Carbyloisen zum Magnetit Fe_3O_4 zu verdanken war. – Wie es scheint, war den AEG-Konstrukteuren dabei nicht bewusst, dass sich zwei signifikante Kennzahlen – 6,5 mm Bandbreite und 77 cm/s Bandgeschwindigkeit – relativ „glatt“ in das anglo-amerikanische Zoll-System umrechnen ließen ($\frac{1}{4}'' = 6,3 \text{ mm}$ und 30 ips, inches per second, = 76,2 cm/s). Diesem Zufall ist es aber zu verdanken, dass die 1936 festgeschriebenen Maße wie als „Urmeter“ weiterlebten: die gängigen Bandgeschwindigkeiten entstanden aus fortgesetzter Halbierung, die Standard-Bandbreiten aus wiederholter Verdopplung der ursprünglichen Maße.⁷⁸⁷

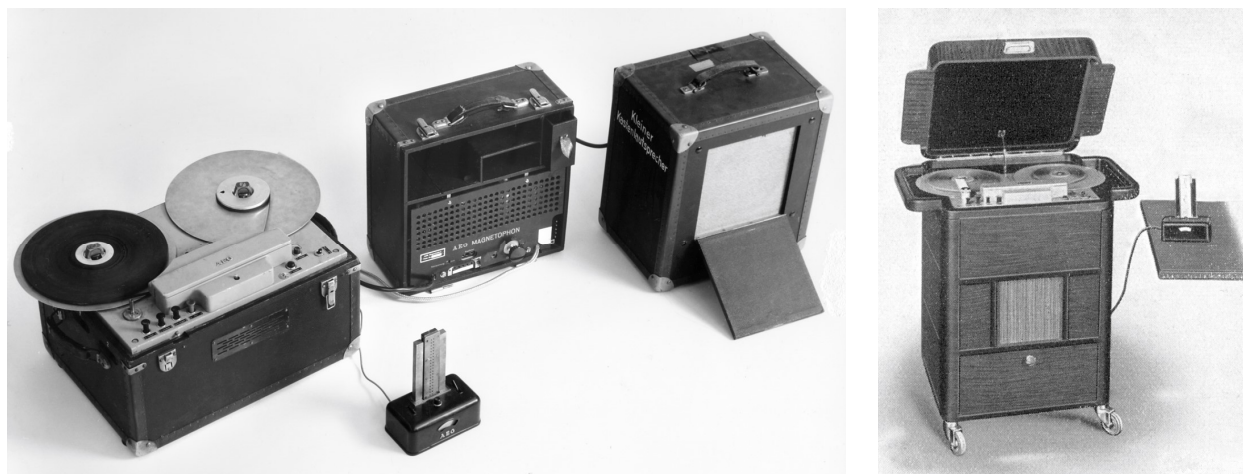


Abbildung 100: (LINKS): Magnetophon K 2 (1936), „tragbare Kofferausführung“. Das „Bandlineal“ fehlt (siehe Abbildung RECHTS). Die Wickelkern-Halterung ist eine spätere Nachrüstung. (RECHTS): Magnetophon T 2, 1936, in Truhenform, vor allem als Diktiergerät gedacht.

Abbildung 101: Der Laufwerkskoffer des Magnetophon K 2, 1936. Gut zu erkennen sind die „Untermann-Blattfedern“ zum Niederhalten der Bandwickelkerne sowie die Entriegelung für die Aufnahmetaste (vor der zweiten Taste von links in der vorderen Kante der Laufwerksplatine). Leider fehlt auch auf diesem Bild das Bandlineal.



Um 1962 behauptete ein offizieller Telefunken-Katalog, beim abgebildeten Gerät handle es sich um ein „Magnetophon K 1 – Das 1. Tonbandgerät der Welt“, obwohl, was schon die Tastenanordnung beweist, unverkennbar ein Magnetophon K 2 gezeigt ist. Dazu passte auch der alberne Zusatz „z.Z. vergriffen“ ...

- Die Seitenflächen der vorderen Tonkopfabdeckung wurden beim K 2 und dem Nachfolger K 3 eingerrundet, so dass die vier Bedienungstasten auf der linken Seite in einer Reihe angeordnet werden konnten. Damit hatte allerdings die „Halt“-Taste ihre Sonderstellung verloren, deshalb wurde sie jetzt rot ausgeführt, während die anderen Tasten weiterhin schwarz blieben.
- Versehentliches Betätigen der Aufnahmetaste wurde durch eine zusätzliche Sperrtaste (unten, seitlich vor dem Tastensatz) verhindert; sie musste zugleich mit der Aufnahmetaste durchgedrückt werden.
- Auch die drei Tasten auf der rechten Seite der Abdeckung wurden neu angeordnet: der „Auslöser“-Taster war am dichtesten zur rechten Hand, der Taster für schnellen Vorlauf dahinter und weiter rechts. Der Ein-Aus-Schalter war als Kippschalter ganz rechts angeordnet.
- Das ungewollte Abheben der Spulenwickel nach oben verhinderten beim K 2 federnde Klemmen, die nach einer 90°-Drehung den Wickelkern an den Teller pressten. Sie wurden AEG-intern nach dem Konstrukteur „Untermann-Blattfedern“ genannt (Abbildung 101 und Abbildung 119, Seite 105).
- Der Öl für den Tonmotor befand sich jetzt direkt neben der vorderen Abdeckung. Der Verlauf des dazugehörigen Rohrs ist in Abbildung 102 zu sehen. Die nach oben offenen Öl-Rohre wurde mit einer federnden Scheibe abgedeckt, die so zu drehen war, dass ihre Bohrungen die Rohröffnung freigaben beziehungsweise verschlossen.
- Abbildung 102 zeigt auch die Ummantelung des Tonmotor-Gebläses (ein Ventilator auf dem unteren Wellenende). Das gesamte Kühlsystem, das diesen Luftstrom nutzte, um die Wickelmotoren zu kühlen, ist in auch in

Abbildung 103 und Abbildung 126 zu sehen. Beim K 2 waren die Schläuche noch weitgehend aus Kunststoff; beim K 4 wurde die Kühlluft vorrangig in gegossenen Metallformteilen geführt (Abbildung 144, Seite 133).

- Vereinfachtes Bänderlegen und Beschränkung der Bandlänge auf 1.000 m, also einen Wickeldurchmesser von nominell 280 mm und einem Gewicht von etwa 500 Gramm für das Fe_3O_4 -Magnetophonband.



Abbildung 102: Magnetophon K 2, Blick von unten auf den Tonmotor; der Pfeil zeigt auf die Ölleitung. Das Gebläse-Gehäuse ist unten zu erkennen.

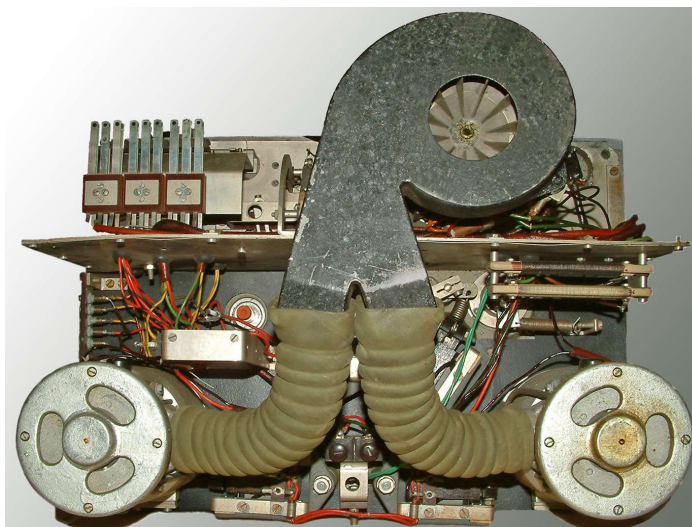


Abbildung 103: Das Kühlsystem des Magnetophon K 2; in der Mitte oben der Tonmotor mit dem gut sichtbaren Gebläserad und dem entsprechenden Gehäuse, von dem die Y-förmige Kühlluftleitung zu den beiden Wickelmotoren (unten rechts und links) führt.

- Seit 1936 / 1937 wurde häufiger ein neues Bandlängen-Anzeigegerät eingesetzt,⁷⁸⁸ vor allem in den fernsteuerbaren Truhen (FT 2, FT 3), aber auch bei den Koffergeräten und den Rundfunk-„Magnetophonen“, teils auf einem rechteckigen Einschub (Seite 187), teils unmittelbar auf der Laufwerkplatine eingebaut. Wie Abbildung 105 zeigt, bestand der „Bandanzeiger“ aus einem runden Gehäuse, aus dem ein leicht federnder Tasthebel herausragte; er wurde an den Bandwickel angelegt und schleifte daher stets auf der äußersten Windung. Ein Zahnradsegment übersetzte den Tasterweg in eine Drehbewegung eines Zeigers, der über einer von 0 bis 100 geteilten Rundskala spielte und somit den noch nutzbaren Bandvorrat anzeigte. Damit aber nicht genug: im Gehäuseinnern folgte ein Kontaktarm 6 der Bewegung des Tasthebels; wenn der Bandwickel abgelaufen war, schlossen Kontakt 8 und der feste Kontakt 12, was beispielsweise zum Anhalten des Geräts genutzt werden konnte. Ein weiterer, verstellbarer Kontakt 9 war mit einem Stellring verbunden (zwischen Skala und zentralem Deckel zu erkennen). Wenn beim Rückspulen die Kontakte 7 und 9 schlossen, konnte dort der Bandtransport gestoppt und ab der entsprechenden Bandstelle wiedergegeben werden. Natürlich waren je nach Kontaktbeschaltung auch andere Steuerungsaufgaben realisierbar (der Stellring war auch motorisch verstellbar), wie bei der „Magnetophon-Zwillings-Apparatur“ der Deutschen Reichspost (Abbildung 192).⁷⁸⁹ Ein weiterer, nicht eingezeichneter Kontakt konnte bei einer bestimmten Mindest-Bandlänge eine Warnlampe einschalten. In anderen Ausführungen war unterhalb des Laufwerks an der Welle des Tasthebels zusätzlich ein Potentiometer eingebaut; so konnte man den Bandvorrat auch auf einem externen, entsprechend kalibrierten Messinstrument ablesen. Unabhängig davon hatte das Gerät selber auch wieder ein internes Potentiometer als Bandverbrauchsmessgerät, identisch mit der K 1-Lösung, ebenso die Auslöseranordnung mit der Cutax-Patrone sowie die Fliehkraftbremsen der Wickelmotoren.

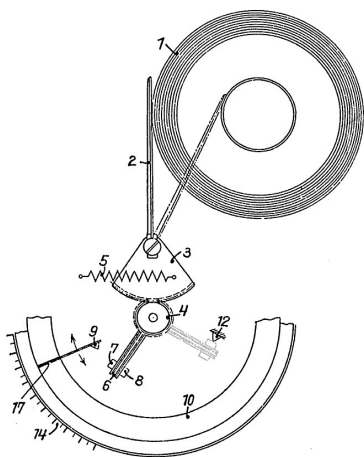


Abbildung 104: Bandanzeiger in der Darstellung des DRGM 1442034 vom 8. Juni 1938

Die massive Laufwerkplatine diente als Träger für praktisch alle mechanischen Komponenten; sie wurde mit langen Schrauben durch den Gehäuseboden verschraubt. Die Schwenktechnik für den Kopfträger des K 2 ist weitgehend identisch mit der beim K 1 entwickelten Ausführung (siehe Abbildung 110 und Abbildung 112, Seite 102).

Die Aufteilung des Magnetophons in drei Koffer plus Mikrofoneinheit blieb weitgehend unverändert. Auch die Verstärker hatten sich nur geringfügig verändert. Interessant ist allerdings ein technisches Detail, die Verwendung einer „Bienenkorb-Glimmlampe“, die in Abbildung 111 oberhalb der Röhren gut zu erkennen ist. Die Bedeutung einer Glimmlampe wird auch schon in dem Gedicht vom 1. Dezember 1934, wenn auch etwas ironisch, betont:⁷⁹⁰ „Die Wiedergabe ist jetzt nach Einbau der Glimmlampe und des Mu-Metalls sehr klar und deutlich.“ In Seriengeräten taucht die Glimmlampe aber nur im K 2-Verstärker auf, und dann auch nicht in jedem Gerät. Bei

Vorgängern und Nachfolgern ist sie bisher überhaupt nicht gefunden worden. Nach Hans Westpfahl verhindert diese Glimmlampe eine (akustisch störende) Dauermagnetisierung des Aufnahmekopfes, die bei besonders großen Stromstößen während der Aufnahme eintreten kann: sie zündet dann und schließt dadurch den Kopfeingang kurz. Letztlich gingen solche Stromstöße auf eine bekannte Schwäche der Kohlemikrofone zurück: weil die Kohlekörner nach einiger Betriebszeit zusammensacken, wird das Mikrofon „müde“. Dem war nur grobmechanisch beizukommen, also das Gehäuse auf eine harte Oberfläche aufzuschlagen, damit die Kohlekörner zu lockern und so die Empfindlichkeit wieder auf Normalwert zu bringen.⁷⁹¹ Zu vermeiden waren solche Stromstöße natürlich auch, wenn man das Mikrofon nur im ausgeschalteten Zustand aufklopfte – insofern stellte die Glimmlampe eine „fool-proof-Lösung“ dar. Dass man sie deshalb nicht immer benötigte, ist naheliegend.



Abbildung 105 (LINKS): Der Bandlängenanzeiger gibt auf seiner in Prozenten geeichten Skala an, welche Bandmenge sich auf der Vorratsspule befindet. Mit dem Zeiger wird auf dem Einstellring festgelegt, bei welchem Wickeldurchmesser der eingebaute Kontakt anspricht, siehe Abbildung 106 (RECHTS).



Die entscheidenden Entwicklungsschritte waren aber natürlich diejenigen Verbesserungen, die das neue Fe_3O_4 -Magnetophonband ermöglicht und das Gerät realisiert hatte:

- eine merkliche Erhöhung der Dynamik auf etwa 40 dB.
- eine relativ geringe Frequenzbereichs-Erweiterung bis etwa 5.500 Hz trotz reduzierter Bandgeschwindigkeit.

Die Anordnung der Magnetköpfe auf dem kreissegmentförmigen „Schwenkteller“ und die Bandführung in diesem Bereich zeigt Abbildung 112. Da während der Aufnahme der Wiedergabekopf das Band nicht berührte, erlaubte auch diese Konstruktion keine Hinterband-Kontrolle, ebenso wie beim Magnetophon K 1. Die Ansprüche an die Präzision der Drehteile war relativ hoch, aber bei den vergleichsweise großen Wellenlängen der Aufzeichnungen noch beherrschbar.

Wie Schüllers Angaben in seinem Patent DE 698 140, „*Einseitig berührender Löschkopf für Geräte zu magnetischen Schallaufzeichnung*“ vom 4. März 1936 nahelegen (wie auch das textlich ausführlichere US 2,230,913, „*Magnetic Sound Recorder*“, das eine im Patent DE 710 594 beschriebene Variante einschließt), ist diese Qualitätsverbesserung auch einem neuartigen Gleichstrom-Löschkopf zu verdanken, denn nach aller Wahrscheinlichkeit löschte das Magnetophon K 1 nur mit einem simplen, aber kräftigen Elektromagneten in Ringkopfform. Eine Skizze der Neukonstruktion erklärt die Wirkungsweise (Abbildung 107, die praktischen Ausführungen zeigen Abbildung 108 und Abbildung 109):

Aus dem eigentlichen Luftspalt (3) des Löschkopfs tritt das übliche starke Gleichfeld aus, das das Magnetmaterial des Tonbandes entsprechend seiner Magnetisierungskurve in die Sättigung (P1) treibt und damit alle vorhergehenden Aufzeichnungen löscht. Danach sind aber die einzelnen Partikel (wegen der etwa halbzylindrischen Form des Feldes vor dem Löschkopfspalt) noch nicht in „*der gewünschten Längsrichtung*“ magnetisiert. Schüller verlängerte die ablaufende Kante des Löschkopfs mit dem Ergebnis, dass das Magnetfeld hier seine Richtung ändert und daher die Magnetisierung des Tonbandmaterials die Kennlinie von P1 über P2 nach P3 durchläuft, was am Ende des Horns erreicht ist. Aufgrund der Horngeometrie ist hier „*ein Feld erzielt ..., das auf mindestens die gesamte Breite des Bandes und innerhalb des normalen Schwankungsbereichs des Bandes völlig homogen in Längsrichtung des Bandes verläuft*“. Im feldfreien Raum zwischen Lösch- und Aufnahmekopf trägt das Tonband nur noch die Remanenz P4, deutlich kleiner als die Sättigungsremanenz. Konventionell ist wieder der Gleichstrom, der permanent in der Spule 9 des Aufnahmekopfs fließt und damit den Arbeitspunkt nach P5 in den linearen Kennlinienbereich verschiebt. Der Aufnahmekopf in Abbildung 107 trägt eine zweite Wicklung 10, durch die der eigentliche Schallsignal-Wechselstrom fließt und je nach Amplitude und Frequenz das Band magnetisiert, hier angedeutet als Sinusschwingung mit der Amplitude c (üblicherweise werden die beiden Ströme in einer Wicklung überlagert). Erfolg: „*The record carrier exhibited a lower noise level when pre-treated by the new erasing magnets*“, sie gestatten „*lautstärkere Aufzeichnungen bei gleich großen Sprechamplituden*“, also Signalströmen.⁷⁹²

Wenn Schüllers „Hornkopf“ auch nicht den gleichen erfinderischen Rang hat wie der Ringkopf, zeigt er doch, wie es ihm oft mit einfachen Mitteln gelang, vertrackte Fehlerquellen auszuschalten und so die Qualität des Magnetophon-Systems zu heben (Siemens hatte bereits 1930 das Löschen magnetischer Träger mit „*mehreren Magnet-*

polen, ... deren Feldstärken sich pendend dem zu erreichenden Endpotential nähern“ vorgeschlagen, also mit wesentlich höherem Aufwand ⁷⁹³). Kleinschrittige Verbesserungen gelangen auch seinen Mitarbeitern: Rolf Müller-Ernesti (seit 1938 im AEG-Magnetophon-Team nachweisbar) fand im Sommer 1938, dass das längsgerichtete Feld erst dann vollkommen homogen wird, wenn das Horn etwa zwei- bis viermal so breit wie das Magnetband gemacht wird. Die entsprechenden, recht klobigen Löschköpfe (Abbildung 109) finden sich in den Kopfträgern von Magnetophon K 4 und Tonschreiber b.⁷⁹⁴

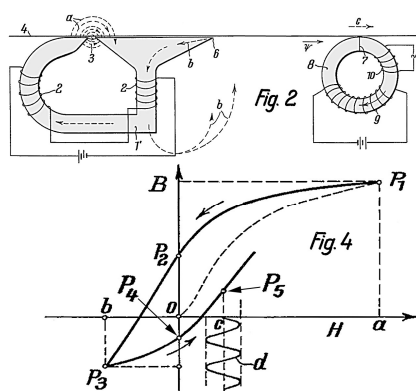


Abbildung 107 (LINKS): Schüllers Horn-Löschkopf löscht das Magnetband gewissermaßen doppelt; erstens mittels magnetischer Sättigung (Feldlinien a in Fig. 2 und Punkte P₁ beziehungsweise P₂ in Fig. 4), dann mit einem gegenläufigen Feld, das es an der Hornspitze (6 in Fig. 2) in der gewünschten Längsrichtung homogen magnetisiert, allerdings nicht bis in die Sättigung, sondern nur bis P₃ beziehungsweise P₄ in Fig. 4. Die Arbeitspunkt-Einstellung geschieht mittels Gleichfeldmagnetisierung durch einen Gleichstrom, der die Wicklung 9 im Aufnahmekopf (Fig. 2 und P₅ in Fig. 4) durchläuft.⁷⁹⁵

Abbildung 108 (MITTE): Löschkopf mit „Schüller-Horn“, eingesetzt in den Magnetophon-Modellen K 1 bis K 3.

Abbildung 109 (RECHTS): Löschkopf mit „Schüller-Horn“, Spaltbreite 0,4 mm, verwendet im Magnetophon-Modell K 4 und dem RRG-Kopfträger R 7 für das Magnetofon R 22 mit einer über die Bandbreite hinaus verbreiterten Lauffläche.⁷⁹⁶



Abbildung 110 (LINKS): Die Schwenkvorrichtung für die Kopfträgerplatte im Magnetophon K 2, von unten gesehen.

Abbildung 111 (RECHTS): Der Verstärker zum Magnetophon K 2 (genauer: zum Vorseriengerät Nr. 1028). Die Glühlampe ist in der Mitte oberhalb des Aluminium-Chassis zu sehen. Als Röhren sind AZ 1, AL 4, AF 7 eingebaut. Rechts vorn das hochwertige Kohle-Mikrofon.

Abbildung 112: Magnetköpfe im Magnetophon K 2. Die schwenkbare Kopfträgerplatte ① befindet sich in Stellung „Aufnahme“, das Band liegt an Löschkopf ② und Aufnahmekopf ③ an. Der Wiedergabekopf ④, nahe der Tonrolle ist vom Band abgeschwenkt, somit ist auch keine „Hinterband-Kontrolle“ der Aufzeichnung möglich (zeitgleich mit der Aufnahme). Eine Vorrichtung, um das Band beim Umspulen von den Köpfen abzuheben, fehlt.

Der Antrieb für die Kopfträgerplatte befindet sich unter der Laufwerksplatine; er ist in Abbildung 110 zu sehen.



Die fabrikationsmäßige Herstellung des Magnetophon K 2 / T 2 begann etwa im Dezember 1935.⁷⁹⁷ Einige frühe Exemplare arbeiteten noch mit 1 m/s, erreichten demnach mit 1.000 m Band knapp 17 min Spielzeit.⁷⁹⁸ Da schon bei diesem Konstruktionsstand ein Asynchronmotor eingebaut war, wuchs der Tonrollen-Durchmesser auf 13 mm.⁷⁹⁹ Eines dieser Geräte mit der Fertigungsnummer 1028 kam im Frühjahr 1936 nach Ludwigshafen und bestritt dort am 19. November 1936 die Aufzeichnung des „Beecham-Konzerts“ im I.G. Farben-Feierabendhaus. Ein weiteres „1 m/s-K 2“ konnte Wolfgang Sichardt für seine Feldaufnahmen benutzen (Seite 111).

Zur Funkausstellung 1936 zeigte die AEG (seriengefertigte?) Exemplare und Muster eines neuen Diktiergeräts, das ab Ende 1936 offiziell *Modell FT 2* genannt wurde.⁸⁰⁰ Das Interesse des Handels, von Behörden, Heer, Marine und Luftwaffe war nach wie vor lebhaft.

Daneben baute die AEG Sonderentwicklungen nach Kundenspezifikationen, zum Beispiel ein Testgerät ähnlich dem K 2 für die RRG. Als völlig neue Entwicklung entstand ein leicht transportables Gerät für Reportagen; es war das erste federwerksgetriebene Laufwerk, sogar mit drei Federwerken, das als „no-name-product“ 1936 geliefert wurde. Möglicherweise wurden nur zwei Federwerke verwendet, eines für den Antrieb der Tonrolle, das andere für den Bandtransport; durch die dritte Bohrung ging dann lediglich eine Kurbel, mit der das Band zurückgespult wurde, wie auch nach 1945 bei einigen Geräten der Firma Maihak. Allerdings notiert Schüller in dem Text zu diesem Bild eindeutig „3 Federwerke (3 Motore).“ Das Gerät wurde bekannt, als es für Bandaufnahmen in einem fahrendem Bus des Berliner Stadtrundfahrten-Veranstalters Käse eingesetzt wurde.⁸⁰¹ (S. 181).

Magnetophon K 3 und FT 3 (1937)

Auch das Magnetophon K 2 wurde bald abgelöst: schon Ende 1936 nannte ein AEG-Prospekt den Nachfolger „Magnetophon-Koffergerät, Modell K 3“, erstmals ausdrücklich so geschrieben.⁸⁰² Worin der Fortschritt von K 2 zu K 3 besteht, ist im Einzelnen nicht dokumentiert, wahrscheinlich waren es kleinere Details, was Hans Schießer (am 1. Juni 1936 bei AEG eingetreten) so umschreibt:

Wir waren überhaupt bemüht, eine Apparatur auf die Beine zu stellen, die erstens bedienungsmäßig ein Minimum an technischem Können erforderte. Zweitens sollte eine große Betriebssicherheit in dem Gerät stecken, und außerdem sollte es elektroakustisch den der Zeit entsprechenden Anforderungen gut genügen.⁸⁰³

Vom K 3 beziehungsweise dem FT 3 sind nach Schüller 100 Geräte gebaut worden, nach Westpfahl etwa 200,⁸⁰⁴ vermutlich mehr Diktiermaschinen als Koffergeräte. Das Modell FT 3 erhielt eine Fernsteuerungs- und eine Diktieraste, wobei die Diktieraste ferngesteuert das Band für kurze Zeit zurücklaufen ließ (je nachdem, wie lange sie gedrückt wurde), damit zum Beispiel eine Sekretärin beim Schreiben die gewünschten Stellen wiederholt abhören konnte.



Abbildung 113: Die wenigen bisher bekannten zeitgenössischen Aufnahmen des Magnetophons K 3 zeigen die 1938 beschaffte Doppel-Magnetophon-Anlage der Stadt Reutlingen. Am Laufwerk ist oben links ein schwenkbarer Hebel zu sehen, der den Durchmesser des Bandwickels abtastet und unterhalb eines Grenzwerts auf das jeweils andere Laufwerk umschaltet.

Immerhin ist ein Unikat, nämlich eine aufwendige Zwei-Maschinen-Anlage mit K 3-Laufwerken, gut dokumentiert. Das Bürgermeisteramt der Stadt Reutlingen hatte im Juni 1938 beim AEG-Verkaufsbüro Stuttgart ein komplettes „Magnetophon-Koffergerät Type K 3“ geordert (RM 1800.-), dazu einen zweiten Laufwerkskoffer (RM 1200.-) und als Besonderheit eine „Umschaltvorrichtung zur pausenlosen Aufnahme und Überblendung“ (RM 240.-), dazu „40 Filmspulen (ca. 25 Min. Aufnahmedauer)“ für RM 500.-, zusammen mit einigem Zubehör also 3805,95 RM – eine gepfefferte Investition,⁸⁰⁵ die wohl auch dem Prestigebedürfnis des NSDAP-Oberbürgermeisters Richard Dederer (1933 – 1945) entgegenkam beziehungsweise ihm entsprungen sein dürfte, kurz: „... eine gewiß auch im Dienste der Partei überaus praktische Einrichtung.“⁸⁰⁶ – Die Anlage war übrigens noch Anfang der 1950er Jahre betriebsfähig und lieferte mit dem – immer noch relativ niederkoerzitäven – Magnetophonband LGH trotz Gleichstrom-Vormagnetisierung, vermutlich auch ohne Arbeitspunkt-Nachführung, zufriedenstellende Resultate. – Übrigens muss auch I.G. Farbenindustrie Ludwigshafen ein Magnetophon K 3 besessen

haben, es beschloß seine Karriere, etwas unangemessen, ab Anfang 1948 als Prototyp einer „Lochschanlage [...] für Fehlstellen in Magnetophonbändern“.⁸⁰⁷

Beim Magnetophon FT 3 fällt auf, dass die Betriebsartentaster jetzt rechts von dem Kopfträger angeordnet sind. Wegen dieser Positionierung ist die linke Seite frei für den „Bandanzeiger“ (Abbildung 125), der dort die noch verfügbare Bandlänge anzeigt; auf der rechten Seite würde er nur die bereits durchgelaufene Bandmenge anzeigen. Der Platz links unter dem Laufwerk wird für den (immer noch elektrodynamischen) Lautsprecher genutzt. In der Ebene darunter liegt der schon bekannte Verstärker mit Gleichrichterröhre sowie Eingangs- und Endpentode, und zwar eine Ausführung ohne Gitterkappe. Wesentliche Entwicklungsschritte sind bei der dritten Magnetophon-Generation wohl nicht realisiert worden; das geschah erst bei der vierten.

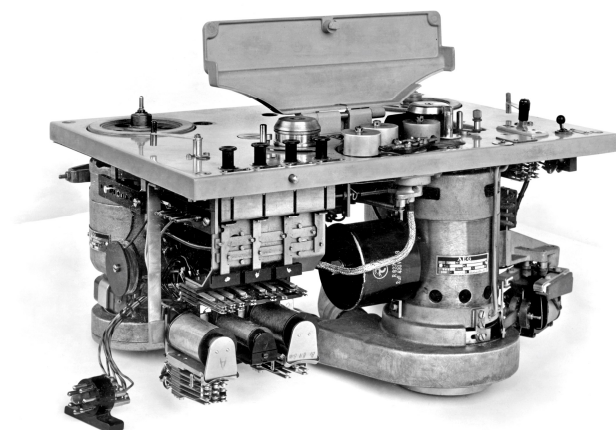


Abbildung 114: (LINKS): Magnetophon K3 ohne Koffer. Die beiden wichtigen Relais links unten dürften zur Umschaltseinheit gehören.



Abbildung 115: Der AEG-Mitarbeiter Hermle (Büro Stuttgart) hatte die Anlage installiert und während der ersten Einsätze betreut.

1937: Fehlstart in den USA

Ob die folgende Episode eher tragikomisch oder einfach lächerlich ist, sei dahingestellt. Im Oktober 1937 erhielt die USA-Vertretung der AEG ein Magnetophon-Gerät, nach Lage der Dinge ein Magnetophon K 3, um es ihren Kollegen von der International General Electric Company in Schenectady, Bundesstaat New York, vorzuführen – die AEG hatte immer gute Beziehungen zu GEC bis hin zum gegenseitigen Zugang zu Patenten.⁸⁰⁸ Was im Grunde die amerikanischen Spezialisten dazu veranlassen sollte, den Markt USA für das Magnetophon zu öffnen, führte nur zu einem längeren Bericht,⁸⁰⁹ der das technische Potenzial des Gerätes vollkommen verkannte.⁸¹⁰ Kurz gesagt, gab es drei Haupteinwände: schlechte Dynamik, schlechter Frequenzgang, zu aufwendig gebaut, „gründliche Vereinfachung der Konstruktion ist notwendig“ – kaum mehr als eine Umschreibung von „not invented here“ (selbst der Fachmann Richard H. Ranger, der sich 1947 anerkennend bis begeistert äußert, bemängelte noch: „it still seems to be much more complicated than is necessary for the relatively simple purpose of passing a tape across three electro-magnetic pick-up heads.“⁸¹¹) Die AEG Berlin schrieb einige sarkastische Kommentare an den Rand einer Übersetzung, aber das half nichts: mit dem Magnetophon war in den USA noch kein Geschäft zu machen, und so blieb es dort bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges faktisch unbekannt.

Wickelkerne, Bandteller und ihre Verkopplung

Eine Einzelheit des Magnetophons brauchte gut und gern sechs Jahre bis zur alltagstauglichen Formgebung: die Ankopplung der Bandspulen, später der Bandwickel, an das Magnetophon-Laufwerk. Was bei Versuchsgeräten und Diktiermaschinen vielleicht eher nebensächlich war, bekam mehr und mehr Gewicht, als es darum ging, Bandwickel erstens sicher festzumachen und zweitens schnell zu wechseln; man denke nur an eine Rundfunksendung mit Einzeltiteln von je zwei bis drei Minuten Spielzeit oder bei Schnitt- und Montagearbeiten. 1939 fand schließlich der Konstrukteur Eduard Untermann eine – zumindest für weite Teile Europas – bis zur Ablösung der Studio-Tonbandgeräte maßgebliche Lösung, bekannt geworden etwa als „AEG-Kern“ oder „AEG-Kernhalterung“.

Wie die Kopplung zwischen Bandspulen und Laufwerk bei den Versuchsgeräten 1 bis 3 bewerkstelligt wurde, ist im Einzelnen nicht bekannt, wahrscheinlich wurden Verschlussstücke mit Gewinden benutzt, um die Spulen zu fixieren. Beim Versuchsgerät 4, dem ersten Modell mit waagerechter Laufwerksplatte, ging Untermann dann zu Wickelkernen über, also einfachen, auf die Wickeltellerachse aufgelegten Blechpressteilen. Die Abbildung 88 lässt zwar vermuten, dass der Wickelkern mit einer runden Sicherungsmutter auf einem Gewindedorn fixiert war, doch ist das nirgends bestätigt. Vermutlich war eine ähnliche Lösung angewendet worden wie später beim Magnetophon K 1: ein geräteseitiger Mitnehmerstift griff durch eine zusätzliche kleine Bohrung im Wickelteller ein und sicherte so gegen Verdrehung. Seltsamerweise war der Wickelteller beim Magnetophon K 1 nicht gegen „Abheben“ nach oben gesichert, wie in Abbildung 122 halbwegs zu erkennen ist.⁸¹²

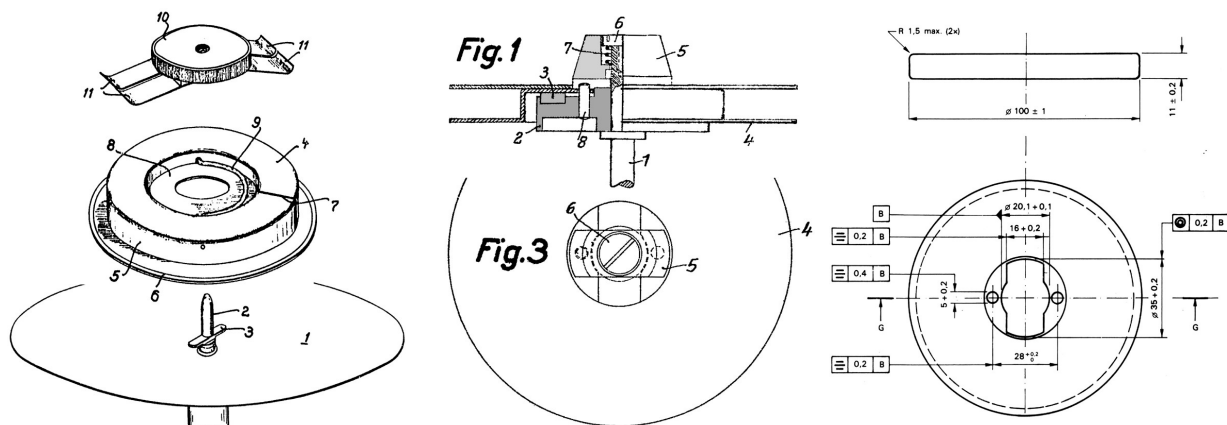


Abbildung 116 (LINKS): Eine der Vorab-Lösungen für die Verkopplung von Bandwickelkern und Wickelteller: „Auswechselbarer Spulenträger“, DRGM 1 383 127 vom 18. Juni 1936.

Abbildung 117 (MITTE): Die Urform des AEG-Kerns, hier als Spulenhalterung für Tonschreiber (aus dem Patent „Filmspule und Filmspulenachse“ vom 5. Oktober 1939).⁸¹³

Abbildung 118 (RECHTS: Moderne Maßzeichnung nach DIN IEC 94.6. Die engen Toleranzen geben einen Eindruck von den rigorosen Anforderungen an dieses nur scheinbar simple Werkstück.



Abbildung 119: Vergleich zwischen Bandwickelhalterung mittels Blattfeder (LINKS) und Knebelgriff-Arretierung (nach DE 745 849, MITTE).

Abbildung 120 (RECHTS): Eduard Untermanns dauerhaftester Beitrag zur Magnettonetechnik ist sicher der AEG-Kern. Der Durchmesser wurde um 1950 von 70 auf 100 mm vergrößert.

Die AEG verwendete 1936 als Wickelkern ein zylindrisches Blech-Presseteil mit 70 mm Durchmesser und einer mittigen, kreisrunden 20-mm-Öffnung (Abbildung 116). Ihre Umgebung war etwas eingesenkt, so dass hier noch ein halbkreisförmiger, umklappbarer Drahtbügel Platz fand. Um den Bandwickel abzunehmen, klappte man den Bügel hoch, so dass sich der Bandwickel ohne besondere Fingerfertigkeit anheben ließ.⁸¹⁴ Die Verkopplung besorgte „der mit einer Blattfeder versehene Knopf 10 reibungskraftschlüssig mit dem Teller 1 ... Die Metallfeder 11 hat in der Mitte eine Aussparung, in die beim Andrücken des Knopfes ... der kleine Querbalken 3 des Stiftes 2 gerade hineinpasst. Der Knopf wird sodann um etwa 90° um den Stift 2 herumgedreht, bis der Querbalken 3 in die ... Lücke einrastet.“⁸¹⁵

Nicht genau zu ermitteln ist, wann (vermutlich beim FT 2) eine etwas bessere und leichter zu handhabende Wickelkern-Befestigung eingeführt wurde: die leicht veränderte vierflügelige Blattfeder wurde nun auf einen verjüngten Ansatz der Wickeltellerachse aufgedrückt, um 90° gedreht und in einer Nut verriegelt. Aber auch diese kraftschlüssige „Kopplung“, AEG-intern „der kleine Untermann“ genannt (Abbildung 119 links),⁸¹⁶ war nicht wirklich zuverlässig, obwohl sie noch beim Magnetophon K 4 und seiner RRG-Variante R 22 zu finden ist, ausgerechnet auch bei den beiden K 4-Exemplaren, die es 1945 nach Kalifornien verschlagen hat (Abbildung 298, Seite 294).

Die Urform der – zumindest für 6,5 mm beziehungsweise 6,3 mm breites Magnetband – definitiven Lösung ließ sich Untermann am 5. Oktober 1939 unter dem Titel „Filmspule und Filmspulenachse“ patentieren.⁸¹⁷ Zeitpunkt, Titel und die Zeichnungen der Patentanmeldung (Abbildung 117) sowie viele Fotos sprechen dafür, dass die Erfindung aus der Zeit der ersten Arbeiten an den Tonschreibern stammt, die mit Spulen arbeiteten (außer dem in „Tonschreiber a“ umbenannten Magnetophon K 4). So ist diese Halterung z.B. in Abbildung 180 zu erkennen. Sie findet sich dann weiter beim Magnetophon K 6, also dem RRG-Gerät R 23 und seinen Abkömmlingen, dem Tonschreiber d und R 23a (Abbildung 170, Seite 154). Das Prinzip ließ sich auch ohne Aufwand auf Blech-Wickelkerne übertragen; als genormter⁸¹⁸ „Wickelkern mit 20 mm-Mittenloch“, im Studiojargon schlicht Bobby, ist Untermanns Erfindung geradezu zu einem Symbol für die Magnetophon-Epoche geworden (und sei

es missbraucht als Aschenbecher oder Kronkorkenheber). Das Patent DE 745 849 beschreibt präzise das Zusammenspiel des „AEG-Kerns“ und der Halterung:

In den Blechen der Filmspule befindet sich ...ein im wesentlichen rechteckiger Ausschnitt, der den Knebel vollständig durch die Filmspule hindurchgreifen lässt. Nach Auflegen der Filmspule wird der Knebel angehoben und um 90° verdreht, so dass er die Filmspule durch den Druck der Feder 7 auf den Spulenteller drückt. ... Die Mitnahme der Filmspule durch die Antriebswelle erfolgt durch einen besonderen Mitnahmestift 8 im Spulenteller, der durch ein entsprechendes Loch in der Filmspule durchgreift. Dieser Mitnahmestift dient gleichzeitig zum Festhalten des Knebels in seiner Stellung, der zu diesem Zweck besondere Ausschnitte aufweist.

In der Tat war damit für das Zusammenspiel von Wickelkern und -Halterung eine betriebssichere und sehr flüssig zu bedienende Lösung gefunden, weil jetzt die Kraftübertragung über die beiden Mitnehmerzapfen formschlüssig, das Niederhalten „reibungskraftschlüssig“ erfolgte. Und, in der täglichen Praxis nicht zu unterschätzen: während die früheren, „sprungkräftigen“ Federteile zum Bandauflegen vollständig abgenommen werden mussten, gehörte der drehbare Knebel zur Maschine, konnte also nicht verlegt werden oder ergonomisch überflüssige Handbewegungen erzwingen.

Die meisten heute noch vorhandenen Magnetophon-Exemplare K 2 bis K 4 sind im Lauf der Zeit auf die AEG-Kernhalterung umgebaut worden; ob und gegebenenfalls seit wann die K 4-Varianten ab Werk damit ausgerüstet waren, ist nicht zu ermitteln. Bemerkenswerterweise stellte RRG erst ab Frühjahr 1942 auf AEG-Wickelkerne „mit dem Ausschnitt für die Befestigungsknebel“ um, jedoch mussten zuvor die „alten Bobbies mit kreisrundem Loch aus dem Betrieb herausgezogen werden“.⁸¹⁹

Wie Abbildung 120 zeigt, hatte der 70 mm-Kern einen nach außen abgewinkelten Flansch, einerseits zur Verstärkung, andererseits diente er wohl auch als Anschlag beim Aufschieben der Hartpapierringe, auf denen die Magnetbänder bis Ende der 1940er Jahre geliefert wurden (Seite 128). Es soll gelegentlich vorgekommen sein, dass das Magnetband an scharfe Kanten dieses Flanschs anlief, dort ein- und bald danach durchriss. Die beste Abhilfe war, den Flansch nach innen abzuwinkeln, womit der AEG-Kern Ende 1949 seine endgültige Form samt Einfädelschlitz erhielt (Abbildung 120, 100 mm-Ausführung).⁸²⁰

1950 einigten sich die deutschen Rundfunkanstalten darauf, den Außendurchmesser des AEG-Kerns von 70 auf 100 mm zu vergrößern, weil sich damit das Verhältnis von Innen- zu Außendurchmesser des Bandwickels auf das vorteilhafte Verhältnis von 1: 3 verändern und so die Forderung nach konstantem Bandzug leichter erfüllen ließ. Das ging nicht ganz reibungsfrei: das RTI beanstandete unter 15.000 ausgemessenen Prüflingen zunächst merklichen Ausschuss infolge von „*Taumeln und Exzentrizität*“. – Zur Ausstattung der Bobbies gehörte ein beschriftbares Feld (ausgeführt als Lackfläche, die auch Bleistift annahm) und, mit Beginn der Umstellung auf die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s, eine zweite, signalrote Fläche, was dem Abspielen mit falscher Geschwindigkeit vorbeugen sollte. Beide Felder blieben bis etwa 1992 gefordert. Bis dahin hatte sich der Bobby zu einem hochglänzenden, regelrechten Präzisionserzeugnis gemausert, insbesondere die Wickelfläche war (durch Überdrehen) streng zylindrisch und, zum leichteren Anlegen des Bandes, minimal rau, „griffig“, geworden.

AEG-Kerne wurden selbst in Ausführungen für 1 Zoll breites Band gefertigt, doch damit dürften sie überfordert gewesen sein. In der Audio-Mehrspurtechnik setzte sich die in den USA entwickelte NAB-Spulenaufnahme durch, die mit ihrem immerhin 3 Zoll großen Mittenloch, der 76,2 mm starken Achse und drei stabilen Verriegelungsnasen selbst mit 14-Zoll-Spulen für 2 Zoll Bandbreite betriebssicher war.

Lehrjahre: Das Magnetophon als Diktiergerät

Wie schon Poulsen und Stille wussten, war die magnetische Tonaufzeichnung für Diktate geradezu prädestiniert. So sind Diktiergeräte während der Lebensspanne des Magnetbands immer ein kleiner, aber lohnender Markt geblieben (siehe auch Seite 359 ff.), am besten repräsentiert von der Grundig-Stenorette. Später wurde daraus eine Domäne der Compact-Cassette und schließlich der Micro-Cassette, die sich auch in Telefonanrufbeantwortern bewährte. Dieser Markt dürfte erst verschwunden sein, als mittlere und höhere Manager-Ränge „Textverarbeitung“ am „personal computer“ nicht mehr als unter ihrer Würde (lies auch: inkompatibel mit ihren technischen Fähigkeiten) ansahen und sich die Arbeitsstruktur in den Vorzimmern und Schreibbüros, soweit nicht ohnehin anderweitig genutzt, geändert hatte.

Anfangs des 20. Jahrhunderts hatte ein Schub von „Verwissenschaftlichung“, sprich Rationalisierung, in den großen Firmenverwaltungen der USA das Diktiergerät als Wundermittel gegen Zeitverluste bei der Korrespondenz-Erledigung etabliert, und so bestand dort ein florierender Markt von Instrumenten wie Dictaphone, Pro-technic Ediphone (der Thomas A. Edison Inc., Orange, N.J.) und Parlophon, die teils mit Wachswalzen, teils mit Wachsplatten arbeiteten. Die den USA zugeschriebene „*strenge Einhaltung des Achtstundentags*“ soll ein gewichtiger Grund dafür gewesen sein, dass 1935 nicht weniger als eine Million solcher Wachsgesäte verkauft wurden.⁸²¹ In Deutschland, „*wo die Sekretärin die Überstunden des Chefs mitzumachen pflegt*“,⁸²² konnten sich diese zumeist rein „akustisch-mechanisch“ arbeitenden Apparate nicht recht durchsetzen, teils, weil die Verständlichkeit zu wünschen übrig ließ, teils, weil Sekretärinnen keine Kopfhörer liebten.

Ein solches Dictaphone (Preis 1936: USD 555 einschließlich 8 Walzen, diese USD 7.80 pro Dutzend) bestand aus drei Geräten, einer Aufnahme- und einer Sekretärs-Maschine sowie einer Art „Drehbank“, um die abgearbeiteten Walzen wieder glätten, also löschen, zu können; diese Prozedur sollte die Walze 80 bis 100 Mal durch-

halten. 1936 war sogar eine Ausführung mit zwei 6 – 8-Minuten-Walzen im Angebot, mit der selbst Konferenzen „mitgeschnitten“ werden konnten.⁸²³

Bei I.G. Farben, Werk Ludwigshafen, wurden sowohl Dictaphone als auch Dailygraph zumindest erprobt, allerdings machte man auch hier keine guten Erfahrungen, denn „bei einer vor einigen Jahren stattgefundenen Vorführung ... [haben sich] eine Reihe von Schwierigkeiten und Nebenerscheinungen gezeigt, die sich sehr unangenehm auswirkten“.⁸²⁴ Ebenso wenig Glück hatte eine Frankfurter Firma, die Karl Schoenemann am 21. Dezember 1934 ein Textophon vorführte. Das Gerät sollte RM 1.365 kosten, ein Spulenkasten mit 4.000 m Textophon-Draht RM 100. Schoenemann wird es, gewiss nicht unbegründet, doch leichten Herzens als „technisch unvollkommen“ bezeichnet haben, als sich die Überlegenheit des im eigenen Haus reifenden Magnetophons abzeichnete.⁸²⁵ Ende 1936 war der Preis des Textophons auf RM 1.650 und RM 50 für die 20 min-Drahtrolle gestiegen,⁸²⁶ so dass sich das Magnetophonband (RM 8 für 20 min) klar als die preiswertere Alternative empfahl.

Diktate und Korrespondenz: ein schwieriger Markt für das Magnetophon

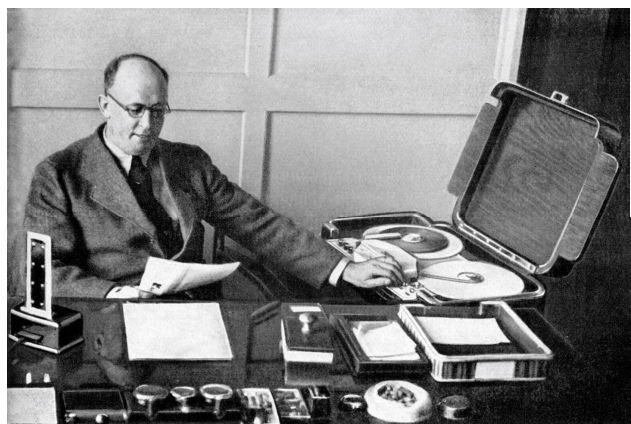


Abbildung 121: Der Chef diktiert – mit der linken Hand an der Schnellstopp-Taste. Das Mikrofon hätte einen geeigneteren Platz verdient. – Die Tastenanordnung an der linken Seite des Geräts zeigt, dass es sich um einen „fahrbaren Magnetophonschrank“, ein Magnetophon T 1, handelt.

Wie schon berichtet (Seite 83), mussten die AEG und I.G. Farben schon vor der offiziellen Premiere 1935 einräumen, dass zumindest fürs Erste das Magnetophon nicht die rechte Qualität bot, um es erfolgversprechend für Musikaufzeichnungen propagieren zu können.⁸²⁷ Die Entwickler hatten sich notgedrungen darauf verständigt, das System nur für Sprachdokumentationen – also Diktate, akustische Protokolle (ein weites Feld zwischen Rundfunkaufnahme, polizeilichem Verhör und Telefon-Abhöraktion) sowie Reportagen – zu bewerben und dementsprechend die Präsentation während der Funkausstellung 1935 auf dieses Marktsegment abgestimmt. Der beachtliche Erfolg des Magnetophon-Stapellaufs hatte daran nichts Grundsätzliches geändert, schließlich waren kaum mehr als zehn K 1 und T 1-Geräte gebaut worden⁸²⁸ – wirtschaftlich eine bedeutungslose Größenordnung. Auch nachdem die verbesserte Generation K 2 / T 2 (Seite 97) im Frühjahr 1936 herauskam, hatte AEG bis Oktober dieses Jahres nicht mehr als 100 Geräte aus-

geliefert, und ein Jahr später waren auch nur enttäuschende 175 Stück „im Einsatz“.⁸²⁹ Für Reportagen – das kann 1935 nur auf die RRG gemünzt gewesen sein – reichten entweder Qualität oder Betriebssicherheit des Systems nicht aus, und da sich die Gestapo bereits mit „huge numbers of Textophones“⁸³⁰ eingedeckt hatte, war mit „akustischen Protokollen“ selbst hier kein Geschäft mehr zu machen. Es spricht also viel dafür, dass der anfangs bescheidene Magnetophon-Umsatz überwiegend bei den stationären Diktiergeräten anfiel, das mit tragbaren Koffergeräten erzielte Ergebnis also deutlich übertraf. Da aber Diktat-Magnetophonband vielfach wiederverwendbar war, blieben auch hier die Verkäufe hinter den Erwartungen zurück, auch und insbesondere bei I.G. Farben.



Abbildung 122: Auflegen des Magnetophonbandes; das Lineal zur Laufzeitanzeige ist zur Seite geschwenkt. Das Band muss offensichtlich samt Wickelteller gehandhabt werden.



Abbildung 123: Die Sekretärin schreibt das Diktat ab; zum Abhören benutzt sie den Lautsprecher des „fahrbaren Magnetophonschranks“. Das Bild erschien übrigens 1936 in einem amerikanischen Magazin!⁸³¹

Manche Hoffnungen, die sich I.G. und die AEG nach der Funkausstellung 1935 gemacht hatten, erwiesen sich als trügerisch. Hier dürfte auch ein kaum öffentlich diskutierter, politisch-ökonomischer Grund hineinspielen, nämlich eine im Spätsommer 1935 ausgebrochene Ernährungs- und Versorgungskrise, die das NS-Regime nur unter erheblichen Schwierigkeiten bewältigte. Darunter hatte auch die Aufrüstung und, so ist zu folgern, die

Industrie insgesamt zu leiden – kaum die beste Zeit, um ein neues, nicht gerade lebensnotwendiges Produkt wie das Magnetophon im Markt durchzusetzen.⁸³² Die „Durststrecke“ des Magnetophons mussten also überwiegend die Diktierversionen mehr schlecht als recht überbrücken. Welche Rolle hier die ernstzunehmende Konkurrenz der Drahttongeräte spielte – Dailygraph und Textophon waren früher auf den Markt gekommen –, lässt sich heute nicht mehr beurteilen.

Leider sind so gut wie keine Berichte erhalten, welche Firmen oder Behörden die „fahrbaren Magnetophonschränke“ einsetzten und welche Erfahrungen sie damit machten. Einzige Ausnahme ist ein Versuch der I.G. Farben-Zentrale Frankfurt, die um die Jahreswende 1935 / 1936 ein Gerät prüfte, sich aber nicht zum Kauf entschließen konnte: Aufzeichnungen von lebhaften Konferenzen klangen „verschwommen“, außerdem käme es nur selten darauf an, jedes Wort genau zu protokollieren. Besser sei das Gerät zum Aufzeichnen von Telefonaten geeignet, dafür aber zu teuer.⁸³³ Ein Magnetophon stand während einiger Monate 1937 auch im Ludwigshafener Büro von Wilhelm Gaus; es wurde später gegen einen „Truhenapparat mit Fernsteuerung“ umgetauscht.⁸³⁴ Aufzeichnungen oder Verwendungsberichte liegen nicht vor, auch nicht von einem Koffergerät, das die AEG zeitweise dem Reichsminister Hjalmar Schacht überlassen hatte.⁸³⁵

Das Magnetophon hatte jedenfalls erst seit 1938 / 1939 nennenswerte Erfolge, als die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft Magnetophone in ihren Maschinenbestand übernahm und die Wehrmacht ihre Bestellungen an Band und Geräten drastisch aufstockte.

Fernsteuerbare Diktiergeräte: Magnetophone FT 2, FT 3 und FT 4

So instruktiv und werbewirksam eine Illustration wie Abbildung 121 auch gewesen sein mochte, zeigt sie doch auch eine Schwäche des „fahrbaren Magnetophonschranks“ als Diktiergerät: es konnte natürlich nicht angehen, die voluminöse Maschine ständig zwischen Chefbüro(s) und Vorzimmer hin- und herzurollen. Schon beim Dailygraph war diese Unzulänglichkeit aufgefallen; Semi J. Begun half dem ab, indem er eine besondere „Vermittlungszentrale“ vorschlug, in der mehrere frei anwählbare Maschinen arbeiten sollten. Die erweiterte AEG-Konzeption beschreibt Hans Schießer so:

Die Magnetton-Diktieranlage mußte von vielen Stellen nacheinander verwendbar sein können. Es gab vielleicht zehn Steuerstellen für eine Magnetophonmaschine, so dass man von zehn Schreibtischen aus diktieren konnte. Man mußte natürlich sehen können, ob die Maschine frei war, sie mußte blockiert sein, damit nicht ein anderer die Aufzeichnung löschen konnte, die der Vorgänger aufgesprochen hatte, bevor sie abgeschrieben war. Dann erschien eine Maschine zu wenig. Wenn das Band gewechselt wird, darf keine Unterbrechung entstehen, denn das wäre bei Telefongesprächen nicht zulässig. Es musste also eine zweite Maschine installiert werden. Langsam entstanden ganze Arsenale von Maschinen mit Dutzenden von Steuerstellen, mit Dutzenden von Abschreibstellen. Die Fernsteuerung wurde dadurch recht umfangreich. ...⁸³⁶



Abbildung 124: Magnetophon FT 2, Vorder- und Rückansicht

© Archiv GFGF

Die bescheidenen Fern-Bedienungsmöglichkeiten des T 1 und des T 2 wichen also aufwendigen, relais-betätigten Fern-Steuerungen. Solche Änderungen signalisierten auch die neuen Gerätebezeichnungen: „*Ferngesteuertes Truhengerät, Modell FT 2*“, erstmals genannt im November 1936. Alle FT-Geräte konnten ankommende Telefongespräche aufnehmen, seit „*der Anschluss an Fernsprecher seitens der Reichspost mit Verfügung vom 5. 11. 1936 genehmigt*“ worden war.⁸³⁷ Das Laufwerk des FT 2 war wohl weitgehend identisch mit dem des Magnetophons K 3; auch die Nachfolger wie FT 3 und FT 4 weichen äußerlich nur wenig davon ab. In welchen anderen Details sich FT 3 und FT 4 – beide zuerst beschrieben im September 1938 – von FT 2 unterscheiden, ist nicht dokumen-

tiert, ausgenommen die Bandgeschwindigkeit der FT 4: sie betrug mit 25 cm/s gerade ein Drittel der üblichen 77 cm/s, damit dürfte eben noch Sprachverständlichkeit erreicht worden sein.

Die FT-Magnetophone sollten im Sekretariat, gewissermaßen neben der Schreibmaschine, aufgestellt werden; der womöglich weitab sitzende „Diktierende“ benutzte eine drahtgebundene Fernsteuerung in Form einer Drucktastenbox. Da das Laufwerk jetzt aber nicht mehr in seinem Sichtbereich stand, mussten die Tasten elektromechanisch verriegelt sein, damit zum Beispiel nicht aus dem schnellen Rückspulen unmittelbar wieder in „Aufnahme“ geschaltet werden konnte. Die notwendigen Verzögerungszeiten ließen sich mit den damaligen Mitteln nur schwer erreichen (die Entwicklungskosten dürften merklich auf den Preis durchgeschlagen haben).

Neben der Schreibmaschine der Sekretärin stand ein Kästchen mit den Tasten für Wiedergabe und Halt sowie die „Abschreibtaste“: auf Druck stoppte das Band und lief um eine einstellbare Länge rückwärts, so dass „beim Wiedereinschalten die Anschlussworte wiederholt werden.“

Irgendwann scheint die Überschaubarkeit vor allem der komplexeren Anlagen nachgelassen zu haben, und im Nachhinein bestand Einigkeit im Urteil über die Diktierzentralen mit FT-Geräten: „*It has not been recommended by the Germans who have had experience with it due to the maintenance problem.*“⁸³⁸ Noch im Jahr 1941/1942 sollten pro Monat immerhin 20 Exemplare der FT 4 gebaut werden (zu je RM 1.800);⁸³⁹ die Nachfrage kam jedoch kaum noch aus Industrie und Handel, sondern von ominösen „Chiffrierstellen“, die die FT 4 „hilfsweise“ benutzten.⁸⁴⁰ Im Oktober 1942 war der Auftragsbestand auf 90 Stück abgesunken;⁸⁴¹ für Februar 1943 lag nämlich ein Auftrag über nicht weniger als 400 Stück des FT 4-Nachfolgers Tonschreiber f vor, von denen aber nur eine unbekannte, jedenfalls kleine Stückzahl gefertigt wurde (Seite 166).



Abbildung 125: Ein Magnetophon FT 3 oder FT 4 im Einsatz. Neben dem rechten Arm der Sekretärin ist die „Abschreibetaste“ zu erkennen, das heißt, eine Maschinen-Fernbedienung. Der Diktierende konnte sich in einem anderen Raum aufhalten und war dann mit dem Magnetophon über die Fernsteuerung verbunden. Das Telefon links unten deutet an, dass die FT-Magnetophone auch Ferngespräche aufzeichnen konnten. Der Kalender in der Bildecke rechts oben zeigt das Monatsblatt für April 1939.

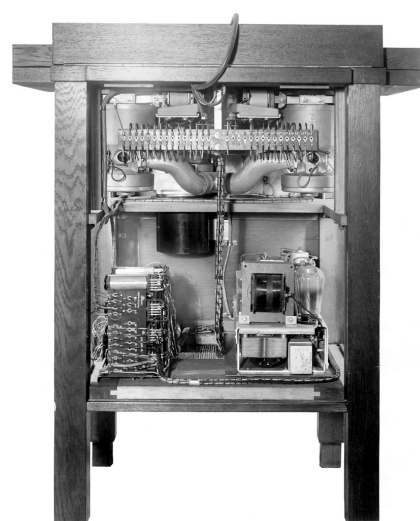


Abbildung 126: Magnetophon FT 3 von hinten. Zu erkennen sind die Belüftungsrohre, die vom Ventilator (am unteren Achsende des Tonmotors) zu den Wickelmotoren führen. Unten links der Relais-Satz für die Fernsteuerung, rechts der Verstärker.

Magnetophon-Nutzer und –Anwendungen

Im Gegensatz zum Gebrauch des Magnetophons in Büros und Schreibzimmern, den anscheinend niemand kommentiert oder geschildert hat, gibt es eine ganze Reihe von Berichten über seine Anwendung im „Alltag“. Es scheint, als hätte AEG seinerzeit jedes erreichbare Schriftstück über Magnetophon-Einsätze archiviert, was leicht dazu führen kann, seine damalige Bedeutung falsch einzuschätzen. Doch solche Archivstücke zeigen, dass das Magnetophon schon in den 1930er Jahren nach und nach dort einzog, wo die unangefochtene Domäne des ausgereiften Systems liegen sollte – und die sie fast bis zum Ende des 20. Jahrhunderts behauptete.

Magnetophonband-Aufnahmen der ersten Entwicklungszeit

Versuche und Messungen sind tägliche Routinearbeit im Entwicklungslabor. Sterile Mess-Signale allein reichen aber für die praxisgerechte Beurteilung nicht aus, sondern der Entwicklungsstand muss möglichst oft an realen Aufgaben, beim Magnetophonband also an Sprach- und Musik-Aufzeichnungen, ermittelt und kritisch verglichen werden. Meist wird der dokumentarische Wert solcher Aufnahmen verkannt, und so hängt es vom Zufall ab, ob sie erhalten bleiben oder nicht. Was Magnetophonband-Muster angeht, ist die Entwicklungszeit leider unzulänglich dokumentiert. Papierbänder, beschichtet mit Hametag-Eisenpulver, von Pfelemer oder aus dem Fernmeldelabor im KWO, sind, abgesehen von einem 20 cm langen Stück, überhaupt nicht mehr erhalten, es wurden lediglich einige Papierbänder mit Sprachproben, vermutlich mit dem Versuchsgerät 3 des KWO festgehalten und um 1965 überspielt.⁸⁴²

Geringfügig besser sieht es beim Carbonyleisen-Band aus. Zwei AEG-Aufnahmen (eine Unterhaltung zwischen Theo Volk (AEG) und Otto Ambros (I.G. Farben) über Probleme der Bandherstellung auf Papier und Celluloseacetat vom Juni 1934 sowie eine weitere Sprachaufnahme, entstanden im KWO bei einem Lokaltermin eines Senats des Reichs-Patentamtes vom April 1935),⁸⁴³ sind ebenfalls nur in Überspielungen bekannt.

Ein weiteres Carbonyleisen-Band gehört zur Sammlung von John T. Mullin (Seite 293), der es nach Kriegsende irgendwo in Deutschland fand und nach Kalifornien verfrachtete. Es trägt nur triviale Messsignal-Aufzeichnungen, und der Wickel, aus dem der Kern herausgefallen ist, hat sich stark polygonal verformt. Ein kurzes Musterstück untersuchte ein Labor der BASF AG Ende 1988 mit dem verblüffendem Ergebnis: „*In Anbetracht der geringen Mengen (≈10 %) an Oxidationsprodukt hat sich das Material über die Jahre als erstaunlich stabil erwiesen.*“⁸⁴⁴ Den größeren Teil dieses Carbonyleisen-Magnetophonbands übergab Mullin zusammen mit seiner umfangreichen Gerätesammlung dem Pavek Museum of Broadcasting, St. Louis Park, Minnesota (USA).

Musik auf Magnetophon-Aufnahmen der I.G. Farben

Körperlich vorhanden, wenn auch nicht mehr abspielbar, ist das Carbonyleisen-Band mit den Versuchsaufnahmen, die am 27. April 1935 im Nationaltheater Mannheim entstanden sind (Seite 89). Es dürfte sich dabei um die erste Magnetband-„live“-Musikaufzeichnung überhaupt handeln, deren dokumentarischen Wert ein klar-sichtiger Kommentar des damaligen Generalmusikdirektors Philipp Wüst (mit anschließender „Aufsprache“ von Ort, Datum und Beteiligten) über Fähigkeiten und Aussichten des Magnetophons bedeutend steigert. Es spricht für die Generosität der Technischen Direktion der I.G. Farben Ludwigshafen, dass sie den Musikern ein nobles Honorar für ihre Darbietungen übersandte.⁸⁴⁵

Friedrich Matthias und Paul Friedmann hatten im Frühjahr 1936 eines der ersten Exemplare des Magnetophon-Modells 1936 (also ein K 2, Bandgeschwindigkeit noch 1 m/s, Geräte-Nummer 1028) erhalten; im Sommer 1936 begann die Fertigung des schwarzen Magnetit-Magnetophonbandes Typ C. Die AEG war so großzügig, den Ludwigshafener Kollegen leihweise eines der damals neuartigen Kondensator-Mikrofone CMV 3 der Berliner Firma Georg Neumann zu überlassen.⁸⁴⁶



Abbildung 127: Das London Philharmonic Orchestra unter Sir Thomas Beecham gastierte am 19. November 1936 im Feierabendhaus der I.G. Farben in Ludwigshafen. Teile des Konzerts wurden auf Magnetophonband aufgezeichnet.⁸⁴⁷ Das benutzte Gerät zeigt Abbildung 100.

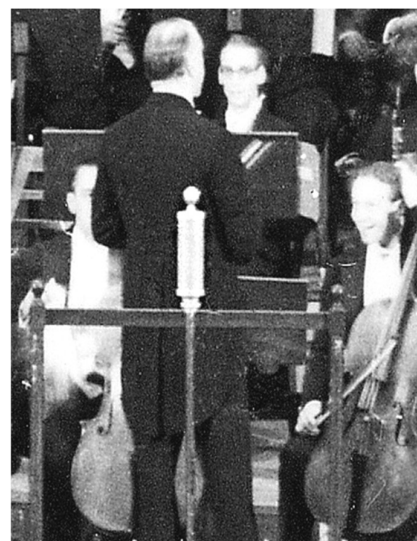


Abbildung 128: Hinter Sir Thomas Beecham steht ein von AEG der I.G. Farben geliehenes Neumann-Kondensatormikrofon.

Die mit Abstand ältesten, populären historischen Aufnahmen auf Magnetophonband entstanden am 19. November 1936, als Sir Thomas Beecham und das London Philharmonic Orchestra während einer Deutschlandtournee im Ludwigshafener „Feierabendhaus“ ein Konzert gaben, auf dessen umfangreichem Programm Werke von Wolfgang Amadeus Mozart bis Frederick Delius standen. Als Toningenieure betätigten sich vermutlich Paul Friedmann und ein Kollege aus dem Elektrolabor, Dipl.-Ing. Koch.⁸⁴⁸ Ob sie das ganze, vermutlich fast dreistündige Konzert aufgezeichnet haben, bleibt offen; erhalten waren jedenfalls nur einige Ausschnitte, darunter vollständig die Sätze II und III der Sinfonie Nr. 39 Es-dur, KV 543, von Wolfgang Amadé Mozart.

Es ist keine authentische Äußerung von Sir Thomas Beecham über den Neuheitswert oder die Qualität dieser Aufzeichnung überliefert. Der wohl verlässlichste Bericht stammt von der gebürtigen Mannheimerin Dr. Bertha Geissmar, langjähriger Sekretärin von Wilhelm Furtwängler und Sir Thomas Beecham:

Im Verlauf des Gespräches ... erzählten ihm [Fachleute der I.G. Farben] auch von einer neuen Methode, Musik auf Film aufzunehmen. Es war ein äußerst interessantes Problem. Sir Thomas, der sich für alle technischen Neuerungen brennend interessiert, vereinbarte sofort mit dem Erfinder, dass ihm das Experiment nach der Probe vorgeführt werden sollte. Das Konzert ... verlief glänzend. Nach Schluß holte der Chefingenieur Sir Thomas in den Versuchsraum ab, und bald war er in die ihm vorgeführte Erfindung so vertieft, als ob sonst auf der Welt nichts existierte.⁸⁴⁹

Kleine Ungenauigkeiten (etwa: Vorführung nach der Probe / nach dem Konzert) beiseite, dürfte sich Beechams erste – und für lange Jahre letzte – Begegnung mit dem Magnetophon wie beschrieben zugetragen haben, immerhin scheint er vom Magnetophon-*Gerät* durchaus beeindruckt gewesen zu sein.⁸⁵⁰ Allerdings kann ihm bei seinem technischen Interesse und geschulten Gehör das erhebliche Gefälle zwischen Wachsplatten- und Magnetophon-Qualität nicht entgangen sein, das anhand der zeitgleichen Aufnahme der Mozart-Oper DON GIOVANNI (Glyndebourne Festival, 29. Juni bis 5. Juli 1936, Leitung Fritz Busch) evident wird,⁸⁵¹ ganz zu schweigen von den ersten Stereo-Schallplattenaufnahmen Beechams (Mozart, Jupiter-Sinfonie C-dur, KV 551) im Jahr 1934.⁸⁵² Was die harten Verzerrungen der Bandaufnahme angeht, muss man Friedmann und Koch zugutehalten, dass ihnen kein vernünftiger Aussteuerungsmesser half: die Magnetophonbänder dürften annähernd bis zur Sättigung ausgesteuert sein. Bei vorsichtigerer Aussteuerung wäre freilich das Bandrauschen und -rumpeln noch stärker hervorgetreten als ohnehin schon der Fall. Die seinerzeit gebotene Dynamik von etwa 34 dB ließ Musikaufnahmen illusorisch erscheinen;⁸⁵³ in richtiger Erkenntnis dieses „*Übelstandes*“ hatten sich die AEG und I.G. Farben ja entschlossen, das Magnetophon nur als Diktier- und Protokolliergerät zu vermarkten.

Mit ähnlichem Ergebnis wie das Beecham-Konzert wurde auch ein Konzert des Saarpfalz-Orchesters mit Edwin Fischer als Solist und Ernst Boehe als Dirigent am 6. oder 7. Januar 1937 aufgezeichnet; Fischer, einer der bekanntesten Pianisten dieser Epoche, spielte „*mit souveräner technischer Meisterschaft und seelentiefer künstlerischer Nachschöpfung das [Beethoven-] Klavierkonzert G-dur (Werk 58)*“⁸⁵⁴ sowie – ungewöhnlicher solistischer Einschub – vier kurze Klavierstücke von Ludwig van Beethoven, darunter das populäre Rondo DIE WUT ÜBER DEN VERLORENEN GROSCHEN. Die Aufzeichnung dieser Interpretationen ist in Teilen erhalten.

Eine untergeordnete Rolle spielte die Aufzeichnung der Musikstücke, die während der Trauerfeier für Carl Bosch am 1. Mai 1940 in Ludwigshafen/Rhein dargeboten wurden. Sie zeigen allerdings deutlich, dass zwischen Ende 1936 / Anfang 1937 und Mitte 1940 die Qualität des Magnetophons (mit Gleichstromvormagnetisierung) hörbar gewonnen hat, sicher auch dank des Fe₂O₃-Magnetophonbands. Abgesehen von der ungünstigen Mikrofonaufstellung (am Rednerpult) und einer hastigen Aussteuerungs-Korrektur, dürften diese Aufnahmen (TRAUERMARSCH AUS GÖTTERDÄMMERUNG von Richard Wagner, gespielt vom Orchester des Nationaltheaters Mannheim unter Ernst Cremer) qualitativ durchaus hochwertigen Rundfunkübertragungen entsprechen. Zwölf Nachrufe prominenter Vertreter aus Industrie, Wehrmacht und Wissenschaft wurden gruppenweise auf acht Bändern aufgezeichnet, woraus zu schließen ist, dass dem I.G. Farben-Werk Ludwigshafen seinerzeit wenigstens zwei Magnetophone – mutmaßlich K 4 – zur Verfügung standen.⁸⁵⁵

Das Magnetophon unterstützt Sprach- und Musikwissenschaftler

Als 1936 das Staatliche Musikinstrumenten-Museum in Berlin in ein neues Haus zog, beschaffte sein Leiter, Alfons Kreichgauer, ein fahrbares Schrankmodell Magnetophon T 2, um besondere Exponate auch dann akustisch vorstellen zu können, wenn gerade kein Experte greifbar war. Ende des Jahres lagen Klangporträts von 40 Instrumenten vor, unter anderem von einem Cembalo aus dem Besitz J.S. Bachs (wie seinerzeit noch irrtümlich angenommen), eingespielt von der bekannten Cembalistin Eta Harich-Schneider (1897 – 1986).⁸⁵⁶

Ethnologen und Musikwissenschaftlern stand seit etwa 1895 / 1900 der Phonograph (in verschiedensten, z.T. instituts-individuellen Bauweisen) als Hilfsmittel für ihre Arbeit zur Verfügung, und so entstanden umfangreiche Archive, etwa in Wien und Berlin. Diffizile Bedienung, Materialprobleme, oft genug honoriert mit allenfalls mäßiger Wiedergabequalität, waren die leidigen Kennzeichen der mechanischen Schallaufzeichnung. Als nun das Magnetophon erlaubte, die magnetische Schallspeicherung mit allen ihren Vorteilen auch bei Feldaufzeichnungen einzusetzen, war es der angehende Musikwissenschaftler Wolfgang Sichardt, der 1936 mit einem Magnetophon K 2 eine Reise zu (damals) abgelegenen Dörfern der schweizerischen Kantone Graubünden und Wallis unternahm, wo er „*älteres und ältestes Melodiegut zu erschließen*“ hoffte, „*das glücklicherweise noch heute wenigstens in einigen abgelegenen Alpentälern sich lebendig erhielt*.“⁸⁵⁷ Sichardt hatte das Gerät von Hans Schepelmann, dem kaufmännischen Leiter der AEG-Magnetophon-Abteilung, ausgeliehen und bespielte insgesamt zwölf Bänder.⁸⁵⁸ Dass Sichardt kurz aufeinanderfolgend über diese Expeditionsarbeit in drei musikwissenschaftlichen Journalen berichten konnte, beweist, wie viel sich die Fachwelt vom Magnetophon versprach (so auch eine Publikation des Volksliedforschers Werner Danckert⁸⁵⁹). Sichardt hat die Ergebnisse der akkuraten Auswertung in seiner Dissertation verarbeitet.⁸⁶⁰ Fritz Bose, Musikethnologe am Institut für Lautforschung der Universität Berlin, benutzte ebenfalls schon 1936 das Magnetophon bei einer Feldforschungsreise in Finnland.⁸⁶¹

Ziel einer etwas größeren Expedition, angeregt vom Sprachwissenschaftlichen Institut der Universität Berlin, waren die abgelegensten Regionen Albaniens. Diplom-Ingenieur und Bergsteiger Leandro Mazzoni, Rundfunksprecher Fred Höger und Betriebsingenieur Fritz Strotbek vom Reichssender Stuttgart reisten im März und April 1939 auf teils abenteuerlichen Wegen und Gefährten durch das Land, begleitet von einem Magnetophon K 6 (Seite 184), dem „*modernsten transportablen Aufnahmegerät*“. Technisch war die Sache schwieriger als gedacht, denn die Bandgeschwindigkeit des R 23 (so die Rundfunkbezeichnung des Magnetophon K 6) war seinerzeit doch stärker von der Batteriespannung abhängig als tunlich, und das beeinträchtigte den wissenschaftlichen Wert der Aufzeichnungen. Die Magnetbänder selbst haben den Zweiten Weltkrieg überstanden und sind in Regensburg archiviert (siehe unten), das Magnetophon K 6 war wohl von der AEG ausgeliehen.⁸⁶²

Was der Doktorand Sichert 1936 aus eigener Initiative und wissenschaftlicher Verantwortung unternommen hatte, wiederholte sich mit erheblichem Aufwand von 1940 bis 1942 vor einem kulturell und politisch fragwürdigen Hintergrund. 1935 war in Berlin das Staatliche Institut für Deutsche Musikforschung (STIDMF) gegründet worden, das „generell mit sämtlichen NS-Organisationen zusammen [arbeitete], die mit der Erforschung bzw. der Pflege deutschsprachigen Kulturguts befaßt waren“,⁸⁶³ darunter die SS-Amtsstelle „Ahnenerbe“. Nachdem in der Folge der „Berliner Vereinbarungen“ zwischen Mussolini und Hitler vom 21. Oktober 1939 die deutsch- und ladinischsprachige Bevölkerung Südtirols sich mit der Option konfrontiert sah, „in ein Gebiet nördlich des Brenners“⁸⁶⁴ umzusiedeln, wurde „das „Ahnenerbe“ der SS mit der Aufnahme und Bearbeitung des gesamten dinglichen und geistigen Kulturguts aller umzusiedelnden „Volksdeutschen“ beauftragt ... Zum Leiter der Gruppe „Volksmusik“ innerhalb der Kulturkommission für Südtirol wurde Alfred Quellmalz bestellt.“⁸⁶⁵ Quellmalz, seit 1939 Leiter der Abteilung II (Volksmusik) des STIDMF, und seine Mitarbeiter „sammelte[n] mit dem damals neuesten und bestentwickelten tontechnischen Gerät, dem Koffermagnetophon Modell K 4 der Firma AEG, Tanzweisen und Spielstücke in Südtirol.“ Die Forschungsarbeiten zwischen Juni 1940 und Mai 1942 erbrachten 337 Magnetophonbänder mit 2.490 protokollierten Tonaufnahmen, die unter teils abenteuerlichen Arbeitsbedingungen entstanden waren – Spannungs- und Frequenzschwankungen waren noch das geringste Übel, aber das Magnetophon K 4 litt erheblich unter den Transporten, zum Teil auf Pferdefuhrwerken, im Januar 1941 sogar auf einem Schlitten „aus zwei glatt behauenen Baumstämmen, die durch Querleisten verbunden waren“⁸⁶⁶ – Bedingungen, die eher dem Tonschreiber d zuzumuten gewesen wären, doch der hätte erst nach Auftragsabschluss zur Verfügung gestanden.



Abbildung 129 (LINKS): Magnetophon Modell K 4, Fabrik-Nummer 1260, 1939 beim Portugiesischen Rundfunk für musikwissenschaftliche Aufnahmen eingesetzt. Auffallend ist, dass das Vormagnetisierungsstrom-Meßgerät durch eine „ausgewachsene“ Umlenkrolle ersetzt ist, über die das Magnetband beim schnellen Umspulen (zwecks Schonung der Magnetköpfe) geführt wurde. Es ist nicht bekannt, ob es sich um eine frühe Serienausführung oder einen nachträglichen Umbau handelt. – K 4 Nr. 1260 ist das älteste derzeit bekannte erhaltene Exemplar dieser Baureihe.

Abbildung 130 (RECHTS): Alfred Quellmalz (Bildmitte vorn) bei den „Ahnenerbe“-Aufnahmen in Dorf Tirol (Südtirol) am 28. Juli 1940. Rechts neben ihm seine Assistentin Gertraud Simon am Magnetophon K 4. Auch bei der Dame am linken Bildrand – mit umgehängter Leica – dürfte es sich um eine Quellmalz-Assistentin handeln.

Im Zug dieser Aktion und einiger vergleichbarer Unternehmungen in Belgien, Galizien, Wolhynien und Schweden kamen rund 500 bespielte Magnetophonbänder zusammen, die nach teils kuriosen Nachkriegs-Umwegen zum Institut für Musikforschung der Universität Regensburg gelangten. Aus dem Bestand der musikwissenschaftlich wertvollen Aufnahmen aus Südtirol ist nach einer aufwendigen Überspielaktion des Phonogramm-Archivs der Österreichischen Akademie der Wissenschaften Wien 2007 unter technisch und organisatorisch optimierten Bedingungen eine kommentierte Auswahl auf CD veröffentlicht worden.⁸⁶⁷

In einer ähnlichen Aktion wurden in Wien Aufnahmen aus Portugal, die der Musikwissenschaftler Armando Leça im Spätjahr 1939 gesammelt hat, auf insgesamt drei CDs wieder zugänglich gemacht. Der Portugiesische Rundfunk hatte damals eines der ersten Magnetophone K 4 mit der Herstell-Nummer 1260 beschaffen können; zu dem gut konservierten Gerät gehört auch eine umfangreiche technische Dokumentation, die wertvolle Hinweise auf die Entwicklungsgeschichte des Magnetophons K 4 liefert, sowie zahlreiche Gerätefotos in bester Qualität.⁸⁶⁸

Auch das „Zentralarchiv der deutschen Volkserzählung“ in Berlin (nach dem Zweiten Weltkrieg in Marburg) besaß seit Anfang 1937 ein Magnetophon K 2 oder K 3.⁸⁶⁹ Der Leiter des Archivs, Gottfried Henßen, setzte es für seine umfangreichen volkskundlichen Arbeiten ein, musste seine Tätigkeit jedoch abbrechen, als sein Institut in den Interessensbereich des SS-„Ahnenerbes“ geriet. Die Magnetbänder – nicht jedoch das Aufnahmegerät – sind gegen 1948 nach Marburg gekommen, ein Teil wurde inzwischen auf andere Träger überspielt.⁸⁷⁰

Ein später Bericht über eine „zivile“ Anwendung findet sich noch 1942; er zeigt, dass das Berliner „Institut für Lautforschung“ zur Beantwortung diffiziler phonetischer Fragen immer noch (siehe oben) ein Magnetophon einsetzte. Eines der angewandten Verfahren – Lautausschnitte mittels Löschen der vor- und nachlaufenden Band-

stücke mit einem Hufeisenmagneten zu isolieren – dürfte kaum betriebssicher gewesen sein, wenn es auch, wie der Verfasser meint, „bei der hohen Laufgeschwindigkeit ... auf einige Millimeter nicht ankommt.“⁸⁷¹

Ungeachtet ihrer streckenweise suspekten Entstehungsgeschichte sind die erhaltenen Bänder von hohem musik- und sprachwissenschaftlichen Wert. Was über den STIDMF-Bestand geschrieben wurde, dürfte ohne besondere Abstriche auch für vergleichbare Sammlungen gelten:

Der enorme wissenschaftliche Wert aller dieser Aufnahmen liegt in dem Umstand, dass sie in einer Zeit hergestellt wurden, aus der nur sehr spärlich Tondokumente der Forschung zur Verfügung stehen. Insbesondere die Südtirolsammlung ist schon wegen ihres kompendienhaften Charakters ein Dokument von einzigartiger wissenschaftlicher Bedeutung. Hierzu gesellt sich noch der methodisch interessante Aspekt, dass die Aufnahmezeit bei der magnetischen Bandaufzeichnung nicht so stark limitiert ist, wie dies bei Schallplatten- oder gar Phonographenaufnahmen der Fall ist. Es ist daher anzunehmen, dass den auf Band überlieferten Dokumenten nicht der beispielhafte und auszugsweise Charakter anhaftet, der Aufnahmen auf mechanischen Tonträgern oft realitätsfern macht.⁸⁷²

Herztöne auf Magnetophonband

In vielen Medizinbereichen ist das Stethoskop unverzichtbares Hilfsgeschäft des Arztes, weil ihm typische Körpergeräusche die Diagnose erleichtern oder erst ermöglichen. Nur: wie sollen angehende Ärzte diese Kenntnisse und Fähigkeiten erwerben? Folgerichtig wurde seit den Anfängen der Schallaufzeichnung versucht, zur Forschungs- wie zu Lehr- und Lernzwecken beliebig oft reproduzierbare Sammlungen beispielsweise von Herztönen zusammenzustellen, die auch sichere Diagnosen ausgefallener Krankheitsbilder ermöglichen. Schon 1911 findet sich in einem Fachbuch „Die Registrierung des Herzschalles“ ein kurzer bebildeter Hinweis auf die mögliche „Magnetische Fixierung der Schallschwindungen (Poulsen 1898)“; ein Bild zeigt das Poulsen'sche Draht-Telegraphon in der von Hytten 1907 beschriebenen Bauform (Abbildung 18), ohne dass der Verfasser – verständlicherweise – näher auf Verwendbarkeit dieses Geräts für medizinische Zwecke eingeht.⁸⁷³

Also stellte sich erst das Magnetophon als Verfahren der Wahl heraus, und das praktisch seit seinen ersten Jahren. Bahnbrechende Arbeiten hat auf diesem Gebiet der Herzspezialist Arthur Weber in Bad Nauheim in Zusammenarbeit mit der AEG geleistet. Weber (1879 – 1975), zeit seines Berufslebens hochangesehener Mediziner, schreibt über den Wert solcher Aufzeichnungen:

Beim Abhören des Kranken treffen wir oft auf schwer deutbare Erscheinungen, die zu flüchtig sind, um sie bei der verwirrenden Fülle mit unserem sichtenden Gehirn abwägend registrieren zu können. Das ist aber möglich durch ruhiges Studium der Schallkurve und immer wiederholtes Abhören des Magnetophonbandes. So kommt man zu Einsichten, die das Hörrohr allein uns nicht vermitteln kann.

Mit dem Magnetophon, so Weber weiter,

... war es nun ein leichtes, Herzschallkurven aufzunehmen, die unseren Ansprüchen vollständig genügten. Die auf dem Band magnetisch festgehaltene Herzschallkurve kann beliebig oft wieder in Schall zurückverwandelt werden.⁸⁷⁴

Hans Schießler erinnert sich an die Zusammenarbeit, wobei er die technischen Details nur skizziert:

Wir haben angefangen, normal aufzunehmen und die Maschine langsam wiedergeben zu lassen, dann kam langsam die variable Bandgeschwindigkeit als neue Variante hinein. Schließlich haben wir angefangen, das ultrasonisch zu machen – der Verstärker ging bis 3 Hz herunter.⁸⁷⁵

Die Phonokardiographie, also die „optische und magnetische Niederschrift des Herzschalls“,⁸⁷⁶ wurde seit den 1950er Jahren stetig weiterentwickelt.⁸⁷⁷ Arthur Weber benutzte um diese Zeit ein Grundig-Tonbandgerät „Reporter“. – Nach der Jahrtausendwende hatten sich daraus hochspezialisierte analoge Apparate entwickelt, die auf einer üblichen Compact-Cassette C 60 bei einer Bandgeschwindigkeit von 1 mm/s einen Frequenzumfang von 0,05 Hz bis 100 Hz mit 24 h Aufzeichnungsdauer abdeckten. Zur Wiedergabe und Auswertung liefen die Bänder mit 5 ... 25 cm/s, so dass die Auswertzeit bis auf 25 min zurückging.⁸⁷⁸

Aufnahmen von zeitgeschichtlichem Wert

Nachdem schon während der Funkausstellung 1935 „höhere Dienststellen der NSDAP (z.B. Reichsparteitagsleitung Nürnberg, Gauleitung München usw.)“⁸⁷⁹ Interesse gezeigt hatten, überrascht es nicht, auch in dieser Umgebung Magnetophone anzutreffen. So verfügte der NSDAP-eigene „Reichsautozug Deutschland“, eine motorisierte Propaganda-Schwadron von etwa 80 Fahrzeugen „vom Bürowagen über Fernmeldezentrale bis hin zum Regie- und Kommandowagen“,⁸⁸⁰ auch über Magnetophone,⁸⁸¹ möglicherweise bereits ab 1935, mit Sicherheit ab 1936, was eindeutig beschriftete Karton-Aufkleber von Magnetbandaufnahmen vom Reichsparteitag 1936 beweisen, die das Bundesarchiv Koblenz aufbewahrt.

Theo Volk war 1935 nach Nürnberg gereist, um während des „Reichsparteitags der Freiheit“ (10. bis 16. September 1935) Aufnahmen zu machen, wobei offen ist, ob er dafür einen Auftrag der AEG oder einer NSDAP-Stelle hatte. Die AEG besaß zumindest Kopien der Aufzeichnungen, die Willi Patzschke einen halbwegs eleganten Abgang aus einer peinlichen Situation erlaubten: Die einflussreiche Technisch-Literarische Gesellschaft (TELG, Seite 83) hatte nämlich am 12. November 1935 eine „praktische Vorführung des Magnetophon-Schrankapparates“ angesetzt, wobei Patzschke in zwei Anläufen nur „technisch unvollkommen[e]“ Aufnahmen gelangen – dabei dürfte ihm eher der später selbst Amateuren bekannte „Partyeffekt“,⁸⁸² weniger ein technischer Mangel des Magnetophons in die Quere gekommen sein. Die Wiedergabe einer Goebbels-Rede soll dagegen einwandfrei gewesen sein (beziehungsweise sie dürfte sich der Kritik entzogen haben ...).⁸⁸³

Insgesamt haben Dienststellen der NSDAP das Magnetophon freizügig benutzt. Zu den makabren Höhepunkten gehört eine Bandaufnahme von Hitlers Rede im Bürgerbräukeller vom 8. November 1938, die er wenige Minuten (weil er wegen Nebels nicht mit dem Flugzeug, sondern mit der Bahn nach Berlin zurückreisen musste) vor der Explosion einer Bombe beendete, die der Schreiner Georg Elser, ein lange verkannter Widerstandskämpfer, in einer Säule unweit des Rednerpults eingebaut hatte ⁸⁸⁴ – zu den acht Todesopfern gehörten auch zwei Mitarbeiter des „Reichsautozugs Deutschland“. ⁸⁸⁵ Hatte Hitler hier nur eine seiner üblichen Tiraden vor „alten Kämpfern“ gehalten, sprach Heinrich Himmler in seiner berüchtigten Posener Rede am 4. Oktober 1943 vor SS-Gruppenführern konkret über die grausige Realität des Holocausts. Diese über dreistündige Manifestation der Unmenschlichkeit wurde anscheinend sowohl auf Magnetband als auch auf Schallfolien aufgezeichnet, ohne dass zuverlässig bekannt ist, wo sich die Magnetband-Aufzeichnung derzeit befindet. ⁸⁸⁶

Eine Magnetophon-Truhe in der I.G.-Vorstandsetage?



Abbildung 131: Die Vokabel „goldenes Magnetophon“ für repräsentative bis protzige Geschenke kam wohl erst Mitte der 1950er Jahre auf (Seite 317), allerdings hat es schon Jahre früher Vorläufer gegeben, beispielsweise eine aufwendige, wie auch immer verrechnete Sonderanfertigung. So ist auch ein, sozusagen „goldbraunes“, Exemplar im Bild dokumentiert: ein auf Rollen laufender, voluminöser Musikschränk mit Rundfunkempfänger und eingebautem Magnetophon K 4. Der prominente Auftraggeber beziehungsweise Empfänger war Wilhelm Rudolf Mann (1894 ... 1992), SA-Sturmführer und von 1934 bis 1945 Vorstandsmitglied der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Werk Leverkusen. Sein Verhalten während der NS-Zeit war durchaus fragwürdig. ⁸⁸⁷ Dienstlich hatte er, soweit bekannt, mit der AEG im Allgemeinen und dem Magnetophon im Besonderen nichts zu tun, ebenso wenig weiß man, zu welchem Zweck (Rundfunkmitschnitte?) er die Anlage beschafft hat.

© Archiv GFGF

Das Magnetophon in der AEG-Werbung

In einem Werbeprospekt von 1939 zählt die AEG auf, wer Magnetophone für welche Zwecke benutzte:

Kaufleute, Industrielle und Finanzleute zur Erledigung ihrer Korrespondenz, zur Aufzeichnung von Telefongesprächen und zur Konferenzaufnahme, politische Ämterstellen, Behörden und Ministerien für die gleichen Zwecke, Veranstalter von internationalen Kongressen, vor allem auch solchen mit ausländischen Rednern, sowie Fachorganisationen. Stadtverwaltungen, darunter die der Reichshauptstadt, zur Aufnahme von Sitzungen und besonderen Veranstaltungen, Industrierwerke zur Verwendung im Werkfunk mit beliebiger Wiedergabe über die Groß-Lautsprecher-Anlage, wissenschaftliche Institute auf dem Gebiete der Sprachforschung, Lautforschung und volkskundlichen Arbeit und Psychologie, weiterhin physikalische Laboratorien zur Aufzeichnung von Schall verschiedener Art, Gesellschaften und Handelsfirmen zur Verwendung in der Vertreterschulung, politische Organisationen zur Aufnahme von Schulungstagungen, wichtigen Reden und dgl., z. B. das Organisationsamt der Deutschen Arbeitsfront, der Reichsautozug Deutschland, der Reichsstand des Deutschen Handwerks u. a., Presse und Nachrichtenbüros zur Aufnahme von Meldungen ohne zeitraubendes Stenogramm und unter Ausschaltung jedes Hörfehlers, Elektrowerke für Kontrollzwecke in Umschaltwerken, Privatleute für Sprach- und Musikaufnahmen in der Familie und im Bekanntenkreis, für Aufnahme interessanter Rundfunksendungen und dgl., Tonstudios für Sprach- und Tonproben, medizinische und andere Institute zur Aufzeichnung wissenschaftlicher Vorträge, insbesondere auch bei Tagungen und Kongressen. ⁸⁸⁸

Auffällig ist, dass in dieser Revue die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft nicht namentlich genannt, sondern, wenn überhaupt, nur indirekt erwähnt wird („Tonstudios für Sprach- und Tonproben“), wohl deswegen, weil RRG das so unerhört vielseitige Gerät seinerzeit erst für untergeordnete Produktionen einsetzte (Seite 189). Angesichts der enormen Verluste durch Kriegs-Ereignisse und -Folgen ist immerhin erstaunlich, dass sich noch Jahrzehnte später einige Aussagen der AEG-Werbetexter bestätigen lassen.

Magnetophone auf Nordkurs

Nach 1936 in Berlin sollten die Olympischen Spiele 1940 in Helsinki ausgetragen werden, und so stand der Finnische Rundfunk 1939 schon mitten in den nachrichtentechnischen Vorarbeiten für dieses (bekanntlich auf 1952 verschobene) Großereignis. Weil es nur zehn rundfunktüchtige Kabelverbindungen von und nach Helsinki gab, war abzusehen, dass viele Reportagen und Berichte nur zeitversetzt durchgegeben werden konnten. Um hier Engpässe zu vermeiden, bestellte der finnische Rundfunk nicht weniger als 40 Magnetophon-Anlagen ⁸⁸⁹ (etwa so viele, wie bei RRG seinerzeit vorhanden waren; die gleiche Anzahl von Textophonen war 1936 bei den Olympischen Spielen in Berlin eingesetzt). Schließlich gingen im Januar 1939 ganze zwölf Magnetophone (vermutlich Drei-Koffer-K 4-Anlagen) und relativ wenige Bänder nach Helsinki, die während des Kriegs und danach immer wieder neu bespielt wurden, jedoch zum Teil im Archiv überlebt haben. ⁸⁹⁰

Nicht mehr in allen Einzelheiten ist aufzuklären, wie viele dieser Magnetophone seinerzeit an den Schwedischen Rundfunk (Radiotjänst) Stockholm weitergegeben wurden. Kennengelernt hatten schwedische Rundfunktechniker das K 4 allerdings schon im August 1939, also praktisch mit Auslieferungsbeginn. Der oben genannte Alfred Quellmalz wollte anlässlich eines volkmusikkundlichen Kongresses Anfang August 1939 in Stockholm Aufnahmen machen, für die ihm die AEG nach einigem Hin und Her ein Exemplar des „Modells K 4“ auslieh. Erst vor Ort stellte sich heraus, dass in dem vorgesehenen Museumsgebäude nur ein Gleichstromnetz installiert war, und so sprang der Schwedische Rundfunk ein.⁸⁹¹ Diesem Umstand ist das älteste bekannte Bild eines K 4 im Betrieb zu verdanken; es zeigt einen Redakteur und zwei Techniker bei der Arbeit. Die Maschine Nr. 1297 musste Quellmalz, der sie gern behalten hätte, „auf Grund vordringlicher Lieferungsverpflichtungen“ an die AEG zurückgeben.⁸⁹²



Abbildung 132: Das Magnetophon K 4 Nr. 1297 beim Schwedischen Rundfunk Stockholm, 1939. Vorn mit Kopfhörer: Henrik Hahn, Redakteur, Zeitungs- und Rundfunkreporter, dahinter zwei Ingenieure des Radiotjänst.

Zu ihrem Bedauern hatten die schwedischen Rundfunkleute aus Finnland allerdings nur einen winzigen Bestand an Geräten und Magnetband bekommen, und so beauftragten sie in den frühen 1940er Jahren die schwedische AEG-Niederlassung, zehn R 22(a?) nachzubauen. Der Anlauf endete in einem Desaster, die unbrauchbaren Produkte verschwanden bis 1948 in einem Abstellraum. Das änderte sich, als sich der ausgewiesene Magnetton-Experte Karl-Erik Gondesén von Nordwestdeutschen Rundfunk Hamburg (seine Mutter war Schwedin) zwei Wochen in Stockholm aufhielt und seine Kollegen mit den Feinheiten der Geräte-Konstruktion und -Wartung vertraut machte – Erfahrungen aus der Reichs-Rundfunk-Zeit kamen so dem Radiotjänst zugute.⁸⁹³

Ein „Führer“-Monolog auf Magnetophonband

Auf zwei der nach Finnland gelieferten Magnetophone wartete eine fast einmalige Aufgabe. Historisch bedeutsam wurde nämlich eine Aufnahme des finnischen Rundfunks vom 4. Juni 1942, dem 75. Geburtstag des finnischen Oberkommandierenden Carl Gustav Mannerheim. Überraschend hatte sich auch Adolf Hitler zu den Feiern angesagt und kam nach nur einem Tag „Vorwarnzeit“ mit einer viermotorigen Focke Wulf Fw 200 von Rastenburg (Ostpreußen) auf dem Militärflugplatz Immola an, nahe Imatra im Südosten Finnlands. Der finnische Rundfunk hatte seinen Toningenieur Thor Damen und zwei Magnetophone zu Mannerheims Salon-Eisenbahnwagen beordert, wo er zunächst die offizielle Ansprache festhielt und danach, durchaus unter persönlichem Risiko, ein Gespräch zwischen Mannerheim und Hitler – besser gesagt: einen Monolog des „Führers“ – aufzeichnete. Allem Anschein nach hat Damen das Gespräch auf beiden Magnetophonen gleichzeitig aufgenommen, so dass zwei nahezu identische Bandaufnahmen vorliegen.⁸⁹⁴ Sie gelten als das einzige Tondokument, das Hitlers Stimme in normaler Sprechweise und Tonlage überliefert (und zeigt nebenbei, dass auch Hitler zum Subjekt einer „Abhöraktion“ wurde, wie später Churchill und Roosevelt). Nur konsequent, dass sich der Schweizer Schauspieler Bruno Ganz mit Hilfe dieser Aufzeichnungen auf seine Hauptrolle in dem Film „DER UNTERGANG“ (2004) vorbereitete.⁸⁹⁵ Die finnische Aufzeichnung ist mittlerweile als Tondokument und auszugsweise in (englisch-sprachigen) Abschriften zugänglich.⁸⁹⁶

„Reichsautozug Deutschland“ – Abgang mit Nachhall

Diese Arbeit kann nur wenige zeitgeschichtlich bedeutende Aufzeichnungen würdigen, also nicht die Bestände des Bundesarchivs Koblenz oder des Deutschen Rundfunkarchivs beschreiben. Daher soll diese Übersicht ein letztes, markantes Beispiel abschließen.

Was wurde nicht alles vergraben, in Gebirgsseen versenkt oder in Stollen eingemauert, als nach 1943 in Umrissen abzusehen war, welches Ende das „Tausendjährige Reich“ nehmen würde. Und was für Sensationsgeschichten füllten seit den 1950er, 1960er Jahren selbst die seriöse Presse, wenn etwa (von englischen Kriegsgefangenen in Konzentrationslagern) gefälschte Pfund- wie Dollarnoten in Massen aus dem Toplitzsee auftauchten, Schatzgräber wie Schatztaucher die vermeintliche Alpenfestung plündern wollten – selbst der, durchaus hochumstrittene, spätere BND-Chef Gehlen vergrub kistenweise mikroverfilmte Wehrmachtsakten ... Kein Wunder, dass auch Magnetophonband- und Schallplatten-Aufnahmen für „die Ewigkeit“ gesichert werden sollten.

Also verlegte auch „Reichslautsprecherführer“ Hermann Schäfer,⁸⁹⁷ Kommandant des „Reichsautozugs Deutschland“, die Restbestände dieses Propaganda-Monstrums im Frühjahr 1945 weiter nach Süden, als die US-Armee schon weit nach Bayern vorgerückt war. Einige Wagen ließ Schäfer mit Tonaufnahmen aus dem Archiv der Reichspropagandaleitung München – der auch der Reichsautozug unterstellt war – beladen, insgesamt wohl mit deutlich mehr als einer Tonne Material. Ziel der Absetzbewegung scheint Rottach-Egern am Tegernsee gewesen zu sein, oder besser, die damals noch unvollendete Wallbergstraße, 1935 von österreichischen SA-Männern gebaut, die sich nach einem gescheiterten Putschversuch 1934 in bayerische Sicherheit gebracht hatten.⁸⁹⁸

Ende April, Anfang Mai 1945 fand der Reichsautozug hier sein krachendes, wenn auch kaum beachtetes Ende. Zeitzeugen haben damals etliche der Fahrzeuge auf dem Weg zur Wallbergstraße gesehen; was die Besatzung vorhatte (ob es einen Tunnel oder Stollen am Straßenende gab?) und ob sie dort von einem Luftangriff überrascht wurde, weiß jedoch niemand. Jedenfalls kamen die LKWs von der Straße ab, stürzten nahe einer schwer zugänglichen Schlucht einen Abhang hinunter, blieben an Baumstämmen hängen und verloren dabei Teile des Transportguts. Ob in den Wracks noch Ladungsreste blieben, ist unbekannt; jedenfalls sah kein Fahrer oder Begleiter, dass ein Teil der Ladung noch weiter den Hang hinuntergeschlittert war. 1946 sammelten Bergetrups der US-Armee den verwertbaren Schrott ein, alles andere blieb, gesehen oder nicht, erst einmal liegen.⁸⁹⁹

Rund fünfzehn Jahre dauerte es, bis wieder vom Reichsautozug zu hören war. Die deutsche (1992 eingestellte) Illustrierte Quick hatte Ende der 1950er Jahre Wind davon bekommen, dass einem gewissen Hans Strohschneider aus Rottach-Egern, Modelltischler von Beruf, Relikte des „Tausendjährigen Reichs“ in die Hände gefallen waren. Mit Ergebnis wie Umfang ihrer Recherchen überfordert, mussten die Quick-Redakteure ihr Material dem Wissenschaftler Friedrich August Krummacher und dem Publizisten Horst Siebecke überlassen.⁹⁰⁰ Die Beiden konnten sich in langen Verhandlungen das Vertrauen Strohschneiders erarbeiten. Er schilderte ihnen seinen Fund unterhalb des Wallbergstraßen-Endpunkts, der ihn seit den 1950er Jahre in Atem gehalten hatte. Strohschneider hatte beträchtliche Mengen ihm zunächst unbekannter Dinge gesichtet, die sich nach und nach als Tonbänder und Schallplatten oder deren „Vorstufen“ herausstellten, nämlich Chrom-Nickel-Platten und Preßmatrizen.⁹⁰¹

Ob nun legal oder auch nur legitim: Strohschneider transportierte, wegen unerwünschter Mitwisser meist im Schutz der Dunkelheit, seine Funde nach Hause. Es muss ein erhebliches Chaos gewesen sein, was da den Abhang hinunterpurzelt war, nach Jahren im Freien überdeckt von Laub und Erde und teils in Schnee eingefroren. Jedenfalls hat Strohschneider Jahre damit verbracht, Magnetband-Torsi und Platten zu reinigen, eine erste Übersicht zu erstellen und sich mit selbstgebauten Apparaturen eine Vorstellung vom Inhalt der Tonträger zu verschaffen, die zum Verdruss seiner Frau nach und nach jeden freien Raum seines Hauses verbarrikadierten.

Was er zu hören bekam, bewies, dass ihm ein Fund beachtlicher zeitgeschichtlicher Größenordnung gelungen war: neben Reden weniger bedeutender NSDAP-Funktionäre fanden sich längere Mitschnitte der Volksgerichtshof-Verhandlungen (beziehungsweise Prozessfarcen) nach dem Attentat auf Hitler vom 20. Juli 1944 unter Vorsitz des berüchtigten Roland Freisler. Andere Bänder enthielten eine Rede Heinrich Himmlers vor SS-Offizieren von August 1944 (nicht zu verwechseln mit der oben genannten Himmler-Rede von 1943).

Ende Februar 1960 gelang es Krummacher und Siebecke, die Bestände im Haus Strohschneider gegen einen namhaften Betrag zu erwerben und abzutransportieren. Das Material, nicht weniger als eine Tonne, kam zunächst in das Archiv des Deutschen Rundfunks (dem heutigen Deutschen Rundfunkarchiv) nach Frankfurt, wo es fachgerecht erfasst und gesichert wurde. Es ist nicht ohne leichte Ironie, dass die wesentliche Arbeit Hans Joachim Weinbrenner (1910 bis 1995) leistete, ein Fachmann, der zu braunen Zeiten im Ministerium Goebbels gearbeitet hatte, sich dort allerdings nachweislich honorig verhalten, so unter anderem dem verfeimten Hans Bredow aus einer kritischen Situation herausgeholfen hatte; von 1965 bis 1971 war Weinbrenner Direktor des Deutschen Rundfunkarchivs.⁹⁰²

Nun erst stellte sich der tatsächliche zeitgeschichtliche Wert der Strohschneider-Funde heraus. Da die seinerzeit aufgenommenen Stenogramme der Volksgerichtshof-Prozesse verbrannt sind, klärten erst die Tonaufnahmen die Prozessführung Freislers in ihrer ganzen brutalen Atmosphäre. In der zugehörigen Dokumentation heißt es: „Beim Abspielen der Tonbänder zeigt sich besonders deutlich – wie es eine Niederschrift allein nicht bewirken kann – die Atmosphäre der damaligen Gerichtssprechung, die Gesetzlosigkeit in die Tat umsetzte und die Angeklagten einer oft grausamen Willkür auslieferte.“⁹⁰³ Die Schallplattengesellschaft Ariola-Athena hat Auszüge dieser Aufnahmen veröffentlicht, als Buch wurden Teile unter dem Titel „Es spricht der Führer“ / 7 exemplarische Hitler-Reden“ publiziert.

Einen anderen Fundteil hat die Wissenschaftlerin Hildegard von Kotze veröffentlicht, und zwar eine Rede Goebbels' vor Offiziersanwärtern im Juli 1943. Der Inhalt tut weniger zur Sache (anscheinend eine Standardrede). Der Kommentar der Herausgeberin liefert einen präzisen Maßstab für die Bedeutung solcher Tonaufnahmen:

... so gilt das vordringlich für die Artikulation, die rhetorische Ausdrucksfähigkeit des Redners, die dem Leser des Redetextes selbstverständlich verlorengehen, vornehmlich jenen unter ihnen, die Goebbels selbst niemals haben sprechen hören und so nicht einmal in der Lage sind, seinen Tonfall dem Text sozusagen zu unterlegen. Es erweist sich schließlich als unmöglich, den rhetorischen Stil aus dem gedruckt überlieferten Text einer Rede beurteilen zu wollen. Das Temperament des Sprechenden erst, das – wenn auch gespielte – Engagement, mit dem er Gesinnungen weckte und lenkte, Kräfte aktivierte, um sich die Stoßkraft des auf ein Ziel dirigierten menschlichen Willens zunutze zu machen, vordringlich das sind die Quintessenzen auch dieser Rede ...⁹⁰⁴

Mit dem Strohschneider-Fund ist die Nach-Geschichte des Reichsautozugs allerdings noch nicht zu Ende, die Fortsetzung zeigt durchaus skurrile Züge. Der „Reichslautsprecherführer“ Hermann Schäfer dürfte nämlich nicht nur die größeren Einheiten des Reichsautozugs auf die Wallbergstraße kommandiert haben, er wurde in einer folgenreichen Einzelaktion – oder einem Teil einer geplanten größeren Unternehmung? – auch solistisch aktiv. Aus dem Archiv der Reichspropagandaleitung suchte er Magnetbänder zusammen, ließ die Inhalte auf Chrom-Nickel-„Väter“ überspielen und davon noch Preßmatrizen („Mütter“) anfertigen. Zusammen mit anderen Plattenaufzeichnungen wurden diese Tonträger, teils als „von Ewigkeitswert“ klassifiziert, in elf Eisenkas-

setten unbekannten Volumens eingeschweißt. Wie von einem Magneten angezogen, transportierte Schäfer die Ladung auf der Wallbergstraße bergauf bis zu einer Stelle nahe Strohschneiders Fundort. Fast zwanzig Jahre lang schwieg er sich darüber aus.

1964, vielleicht als Reaktion auf die als „Wallbergfund“ bekanntgewordenen Publikationen, wandte sich auch Schäfer an die Illustrierte Quick. Er muss ein gutes Ortsgedächtnis bewahrt haben, denn er fand die Eisenkassetten, vergraben und getarnt, noch an Ort und Stelle – allerdings nur noch acht von elf. Dass drei Kisten mit dem Vermerk „Ewigkeitswert“ spurlos verschwunden waren (und blieben), kommentierte Schäfer mit „unglaublich“ – kein Wunder bei einem Mann, der die *Tausend Jahre* in unmittelbarer Nähe Hitlers, mit allen damit verbundenen Privilegien, verbracht hatte. Die Eisenkassetten enthielten, soweit bekannt, teils Duplikate der Strohschneider-Funde, teils waren es historisch eher unergiebigere Aufzeichnungen. Sie werden heute im Bundesarchiv Koblenz aufbewahrt; der Strohschneider-Bestand liegt im Deutschen Rundfunkarchiv Frankfurt. – Auch das Bundesarchiv besitzt einen Bestand von Magnetbändern, durch Aufkleber „Reichsautozug Deutschland“ eindeutig gekennzeichnet – vielleicht haben ihn US-Soldaten aus der weitgehend unzerstörten Reichspropagandaleitung in München geborgen.⁹⁰⁵

„Kundenlisten“ der Magnetophon GmbH und der I.G. Farben

Dem Verlust großer Teile des AEG-Archivs sind auch Geschäftsunterlagen zum Opfer gefallen, mit denen sich Umsätze und Käuferkreise des Magnetophons rekonstruieren ließen. Es bleiben also nur die schon aufgeführten, mehr oder weniger zufälligen Nennungen. Dazu gehört auch eine kurze Aufstellung, an welche Unternehmen die Magnetophon G.m.b.H. (Seite 208) 1943 Geräte „zu Versuchs- und Propagandazwecken“ verliehen hatte. Zu den bekannten zählen die Filmstudios UFA ebenso wie die TOBIS und Telefunken-EIA. Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR) ist genannt, wenn auch nicht das ausgeliehene Gerät, es könnte ein Hinweis auf den „Sonder“-Tonschreiber e sein, der auf Seite 146 wieder erscheint. Unbekannt sind ein „Elektrotechnisches Labor von Zinnow“ sowie ein „Entwicklungs-Institut für vollautomatische Steuerungen“ (möglicherweise Tarnbezeichnungen).⁹⁰⁶ Aufschlussreicher ist ein Konto-Korrentauszug der Magnetophon G.m.b.H. vom 30. September 1944, er nennt gut 50 Dienststellen bei Wehrmacht, Reichspost, diversen Ministerien, NSDAP beziehungsweise SS, die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft sowie mehrere Firmen wie Siemens & Halske und Messerschmitt AG. Die Liste muss nicht unbedingt den kompletten Kundenkreis aufführen, da sie eben nur die Geschäftspartner erfasst, bei denen Rechnungen offen standen; man kann davon ausgehen, dass hier Magnetophone im Einsatz waren.⁹⁰⁷

Dass das „Reichssicherheitshauptamt“, eine Machtzentrale der SS, in dieser „Kundenliste“ nur mit einem Kleinstbetrag erscheint, könnte ein Indiz mehr dafür sein, dass man dort vorwiegend Stahldraht-Textophone, weniger Magnetophone, benutzte (Seite 34). Am anderen Ende der Bekanntheits-Skala rangieren die Magnetophon-Kunden „Forschungsanstalt der deutschen Reichspost Berlin“, „Forschungshauptleitstelle RLM Berlin-Charl.“ und der „Sonderdienst Seehaus, Ausw. Amt, Bln.-Wannsee“. Ihre Aufgaben sind weiter unten dargestellt.

Bei I.G. Farben Ludwigshafen kannte man nach einem Bericht von 1945 folgende Abnehmer, die freilich nach Lage der Dinge nicht von Ludwigshafen, sondern von der Magnetophon G.m.b.H. beliefert wurden:⁹⁰⁸

Auswärtiges Amt – das „Seehaus“, offiziell	„Rundfunktechnische Versuchsanstalt“	(Seite 141)
Autozug Deutschland	der „Reichsautozug Deutschland“	(Seite 113)
Gauleitung Tirol	Verwendungszweck unbekannt	
I.G. Leverkusen	Verwendungszweck unbekannt	
I.P. Bamberg	diese Institution ist bisher nicht bekannt	
Interradio –		
(Deutsche Auslands-Rundfunkgesellschaft Interradio AG)		(Seite 141)
Messerschmitt Augsburg	Verwendungszweck unbekannt	
NSDAP München	Verwendungszweck unbekannt	
Ordensburg Sonthofen	Verwendungszweck unbekannt	
Physikalisch-Technische Reichsanstalt Berlin		(Seite 172)
Reichsmin. Berlin	nicht aufzuklären	
Reichspost Berlin – („Forschungsanstalt der deutschen Reichspost Berlin“?)		(Seite 142)
Reichspost Prag	Verwendungszweck unbekannt	

I.G. Farben: Magnetophonband 1935 bis 1939

Investitionsplanungen und Organisatorisches, Sommer 1935

Wegen der Absage der Magnetophon-Premiere 1934 konnte I.G. Farben Ludwigshafen die anstehende Entscheidung, welche Investitionen notwendig wären und wie ein Vertrag mit der AEG ausgestaltet werden sollte, um ein Jahr aufschieben. Als sich nun die AEG aber anschickte, das Drei-Motoren-Gerät nach Zeichnungen zu bauen und mithin abzusehen war, dass der offizielle Start des Magnetophon-Systems ein Schwerpunkt der AEG-Exponate auf der Funkausstellung 1935 sein würde, war die Zeit reif, die Magnetophonband-Serienproduktion in Ludwigshafen ins Auge zu fassen.

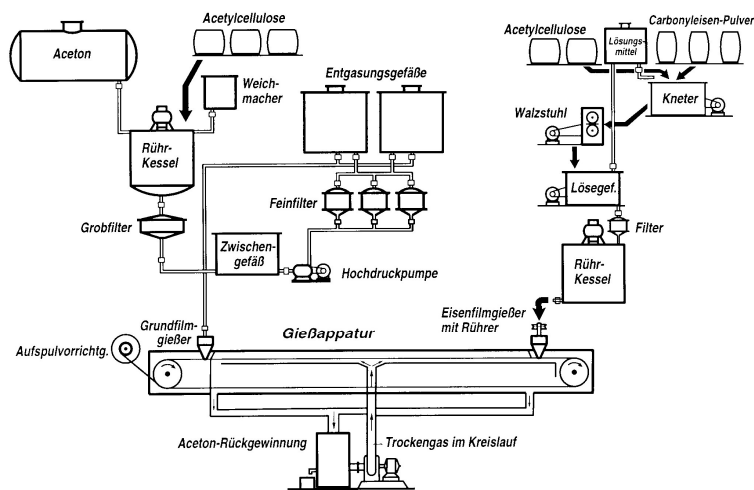


Abbildung 133: Schema der Magnetophonband-, „Versuchsfertigung“ in Ludwigshafen im Jahr 1935.⁹⁰⁹ Das Grundschemata galt auch für die Betriebsgießmaschine, die im Sommer 1936 ihre Arbeit aufnahm.

„Acetylcellulose“ ist die seinerzeitige Bezeichnung für Celluloseacetat.

Standardbauteile chemischer Verfahrenstechnik am Lager waren, gewinnt man daraus doch einen nachhaltigen Eindruck von der Arbeit, die Friedrich Matthias und Paul Friedmann in den vergangenen zweieinhalb Jahren geleistet hatten. Entsprechend gut waren beide für eine erste Besprechung am 17. Juli 1935 bei Firma Koebig in Dresden-Radebeul vorbereitet, mit der über die „Leistungsfähigkeit einer evt. zu liefernden Filmgießmaschine“ zu verhandeln war.⁹¹²

Von der „Versuchsfertigung“ zur Magnetophonband-Produktion

Anfang August 1935 war es um die Magnetophon-Entwicklung deutlich besser bestellt als im Vorfeld der Funkausstellung 1934. Das Magnetophon-Team der AEG hatte den Schwerpunkt seiner Arbeit von Magnetköpfen und Verstärkern auf die (wie sich zeigte, zukunftsweisende) Konstruktion eines betriebssicheren Laufwerks verlegt, den für die Fertigung anspruchsvollsten Geräteteil. Im ehrwürdigen KWO gab es dafür zwar keine Fabrikations-Einrichtungen, wohl aber in der AEG-Fabrik für Kino-Apparate in Berlin-Wedding, deren leistungsfähige feinmechanische Werkstätten schlecht ausgelastet waren, seit größere Produktionsteile zur Siemens-AEG-Tochter Klangfilm abgewandert waren.⁹¹³ Praktisch zeitgleich mit der anlaufenden Fertigung zog die gesamte Magnetophon-Entwicklung zwischen Juli und August 1935 in die zentral gelegene Fabrik Drontheimer Straße um (FDS, entsprechend der früheren deutschen Schreibweise der norwegischen Stadt Trondheim),⁹¹⁴ ein deutliches Signal für das Engagement der AEG-Geschäftsleitung in Sachen Magnetophon. Theo Volk zeichnete jetzt ausschließlich für Entwicklung und die anlaufende Fertigung des Magnetophons verantwortlich.⁹¹⁵

Das Magnetophonband, in Details weiterentwickelt, genügte den aktuellen Ansprüchen vollauf. Das System war also produktionsreif: I.G. Farbenindustrie konnte den Anlaufbedarf an Magnetband mit einer erweiterten Versuchsgießmaschine decken und war mit den Vorarbeiten für die Mengenproduktion vorangekommen. Das wirtschaftliche Risiko schien tragbar, technische Voraussetzungen galten als gegeben und die erforderlichen Investitionssummen waren genehmigungsreif.⁹¹⁶

In Friedmanns beengter Elektrowerkstatt war nämlich nur Platz für Maschinen mit einer Monatskapazität von 2.000 km Magnetophonband. Wo eine regelrechte Fabrikation unterzubringen wäre, hatte sich seit 1934 abgezeichnet, als Lager und Versand in die spätere Magnetophonbandfabrik umzogen. Dieser Bau stand unmittelbar neben der Echtdeckfarben-Fabrik, wo auch lange Zeit ungenutzte teure Apparaturen eingelagert waren, in denen sich Grundfilmlösung und Gießmasse ansetzen ließen – die Arbeitsmethoden waren sich ohnehin ähnlich. Matthias wurde am 1. November 1935, dem damaligen Sprachgebrauch folgend, zum *Betriebsführer* ernannt.

Das Hauptproblem, immer wieder durchgesprochen, war, dass niemand eine fundierte Prognose abgeben konnte, wie groß der Magnetophonband-Bedarf nach dem Systemstart sein würde. Die AEG rechnete mit 1.000 verkauften Geräten im ersten Jahr, eine Hälfte sollte an Behörden, die andere an Privatleute gehen,⁹¹⁰ aber damit war noch nichts über den tatsächlichen Bandverbrauch gesagt. Akribisch wurden in Ludwigshafen die Kosten für Produktionsanlagen mit Kapazitäten von 2.000 km, 4.000, 8.000 und 10.000 km pro Monat durchgerechnet.⁹¹¹ Vor der Entscheidung sollte aber abgewartet werden, wie das Magnetophon auf der Funkausstellung Berlin (16. bis 25. August 1935) ankommen würde.

Schon die Versuchsfertigung des Magnetophonbandes war bemerkenswert komplex (Abbildung 133). Selbst wenn man in Betracht zieht, dass viele Komponenten als

Verfrühte Hoffnungen auf den Magnetton zum Bildfilm

Die gelungene Berliner Premiere gab den Teams in Ludwigshafen wie Berlin den notwendigen Schwung, um das Bündel der nächstliegenden Aufgaben anzugehen.

Mitte Juli 1935 hatten Gaus, Schoenemann, Matthias und Friedmann⁹¹⁷ weitere Anwendungsgebiete für das Magnetband diskutiert und kamen, fast unvermeidlich, darauf, dass die Tonfilm-Produktion eine in jeder Hinsicht vielversprechende Aufgabe für den Magnetton sei. Am elegantesten schien das Ziel auf 35 mm-Film mit einer immerhin 5 mm breiten Magnetton- und einer 25 mm breiten lichtempfindlichen Bahn zu realisieren (später COMMAG, Bild und Magnetton auf gemeinsamem Träger, genannt). Da zu dieser Zeit mit der Bandgeschwindigkeit 1 m/s gerade eben Sprachqualität erreicht war, schien es schon recht ehrgeizig, mit Lichtton vergleichbare Qualität⁹¹⁸ bei 45,6 cm/s (1.5 ft/s, Bildfilm-Laufgeschwindigkeit) zu fordern.⁹¹⁹ Doch gab es noch den technisch ebenfalls reizvollen Weg, Bild und Magnetton auf zwei getrennten Trägern aufzuzeichnen (SEPMAG), wobei der Magnetfilm auch mit einem konstanten Mehrfachen der Bildfilm-Geschwindigkeit laufen könnte (wie es schon Curt Stille 1929 / 1930 mit Stahlband praktiziert hatte, siehe Abbildung 30).⁹²⁰

Der „Versuchsballon“, wie die entsprechende Patentanmeldung später genannt wurde, landete unsanft am 15. Dezember 1935,⁹²¹ als das Patentamt den Antrag ablehnte und dies mit der Vorerfindung in einem britischen Patent eines französischen Wissenschaftlers begründete⁹²² – Fritz Pfleumers ebenfalls britisches COMMAG-Patent GB 333,154 vom 5. Februar 1929 wurde nicht einmal erwähnt.⁹²³

Einig waren sich I.G. Farben und die AEG auf jeden Fall darüber, dass sich dem Magnetophon neue und attraktive Anwendungsmöglichkeiten öffnen würden, falls es gelänge, „die Laufgeschwindigkeit des Sprechbandes von 1 m/sek auf etwa 50, evtl. 30 cm/sek zu erniedrigen ... bei einer Frequenz von 8-9000 Hertz ... Das benutzte P-Pulver mit einer Korngröße von 3 – 5 μ ist ... zweifellos zu grob.“⁹²⁴ Mit anderen Worten: gefordert war eine minimale Wellenlänge zwischen 50 und 30 μ m, während derzeit nur etwa 200 μ m beherrscht wurden.⁹²⁵ Ein allzu mutiger Vorgriff auf die Zukunft: Die Grenzfrequenz 10.000 Hz wurde erst ab 1941 mit Hochfrequenz-Vormagnetisierung bei 77 cm/s erreicht, bei 38 cm/s erst seit 1950 / 1952.

Niedrigere Bandgeschwindigkeiten waren aber nur zu realisieren, wenn das Störgeräusch, vom Magnetband als unerwünschte Eigenleistung produziert, verringert werden konnte, und dafür waren an erster Stelle kleinteiligere Magnetmaterialien zu entwickeln. Die gängigen Carbonyleisen-Sorten neigten, ungeachtet der nominalen Korngröße von rund 4 μ m, zur Agglomeration: mehrere Kugeln ballten sich zu „Trauben“ zusammen, die gelegentlich auch das Walzen unzerteilt überstanden.⁹²⁶ Es galt also, feineres Carbonyleisen zu entwickeln (nach dem auch Pupinspulven-Hersteller gefragt hatten) – oder zu einem besser geeigneten Material überzugehen. Wilhelm Gaus und Karl Schoenemann ließen beide Wege auskundschaften.

Carbonyleisen ist überholt

So erhielt die Eisenpulverfabrik am 5. August 1935 den Auftrag, „einige grundsätzlich neue Möglichkeiten zur Eisencarbonylzersetzung [zu] bearbeiten mit dem Ziel, Teilchengrößen des Eisens von unter 1 μ zu erreichen.“⁹²⁷ Der erste Bericht lag bereits zum 15. August vor: Auch nach „dreistufiger Windsichtung“ fiel beim Carbonyleisen nur eine bescheidene Ausbeute kleinster Kugeln an. Längeres Mahlen von Carbonyleisenwatte⁹²⁸ oder Kochen von Carbonyleisen in Tetralin ergab zwar Teilchen mit Größen unter 1 μ m, jedoch waren beide Materialien stark pyrophor,⁹²⁹ neigten also schon bei Raumtemperatur zur Selbstentzündung. Der Laborbericht nennt keine Magnetwerte. Damit war offensichtlich das Potenzial des Carbonyleisenpulvers für den Magnetton ausgeschöpft. Das faktische Aus brachte ein weiterer, „Carbonyleisenpulver P für Magnetophonband“ überschriebener Laborbericht,⁹³⁰ nach dem auch die neuesten Muster der Eisenpulverfabrik enorme Durchmesser-Unterschiede zeigten, mit denen eben keine *homogene* Schicht zu erreichen war, selbst wenn die Schwächen der Versuchsgießanlage ausgeklammert wurden, die auch Bänder mit „Stellen ... nahezu frei von magnetischem Material“ lieferte. Dagegen war die Probe eines neuartigen ferromagnetischen Materials so feinteilig, dass ein Mikroskop kein klares Bild mehr lieferte. Dieses Material – so die naheliegende Folgerung – musste sich wesentlich besser dispergieren lassen und damit zu gleichmäßigeren Magnetschichten führen. Das bei diesen Versuchen erst- und einmalig für Magnetbänder untersuchte Carbonyl-Nickeisenpulver erwies sich ebenfalls als zu grobkörnig.⁹³¹

„Derzeitiger Stand der Magnetband-Versuchsfabrikation“: Oktober 1935

Was war also noch übrig von den Voraussetzungen, unter denen man zur Jahreswende 1932 / 1933 die Magnetophonband-Arbeiten aufgenommen hatte? „Synergieeffekte“, die Nutzung von Carbonyleisen und der Walzmassen der Echtdruckfarbenproduktion, waren nur in bescheidenem Maß realisiert; das Verkaufsprodukt Magnetophonband verlangte Investitionen in neue Verfahren, neue Anlagen und ein eigens entwickeltes Magnetmaterial. Doch an solche grämlichen Rendite-Gedanken scheint niemand Zeit verschwendet zu haben. Die Entschlossenheit, mit der Wilhelm Gaus die Magnetophon-Produktion weiterführte, spiegelt sein persönliches Engagement ebenso wie den Optimismus und den unternehmerischen Schwung, mit dem sich I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Werk Ludwigshafen, auf ein vielversprechendes Tätigkeitsgebiet warf.

Mit der Ablösung des Carbonyleisens war auch der Oppauer Beitrag zum Magnetophonband fürs erste abgeschlossen. Hätte man von Friedrich Matthias nicht ein anerkennendes Wort über Carbonyleisen erwarten dürfen? Ihn interessierte verständlicherweise das Nachfolgeprodukt mehr, das die aktuellen Probleme gelöst hatte.

Schließlich waren auch die Schiffe, mit denen Kolumbus die „Neue Welt“ entdeckte, nicht unbedingt die dafür geeignetsten Vehikel. So lieferten denn Matthias und Friedmann Mitte Oktober 1935, knapp drei Jahre nach Arbeitsbeginn am Magnetophonband und anderthalb Wochen nach Verabschiedung eines „*Magnetophon-Arbeitsprogramms*“, einen 23-seitigen Bericht „*Ueber den derzeitigen Stand der Magnetband-Versuchsfabrikation*“ ab, der detailgenau den aktuellen Stand schildert, aber auch Erläuterungen zur Arbeit der vergangenen drei Jahre gibt. Im Nachhinein scheint es fast, als sei geplant gewesen, alle fünf Jahre das Erreichte zu bilanzieren. Am 19. April 1940 schloss Matthias nämlich den Report „*Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation*“ ab,⁹³² am gleichen Tag, als in Berlin Walter Weber die Wiederentdeckung der Hochfrequenzvormagnetisierung in sein Diensttagebuch eintrug;⁹³³ vom 11. Juli 1945 datiert der „*Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern*“,⁹³⁴ also aus einer Zeit voller Zäsuren ganz anderen Gewichts.

Neue Magnetmaterialien: Fe_3O_4 und Fe_2O_3

Dass viele Mitarbeiter der I.G. Farben die Magnetophon-Versuche aufmerksam verfolgten (zeichneten sich doch Aussichten auf lukrative Patente ab), beweisen auch avantgardistische Vorschläge wie der, die chemischen Prozesse so anzulegen, dass das Magnetmaterial in einer Art Entwicklungsprozess in der Schicht selbst erzeugt würde⁹³⁵ oder die Proben von Kiesabbrand,⁹³⁶ die Paul Friedmann Anfang Oktober 1935 zu Versuchsgüssen erhielt.⁹³⁷ Seriöser, wenn auch ihrer Zeit weit voraus, waren die Versuchsprodukte von Werner Hühn,⁹³⁸ der ab Herbst 1935 (neben Fe_3O_4) auch Ferrite⁹³⁹ von Magnesium, Barium,⁹⁴⁰ Kupfer, Kobalt, Blei, Nickel und Mangan auf ihre Eignung als Magnetband-Material untersuchte.

Orientierung und systematische Ordnung in diese Versuche brachte ein Vortrag von Erwin Lehrer „*Über die magnetischen Eigenschaften von Pulvern für Magnetophonbänder*“, in dem er die magnetischen Vorgänge beim Vormagnetisieren, Aufnehmen und Wiedergeben beim Magnetophonband beschrieb: „*An Hand von Magnetometermessungen an verschiedenen Pulvern wird gezeigt, dass für eine gute Wiedergabe eine hohe Koerzitivkraft und Remanenz des magnetischen Pulvermaterials günstig ist. Diese Überlegungen bedürfen jedoch der Nachprüfung durch quantitative, dynamische Messungen an den entsprechenden Sprechbändern. Zum Schluß werden Vorschläge für die Festlegung von objektiven Maßen der Qualität eines Sprechbandes gemacht.*“⁹⁴¹ Mit dieser Arbeit hatte Lehrer ein klares Anforderungsprofil formuliert und den Chemikern (mit ihren in puncto Magnetismus verständlicherweise oft unsicheren Vorstellungen) eine eindeutige Zielrichtung vorgegeben; insbesondere hatte er geklärt, welche Kenngrößen bei der Magnetband-Pigmententwicklung in welcher Richtung zu verbessern waren. Die Hühn'schen Ferrite waren freilich aus einem anderen Grund überwiegend nicht brauchbar: sie überforderten eindeutig die damaligen Magnetköpfe.⁹⁴²

Zu den seit altersher bekannten „magnetischen Stoffen“ zählt der Magnetit, auch Magneteisenstein, als Mineral schwarz mit mattem Metallglanz; seine chemische Zusammensetzung ist Fe_3O_4 . Fritz Pfelemer benutzte dafür den schon damals veralteten Ausdruck „Eisenmohr“; er hatte irgendein Verfahren gefunden, das Material so zu zerkleinern, dass er damit Versuchsbänder beschichten konnte. In seinem Patent DE 649 408 vom September 1933 hat er es gewissermaßen nebenbei erwähnt.⁹⁴³ Als sich nach und nach die Einsicht durchsetzte, dass Carbonsäurepulver wohl doch nicht das bestmögliche Magnetbandmaterial sei, wies Eduard Schüller seine Ludwigshafener Kollegen auf den feinen Eisenmohr hin, der auch wegen seiner höheren Koerzitivfeldstärke vorteilhaft erschien.⁹⁴⁴ Im Sommer 1935 begann daraufhin die Suche nach einem Verfahren, das möglichst feinteiliges und hochkoerzitives Fe_3O_4 liefern würde. Ein glücklicher Literaturfund führte Karl Schoenemann Anfang August 1935 zu zwei älteren Arbeiten. Fritz Haber hatte im Jahr 1900 das „Eisenoxyduloxyd“ – also Fe_3O_4 – eingehend beschrieben; sein Schüler A. Kaufmann entwickelte es 1901 zu einem Pigment für braune bis tiefschwarze Druckfarben weiter.⁹⁴⁵ Beide Arbeiten erwähnen außerdem das „Ferrioxid“ (γ - Fe_2O_3).⁹⁴⁶

Dank der Fe_3O_4 -haltigen Druckfarbe berührten sich Zigarettenproduktion und Magnettechnik – nach Pfelemer's Blattgold-Mundstück – noch einmal: in der Packung sollten Zigaretten sowohl mit dem Mundstück nach oben als auch mit dem Herstelleraufdruck „nach vorn“ liegen, was eine führende Verpackungsmaschinen-Fabrik nach einem Siemens-Patent mit Hilfe von Optoelektronik löste. Um dieses Patent zu umgehen, verwendete eine Konkurrenz-Firma in Zusammenarbeit mit Eduard Schüller magnetisierbare Druckfarbe für den Aufdruck und kam in Kombination mit entsprechenden Abtast-, Auswerte- und Sortiermechanismen zum gleichen Ziel.⁹⁴⁷

Rudolf Brill,⁹⁴⁸ ein ausgewiesener Ludwigshafener Spezialist für Röntgenanalysen, konnte zusammen mit Schoenemann die Kaufmann'sche Herstellvorschrift zu einem Verfahren weiterentwickeln, das brauchbare Pigmente für das Magnetophonband lieferte.⁹⁴⁹ Die daraus resultierende Patentanmeldung, später DE 712 458, vom 23. August 1935 zielt eindeutig in Richtung niedrigere Bandgeschwindigkeit: „*Dadurch soll an der Länge des Aufzeichnungsträgers gespart bzw. längerdauernde Aufnahmen und Wiedergaben ohne Unterbrechung ermöglicht werden; ferner soll die gleiche Ablaufgeschwindigkeit wie beim Lichtbildfilm erreicht werden, um Tonbildträger und Lichtbildträger unmittelbar zu einem Tonfilm koppeln zu können.*“⁹⁵⁰ Der Weg zum Ziel wird folgendermaßen beschrieben: „*Es ist zwar bekannt, für die Herstellung von Lautschriftträgern magnetisierbare Teilchen von 1/1000 mm und darunter zu verwenden, doch stieß ihre Herstellung bisher auf erhebliche Schwierigkeiten. Bei den bekannten Verfahren der Herstellung auf mechanischem Wege durch Zerkleinern oder bei der Zersetzung von Carbonylverbindungen erhält man Pulver, deren Teilchengrößen in erheblichen Grenzen schwanken. Bei dem Zersetzungsverfahren gemäß Erfindung dagegen erhält man durch passende Auswahl der Konzentration und Zersetzungsbedingungen Pulver kleinster Teilchengröße und außerordentlicher Gleichmäßigkeit der Einzelteilchen.*“⁹⁵¹

Schoenemann und Brill gingen ausgesprochen zügig vor – zwischen Literatur-Fund und Patentanmeldung liegen nur zwei Wochen. Eine Laune der Chemiegeschichte oder unangebrachte Sparsamkeit verhinderte, dass sie gleich den entscheidenden Schritt zu (gamma)- Fe_2O_3 machten, das in DE 712 457 ebenfalls beschrieben ist, allerdings einen Verfahrensschritt mehr erfordert (und damit auch teurer ist). Die für I.G. Farben etwas missliche Oexmann- beziehungsweise AEG-Patentierung von Carbyloisen als Magnetmaterial vom September 1932 war damit jedenfalls mehr als wettgemacht.⁹⁵²

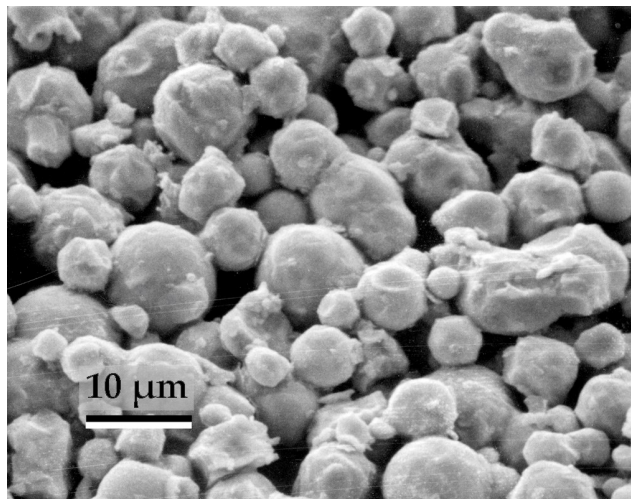


Abbildung 134: Elektronenraster-Mikroskop-Aufnahmen von Carbyloisen-Kugeln im Magnetophonband Typ C (etwa 1935).

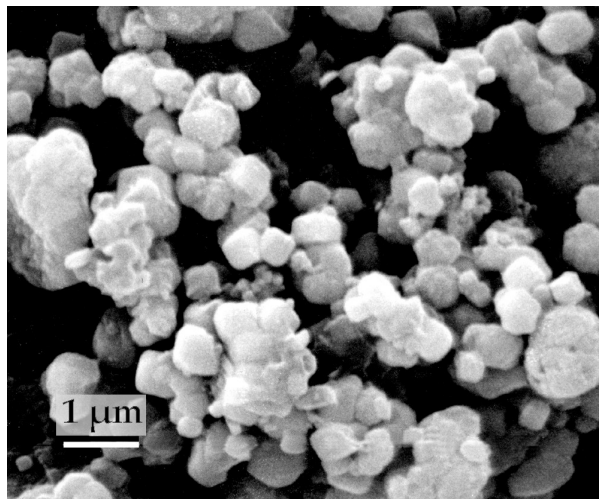


Abbildung 135: Eisenoxid Fe_3O_4 in der Schicht des Magnetophonbandes Typ C von ca. 1936 – 1939.

Erste Fe_3O_4 -Muster fertigte das Hauptlaboratorium Anfang und Mitte September 1935;⁹⁵³ als sie überraschend günstige magnetische Werte zeigten,⁹⁵⁴ unterrichtete man unverzüglich auch die AEG-Mitarbeiter.⁹⁵⁵ Nicht dokumentierte Erkenntnisse zeigten zur gleichen Zeit,⁹⁵⁶ dass Fe_3O_4 , anders als Carbyloisen, nicht als Walzmasse verarbeitet werden konnte.⁹⁵⁷ Das jetzt erforderliche Dispergieren, einen Schlüsselprozess der Magnetbandfertigung, übernahm eine Retsch-Mühle,⁹⁵⁸ die nach dem Prinzip „umlaufendes Pistill (Reibkeule, Reibzylinder) in feststehender Reibschale“ „selbst härteste Substanzen wie Ferrosilicium ... Pyrite ... Gesteine und Silicamaterial zu feinstem Pulver verarbeitet“: In einer Chromnickelstahl-Reibschale mit einem Durchmesser von etwa 1,5 m und etwa 1 m³ Fassungsvermögen liefen zwei rotierende Pistillen mit 20 cm Durchmesser um. „Sämtliche Zusätze werden hier hereingegeben und 8 Stunden verrührt, dann wird unten abgelassen und durch ein feines Bronzesieb von ca. 30 cm Durchmesser filtriert. Auf dem Sieb läuft ein Propeller-Rührer. Die filtrierte Lösung wird in Kannen aufgefangen und sofort in den Vorratsbehälter an der Gießmaschine gebracht.“ Die so im Jahr 1942 beschriebene Anlage dürfte bereits im Juli 1936 in Betrieb gewesen sein;⁹⁵⁹ sie war für das weniger robuste Fe_3O_4 (geschweige denn für das Fe_2O_3 , wie sich 1942 zeigte) keineswegs die beste Wahl, aber 1935 / 1936 ohne erkennbare Alternative.

Seit der Jahreswende 1935 / 1936 stand also fest: künftig werden die Magnetophonbänder mit Fe_3O_4 gefertigt. Die weiteren Magnetit-Versuchsarbeiten gediehen im II. Quartal 1936 bis zur Produktionsreife, und so konnten die Ludwigshafener schon Anfang Februar 1936, als Willi Patzschke und Eduard Schüller zu Besuch kamen, „einige neue Probefilme mit Magnetit“ vorführen, die „bei kleinem Störgeräusch mehr als die doppelte Lautstärke gegenüber dem P-Pulver“ erzielten.⁹⁶⁰ Vor allem Schüller drängte nun darauf, das neue Material zu forcieren;⁹⁶¹ wenn auch nirgends ausdrücklich dokumentiert, veranlassten diese Muster die AEG, die Bandgeschwindigkeit des neuen Magnetophon K 2 auf 77 cm/s herabzusetzen. Ende Mai, Anfang Juni 1936 gingen vier Fe_3O_4 -Produktions-Muster, bereits auf der Betriebs-Gießmaschine hergestellt, zur AEG. Im Juli 1936 zog Matthias Fazit:

Wir sind endgültig zur Fabrikation von Sprechbändern unter Verwendung von Magnetit, der aus wässriger Lösung von Ferrosulfat durch Fällung mit Lauge und Zusatz von KNO_3 hergestellt wird, übergegangen. Dieser Magnetit ist allen in Oppau aus Carbyloisen oder Eisenrot hergestellten Magnetiten überlegen und zwar besonders wegen seiner geringen Teilchengröße, ca. 0,1 μ (gegenüber 2 bis 10 μ bei den Oppauer Magnetiten), die gute Homogenisierung ermöglicht. Das Störgeräusch ist gegenüber den Oppauer Pulvern minimal. Der Film ist bei Benutzung des derzeitigen Sprechkopfes und Verstärkers dem Eisenpulver-Film weit überlegen. (Geringes Geräusch, sehr gute Silbenverständlichkeit, kein Unterdrücken der hohen Frequenzen.) ... Weitere Vorteile des Magnetitfilms: Samtartige Oberfläche, daher gutes Anliegen an dem Sprech- und Hörfopf. Gutes Auflaufen auf den Spulen, kein Abrutschen der äußeren Lagen beim plötzlichen Stoppen der Maschine. Geringes Gewicht, daher gefahrloseres Transportieren größerer freitragend gewickelter Spulen und, als sehr wesentlich, keine Schleifwirkung an den Köpfen und Führungen. P-Pulverfilm hat in ganz kurzer Zeit sämtliche Köpfe und Führungsrollen völlig abgeschliffen. Magnetitfilm poliert die Köpfe und Führungen blank ohne sie merkbar anzugreifen.⁹⁶²

Hatten schon die ersten Absatzschätzungen der AEG gezeigt, dass die Kapazität der Versuchs-Gießmaschinen nicht ausreichen würde, zerstreute die Resonanz auf das Magnetophon während der Funkausstellung 1935 letzte Vorbehalte: die Einrichtung einer Magnetophonbandfabrik mit einer nach eigenen Spezifikationen gebauten Gießmaschine stand jetzt oben auf der Tagesordnung.

Als Interimslösung hatten Friedrich Matthias und Paul Friedmann bis zum Juli 1935 im Elektrolabor neben den drei Gießmaschinen mit 20 mm-Band einen „7-fach-Gießstuhl“, das heißt, eine Maschine mit etwa 50 mm breitem Gießband, installiert, die im Einschicht-Betrieb zusammen 320 km, bei zwei Schichten etwa 500 km⁹⁶³ Magnetophonband pro Monat liefern konnten⁹⁶⁴ – das reichte allenfalls für den Bedarf während der Anlaufphase des Geräteverkaufs.

Mitte Juli 1935 besuchten Matthias und Friedmann erstmals die Maschinenfabrik August Koebig in Radebeul, um mit Chefingenieur Wilhelm Bartsch Unterlagen für ein konkretes Angebot einer Gießmaschine für 60 cm Bandbreite und 8.000 km Monatsproduktion auszuarbeiten.⁹⁶⁵ Die Arbeit an Kalkulationen und sonstigen Kostenaufstellungen, anfangs alternativ auch für Anlagegrößen von 2.000 km und 4.000 km, zogen sich von Mai bis September 1935 hin. Nach einer letzten Abstimmung mit Bücher am 13. September 1935 gab Gaus von Berlin aus telegraphische Anweisung nach Ludwigshafen, die Koebig-Gießmaschine zu bestellen.⁹⁶⁶

Exkurs IV: Radebeuler Maschinenfabrik August Koebig G.m.b.H.

Die Radebeuler Maschinenfabrik August Koebig G.m.b.H., Radebeul bei Dresden, Leipziger Straße 117, verdient einen prominenten Platz in der Geschichte des Magnetbandes, weil nicht weniger als drei Produzenten mit Koebig-Maschinen starteten: I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Werk Ludwigshafen 1936; deren Werk Wolfen-Filmfabrik 1943 und schließlich Agfa Leverkusen 1948 / 1949.

Die Maschinenfabrik Koebig, gegründet 1890,⁹⁶⁷ qualifizierte sich unter anderem als „Hoflieferant“ der Agfa, als diese 1909 / 1910 ihre Filmfabrik nach Wolfen verlagerte. Koebig hatte vermutlich eine Lizenz zum Bau von Bandgießmaschinen nach dem Agfa-Patent DE 134 963 erworben und sie zum Beschichten von Fotofilmen wie von Fotopapieren modifiziert.⁹⁶⁸ 1934 und 1936 annoncierte Koebig ein umfangreiches Programm; unter anderem mit „*Emulsionierungs-Maschinen für Fotopapier, Kino- und Fotofilm, Röntgenfilm, für ein- und mehrschichtigen Auftrag in einem Arbeitsgang, Film-Gießmaschinen als Trommel- und Bandsystem, Produktionsmaschinen für Fotopapier, Längs-, Quer- und Rollenschneidmaschinen, Druckmaschinen.*“⁹⁶⁹

Wer dem Ludwigshafener Magnetophon-Team die Koebig-Maschinen empfohlen hat, ist nicht dokumentiert; wahrscheinlich kam der Hinweis von John Eggert, dem Leiter des Photochemischen Laboratoriums Wolfen. Die 1936 montierte Maschine hat sich nach ersten Umbauten offensichtlich bewährt. So war Koebig auch 1941 wieder als Maschinenlieferant für den 1942 geplanten Neubau der Magnetophonbandfabrik vorgesehen (Seite 225). Der Neubau blieb Projekt und, noch schlimmer, Koebigs 1936 gebaute erste Magnetophonband-Gießmaschine versank am 29. Juli 1943 in Schutt und Asche.

Ein letzter Ludwigshafener Versuch, von Koebigs Kenntnissen zu profitieren, schlug 1944 fehl. Das PVC-Schichtband, an dem zu dieser Zeit Rudolf Robl und Wilhelm Godel arbeiteten, erforderte eine Begusstechnik ähnlich der von Fotopapier, und Koebig sorgte dafür, dass auf einer von Wolfen bestellten, versandfertigen Maschine Magnetbandversuche gefahren werden konnten. Die Ergebnisse waren vielversprechend, aber die kriegsbedingte Materialbewirtschaftung verhinderte, dass eine solche modifizierte Fotopapiermaschine als Nachfolger der 1936er Maschine die Magnetophonband-Fertigung fortsetzte. Eine Ludwigshafener Betriebsschlosserei ließ einiges an sächsischem Erfahrungswissen in die schließlich in Aschbach im Odenwald aufgestellte Maschine einfließen.⁹⁷⁰ Dazu gehörten der raumsparende Spiraltrockner sowie,⁹⁷¹ zumindest wahrscheinlich, der pneumatische Ziehtisch, eine mit Unterdruck arbeitende Transportvorrichtung für die PVC-Folie (nach einem Koebig-Patent „*Beförderung von nassen und trockenen Papier- oder Stoffbahnen*“⁹⁷²). So erbten auch die ersten Nachkriegs-Gießmaschinen in Ludwigshafen (1946) Koebig'sches Gedankengut.

Die Filmfabrik Wolfen fuhr 1943 ihre Produktion mit zwei 14 m-Koebig-Gießmaschinen an (also halb so lang wie die Ludwigshafener Maschine, dafür mit angeschlossenem Hängetrockner); diese Veteranen des Baujahrs 1910 arbeiteten bis 1963. 1944 fertigten sie 31.300 km Magnetophonband Typ C, mit Magnetmaterial Fe₂O₃ aus Ludwigshafen und nach altem Rezept.⁹⁷³ Eine letzte 28 m-Gießmaschine von Koebig dürfte 1949 in Wolfen in Betrieb gegangen sein.⁹⁷⁴

Leitender Ingenieur und Koebig-Mitinhaber war der Maschinenbauingenieur Wilhelm Bartsch (1895 – 1963), der technisch führende Filmemulsionierungsmaschinen baute, und eben auch die Magnetophonband-Gießmaschine für Ludwigshafen. Die Firma Koebig soll nach 1945 demontiert und erloschen, die Einrichtung in die Sowjetunion abtransportiert worden sein.⁹⁷⁵ Bartsch setzte sich 1948 nach Jugoslawien ab, ging 1952 nach Berlin und baute dort einen eigenen Betrieb auf.⁹⁷⁶

Im Industrie- und Filmmuseum Wolfen, dem kleinen, noch immer eindrucksvollen Rest der ehemaligen Agfa-Filmfabrik, steht eine betriebsfähige Filmbießmaschine der Radebeuler Maschinenfabrik August Koebig, die bis zur „Abwicklung“ des volkseigenen Betriebs ORWO 1990 / 1991 arbeitete. Diese 14-Meter-Maschine ist gewissermaßen die letzte überlebende Halbschwester der Ludwigshafener Gießmaschine von 1936.

Die erste Gießmaschine der Magnetophonband-Fabrik Ludwigshafen (1936) ⁹⁷⁷

Ende November 1935 war die Gießmaschine in Radebeul so weit montiert, dass die ersten Versuche für Mittwoch, 18. Dezember 1935, angesetzt werden konnten;⁹⁷⁸ bis Ende Januar waren diese Probeläufe zufriedenstellend absolviert, so dass Aussicht auf Vorversuche im März bestand. Dementsprechend müsste die Maschine Anfang Februar 1936 in Ludwigshafen eingetroffen sein. Tatsächlich war die Montage in Ludwigshafen Mitte März mit dem erfolgreichen Guss eines „Grundfilms“, also des Celluloseacetat-Trägers, abgeschlossen.⁹⁷⁹ Dann stellten sich jedoch diverse Mängel heraus, die bis Mitte Juni 1936 behoben wurden. Zu dieser Zeit gingen erste Fe₃O₄-Produktionsmuster an die AEG,⁹⁸⁰ die von dem neuen Material, wie schon von den Mustern, begeistert war.⁹⁸¹

Die Koebig-Gießmaschine arbeitete im Wesentlichen nach dem gleichen Prinzip wie die Versuchs-Gießmaschinen: nacheinander wurden auf ein langsam umlaufendes, „endloses“ (an den Enden stoßfrei verbundenes) Metallband die flüssigen Materialien für Trägerfolie und Magnetschicht aufgegossen. Während Friedrich Mat-

thias und Paul Friedmann mit Stahlbändern nicht über 50 mm Breite hinaus kamen (bei breiteren Bändern gelangen keine stoßfreien Verbindungsstellen⁹⁸²), war das 28 m lange, polierte, nur 0,5 mm \pm 0,5 μ m dicke Kupferband der Koebig-Maschine für eine Nutzbreite von 60 cm ausgelegt.⁹⁸³



Abbildung 136 (LINKS): Die erste Magnetophonband-Gießmaschine, 1936 in Ludwigshafen, Gesamtansicht.

Abbildung 137 (RECHTS): Gießmaschine, der Gießer für Magnetbeschichtungsmasse sitzt in der Mitte des Träger-Vierecks.⁹⁸⁴

Kupferbänder mit diesen Abmessungen und, notabene, Dickentoleranzen im Mikrometer-Bereich herzustellen war alles andere als eine einfache Sache. Vor allem Agfa Wolfen hat viel Arbeit investiert, spielten hier doch die optischen Qualitäten der Celluloseacetat-Folien als Träger fotografischer Emulsionen eine nicht zu unterschätzende Rolle. Das Magnetophonband war in dieser Hinsicht eher weniger kritisch. Man suchte lange nach der geeignetsten Kupferqualität – und fand sie in Kanada – und musste dann langwierige, aussagekräftige Testverfahren ausarbeiten.⁹⁸⁵ Heikelster Fertigungsschritt war das Verlöten der Bahn-Enden zu einem „endlosen Band“, weil jeder Oberflächenfehler periodisch wiederkehrende Störungen der Folien-Oberfläche zur Folge hatte. Die Ludwigshafener Magnetophonband-Produktion musste lange gegen Störgeräusche kämpfen, die im Abstand von 47 s auftraten. Ursache war die Stoßstelle des 28 m langen Gießbandes, was ebenso schwierig zu finden wie auszumergen war – schließlich brauchte das Gießband etwa 10 Minuten für einen Umlauf.

Das Endlosband und die beiden Umlenk- oder Spanntrommeln bestimmten die äußere Gestalt der Maschine (Abbildung 136): zwei flache, parallel übereinanderliegende Blechkanäle von schätzungsweise 12 m Länge verbanden die beiden würfelförmigen Gehäuse der Umlenktrommeln. Auf dem oberen Kanal saßen die beiden Gießer für Trägerfolie und die Magnetschicht. Für den Antrieb waren ein Getriebemotor mit einer Leistungsaufnahme von 2,5 kW sowie ein „Reguliergetriebe“ vorgesehen.⁹⁸⁶ Der Antrieb gehörte zu den heikelsten Teilen der Maschine: er musste das Gießband ganz gleichförmig bewegen; jedes „Ruckeln“, jede Diskontinuität hätte Dickenschwankungen und damit Empfindlichkeits-, also Lautstärkeschwankungen, zur Folge gehabt.

Die Celluloseacetat-Lösung, in emaillierten Kannen angeliefert, wurde aus dem Erdgeschoss hochgepumpt und dabei filtriert. Damit alle Luftblasen entweichen konnten, ließ man diesen Lack 24 Stunden abstehen. Dann wurde er auf etwa 50 °C erwärmt und in zwei jeweils 1 m³ fassende Vorratskessel am Vorderende der Maschine gepumpt, rechts und links neben dem Trägerfolien-Gießer. Wichtig war, dass sowohl die Temperaturen des Kupferbands wie die des Lacks und der Magnetschicht-Lösung gleich blieben, damit beide Komponenten beim Guss einwandfrei verliefen und gleichmäßige Dicke aufwiesen. Die Temperatur wurde mittels Warmwassenumlauf eingestellt und von Hand reguliert, was keine besonderen Schwierigkeiten machte.⁹⁸⁷

Die leicht angetrocknete Trägerfolie passierte nun den Magnetschicht-Gießer, eine gießbandbreite, V-förmige Kammer, unten auf eine Grundöffnung von etwa 1½ cm Breite abgeschnitten. Die Gießlösung lief (nur durch Schwerkraft) aus dem mittig aufgehängten Rundkessel durch ein 1 cm dickes Rohr in die Mitte des Gießers ein und stand etwa 2 cm hoch (über eine besondere Zulaufregelung ist nichts bekannt). Um auch an dieser kritischsten Stelle zu verhindern, dass sich das Magnetmaterial aus der Dispersion absetzte, war zunächst im Gießer selbst ein Rührwerk eingebaut, das aber Schwingungen und damit Schichtdickenschwankungen verursachte. Die anfangs schmalere Grundöffnung wurde daraufhin breiter geschnitten, und so wälzte das vorbeilaufende Kupferband selbst die Lösung ganz erschütterungsfrei um. Der Gießer wurde mit Wasser gekühlt, vermutlich notwendig, um die Temperatur der Gießlösung konstant zu halten. Senkrecht unter der Gießer-Grundöffnung gab eine Stützrolle dem Kupferband die notwendige Führung; der Abstand zwischen Gießerschneide und Trägerfolien-Oberfläche wurde mittels Mikrometerschrauben eingestellt. Dabei waren neben der geforderten Dicke der getrockneten Schicht (im feuchten Zustand etwa siebenmal dicker als trocken⁹⁸⁸) auch Viskosität und Temperatur der Gießlösung zu beachten. Diese recht heikle Einstellung übernahm ab Frühjahr 1942 ein automatisch arbeitender Regler.⁹⁸⁹

Zum Trocknen wurde Warmluft im Gegenstrom mit automatischer Temperaturregelung durch die Maschine geblasen, und zwar über drei getrennte Luftwege. Der erste reichte vom Trägerfolien- zum Dispersionsgießer, der zweite von dort bis zur hinteren Trommel, der dritte versorgte den unteren Trockenkanal. Hier dampften die Lösemittel weitgehend aus, das Azeton kondensierte in einem Luftkühler, der, mit Sole von +10 °C betrieben, etwa 80 – 85 % Ausbeute ergab.

Am Ende des Durchlaufs, vermutlich auf dem Umfang der in Abbildung 136 vorderen Trommel, wurde das Magnetband vom Kupferband abgezogen und dann über eine Nachtrockentrommel mit etwa 60 cm Durchmesser geführt. Im nächsten Schritt wurden die unbegossenen Randstreifen abgetrennt und die 60 cm-Rolle zunächst in drei 20 cm breite Teilrollen aufgeschnitten; ihr Wickeldurchmesser war nominell 28 cm, mit 29 cm als Obergrenze bei 1.000 m Bandlänge. Die Teilrollen wanderten für 24 h in einen 90 °C heißen Trockenofen, einen beheizbaren Eisenrohrabschnitt, aus dem eine Vakuumpumpe die Lösungsmittelreste absaugte.⁹⁹⁰ Gutes Austrocknen sollte verhindern, dass die Bänder „hohlkrümmig“ (regenrinnenförmig) wurden.

Kamen die drei 20 cm breiten Teilrollen aus dem Trockenofen, wurde jede in 28 Bänder von 6,5 mm geschnitten, das heißt, aus einer „Gießpartie“ entstanden 84 Bänder. Demnach müssten, eine Folienbreite von 60,96 cm (= 2 feet) angenommen, die Abfallstreifen zusammen 6,4 cm breit gewesen sein (Ausbeute knapp 90 %). Die Rollen-Schneidmaschine, geliefert von der Göbel Aktiengesellschaft, Darmstadt,⁹⁹¹ arbeitete zufriedenstellend mit 100 m/Minute, hielt also beim Fertigungsanfall ohne weiteres mit. Gewickelt wurden die 1.000 m Bänder auf etwa 8 mm dicke Pappringe mit 70 mm Innendurchmesser, in die die gepressten Blech-Wickelkerne der AEG unter leichtem Druck hineinpassten.⁹⁹² – Das Aufschneiden einer Magnetband-Bahn ist eine mechanisch heikle Sache und erfordert daher äußerste Präzision. Der Schnitt muss absolut gerade geführt sein, denn Bänder mit „wankenden“ Schnittkanten oder gar „säbelförmigem“ Schnitt laufen krumm an den Magnetköpfen vorbei, was vor allem zu unregelmäßiger Höhenwiedergabe und unebenen Wickeln führt.



Abbildung 138: Magnetophonband Typ C, Fertigungsjahr 1936. Das Band dürfte um 1939 auf den hier gezeigten Wickelkern umgespult worden sein.

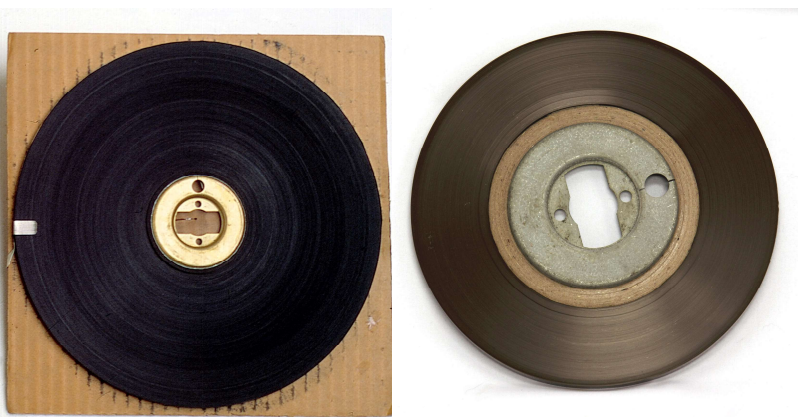


Abbildung 139: Im Lieferzustand war das Band lediglich auf einen Pappe kern mit dem Innendurchmesser 70 mm gewickelt, in den der AEG-Blech kern hineingedrückt wurde.

Azetondämpfe, wie sie beim Austrocknen von Trägerfolie und Schicht entstanden, sind bekanntlich bei bestimmten Konzentrationen explosiv, und daher besaß die Gießmaschine eine ganze Reihe von Sicherheitseinrichtungen. Bei den Probeläufen in der Koebig-Fabrik war es zu einem nicht ungefährlichen Feuer gekommen, bei dem sich Wilhelm Bartsch ziemlich schmerzhaft verbrannte; wahrscheinlich war ihm die Größenordnung der Lösemittel-Konzentration nicht geläufig. So wurde der Azetongehalt der Raumluft automatisch kontrolliert, der der Umluft in der Maschine oberhalb der oberen Explosionsgrenze für Azeton-Luft-Gemische gehalten. Die Überwachung erfolgte durch Verbrennungsanalyse außerhalb des Raumes. Beim Anfahren und Anhalten wurde Stickstoff in die Maschine geblasen, ebenso beim Überschreiten bestimmter Grenzwerte. Kritisch wegen Funkenbildung war auch die Stelle, an der sich das Magnetband von der Kupferbahn ablöste. Wenn auch der Magnetmaterial-Gehalt keine hohen elektrostatischen Aufladungen erwarten ließ, war hier eine handbetätigte Schaumlöscheinrichtung installiert. Gefilterte Frischluft hielt den ganze Betriebsraum unter geringem Überdruck, damit möglichst kein Staub eindringen konnte; deswegen waren auch die Wände besonders gestrichen und nicht-staubende Fußboden-Beläge eingebaut worden.⁹⁹³

Zu den Kinderkrankheiten, die den Betriebsbeginn der Gießmaschine verzögerten, gehörten unregelmäßige Schichtdicken und damit hörbare Störungen, als deren Ursache Schwingungen des Kupferbandes unter den Gießern und der unruhige Lauf von Kugellagern entdeckt wurden. Dämpfende Filzstreifen und bewährte Gleitlager beruhigten das Gießband. Andere „Anstöße“ kamen vom einem Nachbarbau: eine Rohrbrücke oder ein Verbindungssteg erschütterten die Magnetophonbandfabrik, wurden für RM 3.000 abgebrochen, und die „Übertragung“ war zu Ende.

Anfang Juli 1936 stellte sich heraus, dass die Maschine lediglich eine Gießgeschwindigkeit von 2,8 Metern pro Minute (oder, so die Wolfener Kollegen anschaulich, „10 Minuten pro Runde“) anstelle der projektierten 5 m/min

erreichte, denn die Lösungsmittel trockneten langsamer als nach den Erfahrungen mit den Versuchsgießmaschinen zu erwarten war.⁹⁹⁴ Ein 1.000 m-Band brauchte also etwa sechs Stunden zum Guss, mit Vorbereitungen und Nacharbeit gut eine Acht-Stunden-Schicht; pro Monat konnten 4.600 Bänder produziert werden.

Die Gießmaschine sollte einschließlich Aufstellung RM 28.000 kosten (dazu Motor und Reguliergetriebe mit RM 1.800) und bildete damit den größten Posten in den Kosten der Gesamtanlage, die zunächst mit RM 96.000 angesetzt waren. Mit zusammen RM 11.500 folgten die beiden Schneidemaschinen an zweiter Stelle. Höhere Kosten der Retsch-Mühle (Seite 125) und bei der Montage der Gießmaschine, schließlich die staubfreien Wandanstriche und Fußbodenbeläge, kosteten weitere RM 19.000, so dass die ganze Anlage im Juli 1936 mit beachtlichen RM 115.000 zu Buche stand.⁹⁹⁵

Auf den Gießmaschinen im Elektrolabor sollten ab Juli 1936 nur noch Versuche gefahren werden.⁹⁹⁶ Diese Einsätze sind zwar nicht dokumentiert, aber als notwendig vorauszusetzen. Angesichts des zeitweise großen Versuchsbedarfs müssten die Maschinen zumindest 1942 – 1943 gut ausgelastet gewesen sein. Sie sind wahrscheinlich in der Nacht vom 14. auf den 15. Dezember 1944 zerstört worden, als das Elektrolabor im Bombenhagel eines der schlimmsten Luftangriffe auf das I.G. Farben-Werksgelände unterging.⁹⁹⁷

Produktion des Fe₃O₄-Magnetophonbandes Typ C

Die Trägerfolien-Gießlösung wurde in einem Nachbargebäude der Magnetophonbandfabrik angesetzt; das Rezept dürfte weitgehend dem gleichen, das Matthias 1940 angab: 100 kg Lack setzten sich zusammen aus 11,6 kg Cellit, Typ L 1000 (hochviskoses Celluloseacetat vom I.G.-Werk Dormagen), 2,35 kg Triphenylphosphat, 0,3 kg Palatinol O, 1,75 kg Nitrowolle E 1250 (spritfeucht, zur Verbesserung der Reißfestigkeit) und 84 kg Azeton als Lösemittel.⁹⁹⁸ Ähnlich wird auch der Bindelack der Magnetschicht zusammengesetzt gewesen sein.

Wie der „Magnetit“ gefertigt wurde, ist im Einzelnen nicht dokumentiert, wenn man von Matthias' knapper Beschreibung „aus wässriger Lösung von Ferrosulfat durch Fällung mit Lauge und Zusatz von KNO₃ hergestellt“⁹⁹⁹ absieht. Er bezieht sich offensichtlich auf Beispiel 2 von DE 712 457:

Eine Lösung von 208 Teilen Ferrosulfat und 25,3 Teilen Kaliumnitrat in 800 Teilen Wasser wird auf 80° erwärmt. In die Lösung werden nach und nach 43,5 Teile wässriger Ammoniak in Form von 20%iger Ammoniaklösung eingetragen. Hierbei scheidet sich in äußerst feiner Verteilung ein Niederschlag aus. Man läßt den Niederschlag sich absetzen, trennt ihn von der Mutterlauge ab, wäscht mit warmem Wasser, bis das Waschwasser elektrolytfrei ist, und trocknet ihn dann bei niedriger Temperatur, zweckmäßig im Vakuum. Das trockene, aus praktisch hydroxydfreiem magnetisierbaren Eisenoxyd bestehende Pulver wird mit Acetylcellulose angeteigt und auf ein Trägerband aufgetragen. Man erhält so einen ausgezeichneten Lautschriftträger. – Statt der Trocknung kann man das Wasser nach dem Auswaschen des Niederschlags auch durch Aceton verdrängen und die acetonfeuchte Masse mit Acetylcelluloselack abteigen.¹⁰⁰⁰

Das Pigment wurde wasserfeucht angeliefert und musste dort zunächst weiterverarbeitet werden „durch Verdrängen des Wassers mit Aceton ... woraufes in einer Rührnutsche¹⁰⁰¹ abgesaugt und ... in einer Vakuumtrockenpfanne mit angeschlossenen Rührer und Vorlage getrocknet wird.“¹⁰⁰² Zum Dispergieren des Materials diente nach wie vor eine Retsch-Mühle (Seite 121).¹⁰⁰³

Magnetophonband-Fertigung 1936 bis 1939

Es wäre allen Beteiligten zu gönnen gewesen, dass die außerordentlichen Anstrengungen der Jahre 1935 und 1936 mit einem angemessenen wirtschaftlichen Erfolg belohnt worden wären. Was Friedrich Matthias allerdings im Anschluss an seinen Report von der Funkausstellung 1936 zu berichten hatte,¹⁰⁰⁴ klang eher bedrohlich: während in Ludwigshafen die Gießmaschine betriebsmäßig lief, gab es bei der AEG in Berlin erhebliche technische wie Absatz-Schwierigkeiten mit den Geräten. Trotz dieser Vorwarnung liest sich die Überschrift einer Notiz vom 7. Oktober 1936 ernüchternd: „Magnetophonbandfabrik – Stilllegung.“ 750 Magnetophonbändern, die AEG abgerufen hatte, stand ein Lagervorrat von 1.300 km gegenüber, und Bestellungen ließen auf sich warten.¹⁰⁰⁵

Die Magnetophonband-Produktion blieb von 1937 bis Februar 1938 durchschnittlich bei enttäuschenden 150 km, anders gesagt: zwei Güssen (zu je 84 Bändern à 1.000 m) pro Monat. Von kontinuierlicher Fertigung konnte keine Rede sein, da die Anlagen nur zu einem nicht nennenswerten Bruchteil ihrer Kapazität ausgelastet waren; kostendeckend wären mindestens 800 km gewesen.¹⁰⁰⁶ Erst das II. Quartal 1938 brachte einen deutlichen Anstieg auf 1.800 km monatlich, was auch im III. Quartal erreicht wurde und im letzten Quartal auf 2.300 km stieg. Die ersten drei Quartale 1939 lagen bei 1.700 km, 1.300 km und 2.000 km, weit übertroffen vom letzten Quartal mit 6.400 km.¹⁰⁰⁷ Ursächlich hierfür ist in allererster Linie der Beginn des Zweiten Weltkriegs, mit dessen Heraufziehen die Umstellung der Magnetophonband-Fertigung auf das Magnetmaterial Fe₂O₃ zusammenfällt. Diese Faktoren werden weiter unten beschrieben (Seite 127).

Praxisforderungen und Qualitätsverbesserungen

Zwischen Herbst 1936 und Herbst 1938 lag also aus Sicht der Magnetophonband-Fertigung eine ruhige, vielleicht allzu ruhige Periode,¹⁰⁰⁸ in der überwiegend Optimierungs-Arbeiten erledigt wurden, für die sich die Fertigungspausen ja auch anboten. So wurde ab Mitte 1937 die Chargennummer mit einem Rollenstempel auf die Trägerrückseite aufgedruckt (zuletzt im 6 m-Abstand),¹⁰⁰⁹ was vor allem die Rückverfolgung reklamierter Bänder erleichtern sollte. Agfa Wolfen half mit einem Nassklebemittel aus, mit dem die Klebestellen (teils in „Blockbreite“, teils auf den Einzelbändern nach dem Ausschneiden fehlerhafter Gießstellen) nicht mehr verhärteten.

Allmählich lernte man auch, Magnetbänder mit konstanter Dicke zu fertigen. Die AEG wünschte, ein 1.000 m langes Band solle keinen größeren Wickeldurchmesser als höchstens 285 mm aufweisen.¹⁰¹⁰ Die Betriebserfahrung hatte bis Mai 1937 gezeigt, wie die Gießerschneiden feingeschliffen, das Kupferband peinlich genau geglättet sein wollte und dass alle relevanten Temperaturwerte ständig kontrolliert werden mussten. Ein 285-mm-Wickel enthielt jetzt 980 m Magnetophonband.¹⁰¹¹ Mehr Spielraum erlaubte die geschliffene Band-Oberfläche: 1.000 m Band lieferten einen 273-mm-Wickel; 285 mm wären bei knapp 1.100 m erreicht worden.¹⁰¹²

Wie schon bei den Stahl-Gießbändern der Versuchsmaschinen, war auch bei der Betriebsgießmaschine die Nahtstelle des Kupferbands doch nicht ganz stoßfrei hinzubekommen, was sich auf Registrierstreifen als periodisch wiederkehrende Unruhe zeigte (entsprechend jeweils 28 m Bandlänge).¹⁰¹³ Eine andere Störquelle legte man im März 1937 mittels eines Aushangs am schwarzen Brett trocken: das Herumrollen schwerer Fässer im Erdgeschoss der Magnetophonbandfabrik wurde unterbunden, weil das Gerumpel bis zum Gießer durchschlug und entsprechende Rattermarken auf der Magnetschicht zur Folge hatte.¹⁰¹⁴

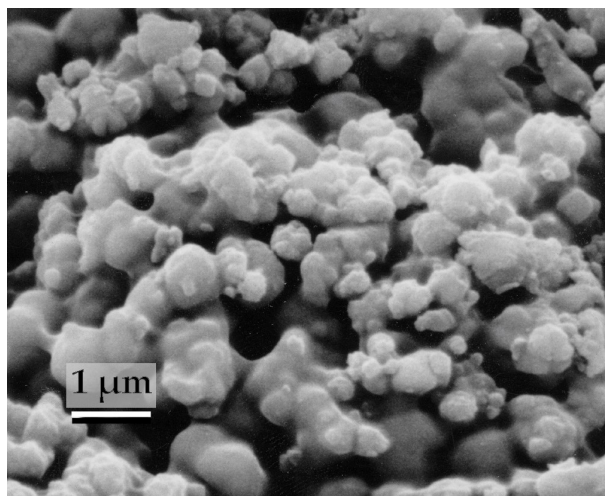


Abbildung 140: Elektronenmikroskopische Aufnahme von Eisenoxid Fe_2O_3 , Maghamit, in der Beschichtung des Magnetophonbandes Typ C, 1939 bis 1943. Kubische Pigmentform.

Besondere Sorge galt natürlich dem lebenslangen Schwachpunkt des Magnetbandes, seiner begrenzten Dynamik. Die Aussteuerbarkeit zu verbessern scheint damals nicht versucht worden zu sein; Matthias und Friedmann konzentrierten sich auf das Bandrauschen. Es zeigte sich, dass die Gießgeschwindigkeit nicht über rund 3 m/min zu steigern war (Seite 12), weil schnelleres Trocknen nur mit rauerer Oberflächen – und damit stärkerem Rauschen – zu erkaufen war,¹⁰¹⁵ und auch dann betrug die Rauigkeit noch 4 µm.¹⁰¹⁶ „Heißbügeln“ mit einer auf 100 °C geheizten, geschliffenen Messingwalze,¹⁰¹⁷ offenbar ein früherer Ansatz zum Kalandrieren beziehungsweise Satinieren, blieb erfolglos.¹⁰¹⁸ Als aber Musterbänder, die einige Durchläufen auf Messmaschinen absolviert hatten, nach und nach weniger rauschten, weil die Reibung an Aufnahme- und Wiedergabekopf die stärksten Rauigkeiten auf der Bandoberfläche eingeebnet oder abgetragen hatte,¹⁰¹⁹ setzten im Herbst 1937 Versuche mit verschiedenen Schleifverfahren ein, zunächst an Einzelbändern, dann bei den 20 cm breiten Teilrollen. Ergebnis dieser im Patent DE 700 696¹⁰²⁰ be-

schriebenen, später auch „Polieren“ genannten Hilfsmaßnahme: die Dynamik stieg von 1:50 (34 dB) auf 1:70 (37 dB)¹⁰²¹ – zwar hörbar, aber noch kein entscheidender Durchbruch.

Geschliffene Bänder zeigten auch eine bessere Planlage, vorausgesetzt, sämtliche Lösungsmittelreste waren nach der Vakuumbehandlung im geschlossenen, beheizten Rohrofen ausgedampft.¹⁰²² Querkrümmige Bänder waren gefürchtet, weil sie nur streifenweise an den Magnetköpfen anlagen und außerdem beim Umspulen anstelle „runder“ Bandwickel polygonale ergaben, von den das Band etwas ruckweise ablief.¹⁰²³

Offensichtlich wehte seit Herbst 1937 in der Magnetophonband-Fertigung ein frischer Wind, und zwar vorwiegend aus Richtung Berlin, Masurenallee. Dort erprobte zu dieser Zeit die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft neue Gerätemuster, die endlich auch ihre technischen Mindestanforderungen erfüllten – die Vorteile des Magnetophons für den Betrieb hatten die Rundfunktechniker schon früher gereizt (Seite 181). Es dauerte nicht lange, bis sie die AEG mit „gesteigerten Ansprüchen“ konfrontierten, die, prompt nach Ludwigshafen weitergereicht, dort Ende Mai 1938 die Ahnung aufkommen ließen, es werde „wahrscheinlich erforderlich sein, ein Spezialband herzustellen, entweder durch Aufbringung einer dickeren Magnetischicht oder durch Verwendung eines anderen magnetisierbaren Materials.“¹⁰²⁴ Die zweite Alternative wurde innerhalb eines halben Jahres zur Notwendigkeit.

Mitte Mai 1938 wurde nämlich eine erkannte, doch als belanglos übergangene Unart¹⁰²⁵ des Fe_3O_4 -Magnetbandes virulent: wiederholt wurde beanstandet, Aufzeichnungen ließen sich zwar kurz nach der Aufnahme ohne weiteres löschen, aber nach einiger Lagerungszeit wären sie auch mit stärksten Magnetfeldern (von Permanentmagneten¹⁰²⁶) nicht mehr vollkommen zu entfernen.¹⁰²⁷ Der Effekt ließ sich seinerzeit nur unvollkommen erklären und schon gar nicht beseitigen. Dass diese Art von Erinnerungsvermögen für RRG unannehmbar gewesen sein muss, zeigten spätere Messungen: die Löschdämpfung lag zunächst bei etwas schwachen -58 dB, konnte aber im dramatischsten Fall innerhalb von drei Tagen auf -46 dB absinken.¹⁰²⁸ Neue Sprachaufnahmen auf „gelöschten“ Bändern störte also nach einigen Tagen ein permanentes leises Gewischel im Hintergrund, für Musikaufnahmen war dies ohnehin außer jeder Diskussion. Im August 1938 müssen in Ludwigshafen durchgreifende Maßnahmen beschlossen worden sein, denn Mitte September zeigten erste Magnetophonband-Muster, dass der (noch lange fälschlicherweise so genannte) „rote Magnetil“ ungleich besser und ohne Nachwirkungen löschar, als Magnetschicht auch polierbar war.¹⁰²⁹

Das nach damaliger Nomenklatur „Ferrioxid“ genannte (gamma)- Fe_2O_3 , eine „bis dahin wenig beachtete Modifikation des Eisens“,¹⁰³⁰ ist nahe verwandt mit dem unmagnetischen (alpha)- Fe_2O_3 , seit 1931 in Ludwigshafen als

Echtdeckfarbpigment und Poliermittel in Zehntausenden von Jahrestonnen produziert. Die besonderen magnetischen Eigenschaften von (gamma)- Fe_2O_3 haben Brill und Schoenemann 1935 als erste entdeckt (Seite 120). Eigentlich ... eigentlich hätten sich die Ludwigshafener also den Umweg über Fe_3O_4 ersparen können. Die Beschreibung von Friedrich Matthias (vergleiche mit der Magnetit-Herstellung) –

Fe_2O_3 wird wie folgt hergestellt. Aus wässriger Ferrosulfatlösung wird durch Zusatz von Ammoniak und Kalisalpeter als Oxydationsmittel Magnetit als schwarzes Pulver ausgefällt, durch Dekantieren gewaschen und im Vakuum getrocknet. Das getrocknete Produkt wird an Luft im Drehofen auf 280° erhitzt. Hierbei schlägt die schwarze Farbe in rot um. Das Fe_3O_4 geht in das rote Fe_2O_3 über. Bei genauer Einhaltung der vorgeschriebenen Fällungsbedingungen erhält man ein magnetisch homogenes Pulver mit einer durchschnittlichen Teilchengröße von $0,2 \mu$ (max. $0,5 \mu$).¹⁰³¹

– zeigt, dass sich an die Fe_3O_4 -Produktion als weiterer Bearbeitungsschritt „nur“ die Oxidation bei definierter Temperatur anschloss, was magnetisierbares (gamma)- Fe_2O_3 lieferte. Dieser vergleichsweise übersichtliche Herstellweg führt zu würfelförmigem Pigment in Farbschattierungen von ocker und rot über violett bis zu schwarz, wie es denn auch zwischen 1939 und etwa 1950 produziert wurde.

Bei Pigmenten in Würfelform bringt das Ausrichten der Teilchen keinen wesentlichen Gewinn. In einer patentrechtlichen Auseinandersetzung der 1950er Jahre zeigte DE 712 457 allerdings einen hohen „inneren Wert“, denn es beschrieb Fe_2O_3 mit besonders vorteilhafter Form: „Beispielsweise gelange man auch bei Befolgung des Ausführungsbeispiels 1 unseres DRP 712 457 ... zu einem sehr feinen Eisenoxid mit nadelförmiger Struktur; Elektronenmikroskop-Aufnahmen dieses Pulvers wiesen wir vor.“¹⁰³² Ein indirekter Hinweis darauf, dass diese Eigenschaft schon den frühen Magnetophonband-Entwicklern bekannt war, findet sich als Patentidee vom 4. Oktober 1935: „Tonträger aus stäbchenförmigen Teilen, die im Sprechband gerichtet sind (magnetisch, mechanisch).“¹⁰³³ Leider konnte dieser technisch wertvolle Doppel-Vorschlag weder patentiert noch (vor 1950 bei 3M beziehungsweise ab 1953 als BASF-Magnetophonband Typ LGS) in die Praxis umgesetzt werden.

„Maghamit“, (gamma)- Fe_2O_3 , blieb für die nächsten zwei Jahrzehnte das bevorzugte Pigment für Magnettonbänder. Das Material fiel feinteiliger an als sein Vorgänger Fe_3O_4 und ließ sich, wie gesagt, auch einwandfrei löschen. Bei einem Frequenzgang von 50 Hz bis 5 kHz lag die Dynamik der „roten Magnetitbänder“ bei etwa 40 dB. Allerdings reichte auch das nicht für gehobene Ansprüche, ganz zu schweigen von Studioqualität, wie sie der deutsche Rundfunk verstand.

Abbildung 141: Magnetophonband Typ C (Fe_2O_3), Fertigungsjahr etwa 1942.



Der Wechsel von Fe_3O_4 zu Fe_2O_3 (1939)

Zu Jahresbeginn 1939 gingen erste kleinere Lieferungen des nach wie vor Magnetophonband Typ C genannten Fe_2O_3 -Typs nach Berlin, danach scheint die Fertigung rasch auf das neue Material umgestellt worden zu sein. Jedenfalls dürfte – die Sachlage lässt sich nicht eindeutig klären – zur Betriebseinführung des „Magnetofons“ bei RRG (und der anstehenden Einführung des Magnetophons K 4) bereits ausreichend Material vorhanden gewesen sein.¹⁰³⁴ Allerdings fing es sich schon Mitte Mai wegen schwankender Qualität eine ernste Rüge ein; anscheinend hatte RRG gegenüber der AEG angedeutet, weitere Magnetophone könnten so lange nicht in Betrieb genommen werden, wie ein „hinreichend guter Film“ fehle.¹⁰³⁵ Matthias hatte allerdings wenig später, nämlich bei Kriegsausbruch, Produktionsfragen ganz anderen Kalibers zu lösen (Seite 217).

Zwischen 1938 und 1940 produzierte das Fe_2O_3 ein Betrieb, der auch chemisch und verfahrenstechnisch verwandte Farb- und Poliermittel fertigte.¹⁰³⁶ 1938 wurden 2,6 to, 1939 gut 10 to diskontinuierlich in Partien von je 200 kg gefertigt, die für jeweils 600 km Magnetophonband Typ C (etwa sieben Güsse zu 84 Bändern) reichten.¹⁰³⁷ Das Pigment wurde in der Retsch-Mühle zerkleinert und anschließend, mit dem schon früher benutzten Verfahren, als Walzmasse mit Celluloseacetat dispergiert. Dieser Verfahrensschritt hielt sich bis 1949, als Kugelmühlen eindeutige Vorteile brachten.¹⁰³⁸

Genaugenommen war damit der technologische Stand erreicht, der in der Serienfertigung vom Sommer 1939 bis Ende Juli 1943 gehalten wurde;¹⁰³⁹ verzwickte Details und eine massive Produktionskrise sollten allerdings noch viel Kopfzerbrechen verursachen und letzten Endes Anlass geben, neue Fertigungsverfahren zu entwickeln.

Übersicht: Varianten des Magnetophonbandes Typ C zwischen 1934 und 1943

Im Magnetophonband Typ C, gefertigt zwischen 1934 und 1943, wurden nacheinander nicht weniger als drei magnetische Pigmente eingesetzt:

- bis zum Sommer 1936 Carbyloisen (hellgrau; metallisch reines Eisen);
- von Mitte 1936 bis Sommer 1939 Fe_3O_4 (schwarzes, würfelförmiges (kubisches) Oxid);
- ab Herbst 1939 (gamma)- Fe_2O_3 (meist braun-rotes, damals ebenfalls würfelförmiges Oxid – die nadelförmige Variante wurde erst Anfangs der fünfziger Jahre entwickelt).

Der gleichbleibende Bestandteil war Celluloseacetat, vom Markennamen dieses Produkts, „Cellit“, hatte das Magnetophonband Typ C den Anfangsbuchstaben geerbt.

Magnetophonband-Konfektionierung

Spätestens, als Matthias und Friedmann 600 m lange Magnetophonbänder liefern konnten und die AEG im Magnetton- Versuchsgesetz 4 (1935) ein Verkaufsprodukt sah, waren Absprachen über die Konfektionierung der Bänder zu treffen – das heißt, wie das Band „ausgerüstet“, aufgewickelt, verpackt und versandt werden sollte.

Danach hatte eine I.G.-eigene Spenglerei gelochte Blechscheiben mit 6 mm breitem Aufsteckrand zu liefern, allem Anschein nach als Halterung für die 6,5 mm breiten Hartpapierringe mit 8 mm Wandstärke,¹⁰⁴⁰ auf die die 600 m Magnetophonband beim Schneiden aufgespult wurden. Der Außendurchmesser durfte zunächst 260 mm nicht übersteigen. Einzeln oder zu mehreren sollten die Produkte in Kartons verpackt und zu 50 oder 100 Stück in Kisten zur AEG transportiert werden. Das galt anscheinend auch 1935 für die 1.500 m-Bänder für das Magnetophon K 1 und die 1.000 m langen Bänder ab Mitte 1936. Der Pappring als Produktions-Wickelkern hielt sich offenbar bis Anfang der 1950er Jahre, erst dann begann die Auslieferung auf „AEG-Kernen“ oder Kunststoff-Spulen. Der Erstbenutzer eines Magnetophonbandes war außerdem gehalten, *„Fabrikneue Filme, die innen einen Pappring haben, rechts auf[zum]legen und vor Benutzung nach links rück[zum]spulen. Dann Pappring vom rechten Spulenkern entfernen. Filmklammern abziehen.“*¹⁰⁴¹ Unter „Filmklammern“ sind U-förmig gebogene Blechabschnitte zu verstehen, die, radial über die äußersten Bandwindungen geschoben, das Abrutschen oder „Aufgehen“ der obersten Bandwindungen verhindern sollten – allerdings ritzten sie das Magnetband oft seitlich ein, so dass es bei der nächsten Belastung an dieser Stelle durchriss. Ab 1942 waren daher die Bandwickel mit einem Klebebandstreifen verschlossen, wie es seither bei Studioband üblich wurde.¹⁰⁴² Wie das Zitat zeigt, wurden die Magnetophonbänder seinerzeit noch als „Rechtswickel“ ausgeliefert.

Für die Magnetophon-Modelle K 1 und K 2 (1935 / 1936) wurden Magnetophonbänder am Anfang und Ende mit 2 m langen, aluminiumkaschierten Papierbändern ausgerüstet, die anscheinend die Funktion der späteren Schaltbänder an Heimtonbändern vorwegnahmen; Konstruktionsdetails sind nicht bekannt.¹⁰⁴³

Verpackungs-Standard der Magnetophonbänder war bis wenigstens 1945 ein gelblich-brauner Karton mit Umschlag-Klappe als Verschluss, der entweder aufgrund seiner Farbe oder seiner recht derben Qualität „Strohkarton“ hieß (Abbildung 141). Der Bandwickel wurde zusammen mit zwei Wellpappscheiben in diese Kartons geschoben, ein Versandkarton fasste 30 Bänder.

Messtechnik und Reklamationsbearbeitung 1936 – 1939

Während der Magnetophonband-Entwicklung (1932 – 1935) fielen Fertigung, Aufbau der Messtechnik, Reklamationsbearbeitung und Qualitätskontrolle mehr oder weniger zusammen, zumal die AEG zunächst der einzige Abnehmer der I.G. Farben war und ab 1935 auch den Vertrieb der Magnetophonbänder übernahm, so dass Ludwigshafen keinen unmittelbaren Kontakt mit Endverbrauchern hatte (die Verrechnung besorgte die Zentrale der I.G. Farben in Frankfurt). Die Entwicklung wurde immer wieder dadurch behindert, dass man für Messungen am Band selbst lange Zeit auf die „*Rundlaufapparaturen*“ angewiesen war und dass Messgeräte teilweise erst zu entwickeln, Messverfahren noch zu vereinheitlichen waren. Immerhin konnte Matthias festhalten, der Ausschuss sei von anfangs 80 % auf 20 % zurückgegangen (wozu er anmerkt, dass Bänder aus Nachtschichten schlechter ausgefallen seien, worauf nur noch tagsüber produziert wurde).¹⁰⁴⁴

Das Magnetophon K 2 Nr. 1028, das die Aufzeichnung des Beecham-Konzerts bestritten hatte (Seite 99), war genau genommen ein Prüfgerät des Elektrolabors. In einen Anbau wurden dort um die Jahreswende 1935 / 1936 schallisolierte „*Ausprüffestellen*“ eingebaut, wo einige Frauen unter Leitung des Technikers W. Weber¹⁰⁴⁵ die Magnetophonbänder kontrollierten.¹⁰⁴⁶ Zu den Kinderkrankheiten der neuen Gießmaschine gehörte, dass sie nicht nur großflächige unbeschichtete Stellen produzierte, sondern auch „*längere, durchsichtige Längsstriche*“, ¹⁰⁴⁷ die später so genannten, verhassten und leider für das Gießverfahren typischen „Spionfehler“. Als Konsequenz daraus mussten fehlerhafte Stücke teils aus dem Block, teils aus dem einzelnen Band herausgeschnitten¹⁰⁴⁸ und die Enden haltbar, aber ohne zu versteifen oder zu verspröden, verklebt werden – das bedingte eine langwierige Suche nach einem Klebemittel, die schließlich zu einer speziellen Einstellung des I.G.-Produktes Cohesan führte.¹⁰⁴⁹ Das Elektrolabor hatte Ende 1936 eine Umspuleinrichtung mit Fotozelle zum Auffinden fehlerhafter Bandstellen in Arbeit, und um die Geschichte eines Bandes rückverfolgen zu können, war an der Gießmaschine auch ein Rollenstempel zum Aufdrucken der Chargennummer geplant ¹⁰⁵⁰ und Mitte 1937 eingebaut worden.¹⁰⁵¹

Als die Gießmaschine der Magnetophonbandfabrik im Sommer 1936 in Betrieb ging, bekam das Elektrolabor einen neuen Arbeitsschwerpunkt: als „Magnetophonband-Prüfstelle“ war es jetzt für Entwicklungsaufgaben und

die messtechnische Kontrolle zuständig (die schon bisher so genannten „Versuchs-Gießmaschinen“ dienten jetzt ausschließlich diesem Zweck¹⁰⁵²). Wie intensiv diese Prüfungen waren, lässt sich für die Zeit vor 1942 nur schwer beurteilen, wiederholte Ludwigshafener Klagen über nicht gelieferte Messgeräte deuten allenfalls auf Stichproben hin. Offensichtlich dauerte es lange, bis Gleichstand der Messmethoden (nach Verfahren, Umfang und Geräteausstattung) zwischen I.G. Farben und der AEG erreicht war. Natürlich war es ein unhaltbarer Zustand, dass Friedrich Matthias und Paul Friedmann öfters sozusagen „ins Blaue“ produzierten und sich dann erst umständlich mit der AEG abstimmen mussten. Dass alle Prüf-Bänder zwischen Elektrolabor und Magnetophonbandfabrik, das heißt, von einem Ende des Werksteils Ludwigshafen zum anderen, transportiert werden mussten, hat anscheinend keine ernsthaften Stockungen verursacht.

Erste Schritte zur Standardisierung: das „Normalband“, Charge 368

Ein Betrieb, in dem viele gleichartige Geräte im Einsatz sind, läuft mit geringsten Störungen, wenn jede Einheit unter gleichen Voraussetzungen gleiche Ergebnisse bringt; dazu müssten aber ihre Eigenschaften vollkommen identisch sein. Solche Wunschträume der Benutzer (Alpträume der Hersteller) sind in der Praxis natürlich nicht realisierbar, vielmehr müssen sich Produzent wie Konsument über sinnvoll eingegrenzte Fertigungs-Streuungen verständigen. Das ist – im Großen – unter anderem Sinn der Normung, im kleineren Maßstab Sache von Absprachen oder Lieferbedingungen zwischen Hersteller und Nutzer. Wenn es messtechnisch schwierig oder schlicht unpraktisch ist, die Eigenschaften eines Produkts anhand von physikalischen Grundgrößen zu beschreiben, verabreden beide Seiten ein „Normal“, das die Soll-Eigenschaften eines Produktes repräsentiert, und legen, ebenso wichtig, Toleranzen fest, innerhalb deren das laufende Produkt vom Normal abweichen darf.

Schon kurz nachdem die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft das *Magnetophon* eingeführt hatte, drängte sie in Ludwigshafen auf ein „Normalband“, nach dessen Eigenschaften alle Maschinen eingestellt werden sollten, und ließ wie nebenbei durchblicken, dass man mit der aktuellen Qualität des Magnetophonbandes nicht zufrieden sei. Die AEG sollte je drei „geeichte“ Aufnahme- und Wiedergabeköpfe fertigen.¹⁰⁵³ Einen Magnetband-„Idealtyp“ lieferte Ludwigshafen vermutlich 1939 / 1940 und machte dabei einen verständlichen, aber folgeschweren Fehler: *„Er kommt daher, dass man bei unzulänglicher, noch nicht auf den Höchststand entwickelter Fabrikation ein zufällig erreichtes Spitzenprodukt als Norm aufgestellt hat.“*¹⁰⁵⁴ Diese Charge 368 – bei Auftragseingang war noch eine größere Menge vorrätig¹⁰⁵⁵ – stellte also kein Mittelwertband dar, wie es sich für ein Normal am besten eignet, und daher erschien eine durchschnittliche Produktion, angesichts der vielen Minuszeichen vor den Messergebnissen, schlechter als sie möglicherweise war.

Zug um Zug verschoben sich die Aufgaben der „Magnetophon-Prüfstelle“, als ab 1939 die Produktion steil anzog und damit natürlich auch der Prüfaufwand anwuchs. Wie sich Messtechnik, Qualitätskontrolle und Reklamationsbearbeitung entwickelten, wie die Anforderungen präziser, die ausgefeilten Messmethoden aussagekräftiger wurden, ist ab Seite 217 dargestellt.

AEG-Erfolgsmodell Magnetophon K 4 (1939)

Ungeachtet aller technischen Errungenschaften wie dem Drei-Motoren-Antrieb hatte sich das Magnetophon zwischen 1935 und Ende 1937 weder als Koffer- noch als Truhenversion durchsetzen können – nicht einmal 200 Geräte waren seinerzeit im Einsatz, was die Ludwigshafener Bandproduktion schier zum Erliegen brachte.¹⁰⁵⁶ Im Nachhinein könnte man also meinen, die Magnetophon-Modelle K 1 bis K 3, T 1 bis FT 4 seien gewissermaßen Anläufe für ein Tonbandgerät gewesen, das 1939 erschien, in Varianten bis wenigstens 1948 gefertigt oder nachgebaut wurde, beim deutschen Rundfunk zur Basis des „ideale[n] Aufzeichnungsverfahren[s]“¹⁰⁵⁷ ausreifte und letzten Endes noch das Vorbild der US-amerikanischen Magnetbandgeräte-Industrie abgab: das Magnetophon Modell K 4.

Weil wichtige Produktionsunterlagen der Magnetophon-Fertigung verloren gingen, ist es kaum möglich, das Erscheinen der Modelle K 2, K 3 und eben auch K 4 auf den Monat, geschweige denn „tagesgenau“, zu datieren. Oft muss auf Presseartikel, selbst von Nichtfachleuten geschriebene, zurückgegriffen werden, um den Gang von Entwicklung bis Marktreife dieses – nach dem Magnetophon K 1 wichtigsten – Schrittmachers der Magnetbandtechnik zu skizzieren.

Drei günstige Umstände trafen in dieser kritischen Zeitspanne zusammen: einmal Schüllers Erfindung laut Patent DE 673 134, *Entmagnetisieren von Lösch- und Sprechkopf beim Abschalten durch oszillatorisch abklingenden Gleichstrom* vom 2. Februar 1937, die dem Magnetophon Hinterbandkontrolle (Seite 134) verschaffte, zweitens diverse kleine Entwicklungsschritte, die der Magnetophon-Band-Qualität zugute kamen, was drittens zur Folge hatte, dass die RRG ihre bisher eher skeptische Beurteilung weitgehend revidierte. Innerhalb eines Dreivierteljahrs, von Februar bis Oktober 1937, entstanden auf dieser Grundlage bereits „einige Muster“ eines wegweisenden Magnetbandgeräte-Modells:

Das Modell FT 2 sei ein ausgesprochenes Bürogerät und nicht für Musik- und sonstige hochwertige Zwecke bestimmt. Hierfür sei vielmehr ein Sondergerät entwickelt, das bereits in einigen Mustern bei der Reichsrundfunk-Gesellschaft in Betrieb genommen wurde. Weiterhin sei ein leichtes Reportagegerät mit Einmotorantrieb und Batteriespeisung im Bau sowie ein Gerät mit regelbarer Bandgeschwindigkeit und ein Chiffriergerät für militärische Zwecke.¹⁰⁵⁸

Das ist der erste (bekannte) Hinweis auf die Magnetophone Modell K 4 und Modell K 6 sowie eine nicht identifizierbare Tonschreiber-Ausführung. Die Bezeichnung „K 4“ war bereits Ende 1937 in Gebrauch, wie ein Mitte Dezember 1937 gezeichneter Stromlaufplan des Wiedergabe-Entzerrers zeigt.¹⁰⁵⁹ Als gegen Jahresende die RRG, aufgrund „*der in den letzten Monaten durchgeführten Versuche ganz positiv zum Magnetophon*“ eingestellt,¹⁰⁶⁰ einen Großauftrag plazierte – es

... soll die Reichsrundfunk-Gesellschaft 20 große Qualitäts-Apparate und 20 Reportage-Geräte bestellt haben. Es würde mich interessieren, ob es sich um eine reguläre feste Bestellung handelt, denn das wäre ja ein guter Anfang ...¹⁰⁶¹

... war somit auch die Wirtschaftlichkeit gesichert, zu schweigen vom erheblichen Gewinn an Reputation, den dieser Auftrag der AEG wie der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft versprach.

Es wird bei der AEG keine Debatte darüber gegeben haben, dass für den freien Verkauf wie schon bei den Vorläufern K 1 bis K 3 konsequenterweise nur die bisherige Drei-Koffer-Bauart (Verstärker, Laufwerk, Lautsprecher) infrage kam. Für die RRG war jedoch eine Variante nach deren technischen Vorgaben zu fertigen. Ergebnis war das Magnetophon Modell K 4 einerseits, das „*Magnetofon*“ R 22 mit dem „*Magnetofon-Verstärker V 7*“ andererseits. Die Wege zur Fertigungsreife verliefen weitgehend parallel; Indizien lassen den Schluss zu, dass der RRG-Auftrag Priorität hatte.

Der Übersichtlichkeit halber folgt zunächst die Chronologie der K 4-Entwicklung, bei der sich die AEG schon eng mit RRG abstimmte.. Wie sich das *Magnetofon* (durchgängig in dieser Haus-Schreibweise) bei der RRG einführte, welche Voraussetzungen und Folgen dies hatte, ist in eigenen Kapiteln dargestellt.

Labormuster und Vorseriengeräte

Von den Versuchsgeräten fortschreitender Entwicklungsstufe, die AEG der RRG vorstellte, ist nur jenes Exemplar knapp dokumentiert, das im Spätjahr 1937 die Rundfunktechniker (fürs Erste) zufriedenstellte. Einen individuellen Namen bekam dieser Technologieträger nicht (es sei denn, man wollte ihn „Versuchsgerät 5“ nennen), sondern nur die Bezeichnung „CR 11“, unter der im RRG-Labor üblicherweise Versuchsgeräte liefen. Ein AEG-Foto ist nicht bekannt, lediglich ein Grundlagen-Artikel von Braunmühls bringt eine Abbildung.¹⁰⁶²

Es war ersichtlich schon so weit ausgereift – oder es hatte erkennbar das Potential dazu –, dass von Braunmühl bekanntgab, die RRG werde auch (!) das Magnetophon in ihren Bestand aufnehmen.¹⁰⁶³ Im Kleinstformat erschien das RRG-Foto bereits in der Fachpresse bereits am 1. Februar 1938.¹⁰⁶⁴ Die Hauszeitschrift „*AEG-Mitteilungen*“ brachten im März 1938 eine karge Mitteilung ohne Typbezeichnung, aber durchaus auf das Mustergerät passend:

Das neue verbesserte Magnetophon-Koffergerät, das besonders für beweglichen Einsatz in Betracht kommt, ist mit einem eingebauten Anschlußglied für den Anschluß mehrerer Mikrophone, Rundfunkempfänger und Plattenspieler versehen und ist dadurch sehr vielseitig verwendbar. Um bei Tagungen, längeren Reden und ähnlichen Gelegenheiten pausenlos über beliebige Zeiten aufnehmen zu können, läßt sich ein zweites Laufwerk mit einem Überblendumschalter zuschalten. Das Gerät gestattet auch die Anschaltung eines Endverstärkers zur Wiedergabe über Großlautsprecher.¹⁰⁶⁵

Das heißt auch, dass von Anfang an gleichzeitig mit der RRG-Ausführung eine Endverbraucher-Version geplant war. Allerdings ist noch nicht gesagt, ob der Kopfträger dieses „Technologieträgers“ steckbar und somit auswechselbar war, auch wenn ein weiterer Presstext vom April 1938 klarstellt, dass CR 11 bereits Hinterbandkontrolle erlaubte (Seite 134):

Die Magnetton-Bänder können nicht nur sofort nach der Aufnahme abgespielt, sondern sogar schon während der Aufnahme abgehört und kontrolliert werden.¹⁰⁶⁶

Zwischen Frühjahr und Herbst 1938 differenzierte sich aus der Vorserien-K 4 beziehungsweise dem CR 11 einerseits das als Verkaufsprodukt für die Öffentlichkeit geplante Koffergerät Magnetophon K 4, andererseits die Rundfunkversion R 22 für die RRG. Im Herbst 1938 muss die endgültige, steckbare Bauart des Kopfträgers die des CR 11 abgelöst haben: dass er nicht mehr unlösbar mit dem Laufwerk verbunden war, erlaubte die Azimut-Einstellung von Aufnahme- und Wiedergabekopf unter einem Meßmikroskop (Bezugsbänder mit Aufzeichnung zur Spalteinstellung erschienen erst Ende der 1940er Jahre).

Eine AEG-Firmschrift beschreibt die entscheidende Änderung im Magnetsystem, die beiden Versionen gemeinsam war:

Das Magnetsystem hat eine von den bisherigen Modellen völlig abweichende Ausbildung erfahren. Es werden drei feststehende Magnetköpfe (Löschkopf, Sprechkopf, Hörkopf) verwendet, die in einen gemeinsamen Kopfträger eingebaut sind. Der Kopfträger ist an der Laufwerkplatte steckbar und leicht auswechselbar angeordnet.¹⁰⁶⁷

Wie Schaltbilder in den Service-Unterlagen zu einem Magnetophon K 4 des Portugiesischen Rundfunks zeigen,¹⁰⁶⁸ gab es beim diesem Projekt zwischen Mai und November 1938 teils Neukonstruktionen, teils Veränderungen an Komponenten (die auch der Rundfunkversion zugute gekommen sein werden). Das Modell K 4 wurde auf der Funkausstellung 1938 gezeigt, möglicherweise noch im CR-11-Stadium. Im Oktober und November 1938, nochmals im März 1939 folgen weitere neu ausgearbeitete Schaltungsunterlagen und -Änderungen. Mitte November kündigte AEG das Magnetophon K 4 im „*Rundfunktechnischen Vorwärts*“, einer NSDAP-Publikation, detailliert an.¹⁰⁶⁹ Dank Hinterbandkontrolle besaß das Magnetophon einen entscheidenden Vorteil gegenüber allen Aufnahmesystemen, bei denen jede Aufzeichnung vor der Wiedergabe erst zeitaufwendig „entwickelt“ werden musste. Ende 1938, Anfang 1939 hatte das Magnetophon K 4 offensichtlich Marktreife erreicht; Indiz

dafür ist, dass sich das Gerät auf der Leipziger Frühjahrmesse 1939 (5. bis 10. März 1939) präsentierte,¹⁰⁷⁰ ebenso während der Berliner Funkausstellung vom 28. Juli bis 6. August 1939.¹⁰⁷¹ Der erste Pressebericht, der ausdrücklich und eingehend das Magnetophon K 4 beschreibt, erschien zur Leipziger Frühjahrmesse 1939.¹⁰⁷² Realistisch ist somit 1939 als Erst-Baujahr des Magnetophons K 4 anzusehen, übereinstimmend mit der Braunbuchbeschreibung für das *Koffermagnetofon R 24*, identisch mit dem Magnetophon K 4.¹⁰⁷³ Die Magnetophon-Prüfstelle in Ludwigshafen besaß seit Juni 1939 ein Gerät.¹⁰⁷⁴ Der Preis war, gemessen an damaligen Einkommen, horrend. Eine komplette K 4-Anlage kostete nicht weniger als RM 3.650,¹⁰⁷⁵ weshalb die AEG als „Zielgruppe“ auch weiterhin keine Privatleute sah: das Magnetophon K 4

... erfüllt die Wünsche weiter Fachkreise des Rundfunks, Theaters, der volkskundlichen und psychologischen Sprachforschung, insbesondere aber des gesamten Gebiets der Vokal- und Instrumental-Musik. Die in ihm geschaffene Vereinigung höchster Wiedergabegüte mit allen dem AEG-Magnetophon eigenen praktischen Vorzügen rechtfertigt seine Einführung auf Gebieten, die dem Magnetton bisher kaum zugänglich waren.¹⁰⁷⁶

Unverkennbar, dass man im Magnetophon jetzt nicht mehr nur das Diktiergerät sah, sondern eher einen unverzichtbaren Assistenten für kulturelle Zwecke verschiedenster Art – für Diktate waren seitdem ausschließlich die FT 3- und FT 4-Typen zuständig.

Abbildung 142: Das „Magnetophon Koffergehäuse“, Modell K 4“ in einer offiziellen Aufnahme der AEG vom Späthjahr 1938.

Links der Lautsprecher, in der Mitte das Laufwerk, rechts der Verstärker.

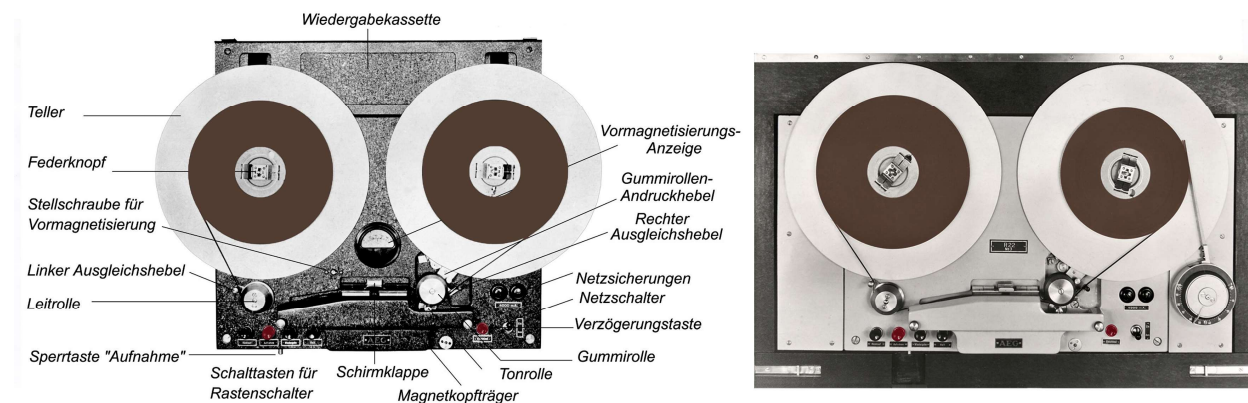


Abbildung 143 (LINKS): Magnetophon K 4, Baujahr 1939. Die Magnetköpfe sind feststehend im Kopfträger montiert, und damit ist beim Magnetophon zum ersten Mal Hinterband-Kontrolle möglich. – Die Wickelkerne sind mit „Federknöpfen“ auf den Wickeltellern fixiert; heute noch erhaltene K 4-Geräte sind fast durchweg auf die typische AEG-Kernaufnahme umgebaut. (RECHTS): Zum Vergleich Magnetofon R 22, die Rundfunkvariante des Magnetophons K 4

Das Magnetophon K 4 erwies sich als überragender Markterfolg, was auch die beachtliche Zahl heute noch vorhandener Geräte und (mittlerweile digital gesicherter) Aufnahmen beweist. Die Nachfrage dürfte bei AEG als der langerwartete Durchbruch gefeiert worden sein. Ein charakteristisches Beispiel für die Liefersituation 1939 / 1940: Als das Staatliche Institut für Deutsche Musikforschung (STIDMF) Berlin ein Magnetophon beschaffen wollte, gab AEG zwar am 25. März 1939 ein detailliertes Angebot ab – Gesamtsumme RM 3.560 –, widerrief es aber bereits am 6. April 1939 mit der Begründung, das Gerät sei serienmäßig noch nicht lieferbar, als Liefertermin käme frühestens Anfang 1940 infrage. Ein neues Angebot reichte AEG am 18. August 1939 ein (Preis jetzt RM 3.725), lieferte das Gerät Nr. 1418 aber erst am 4. Januar 1940 aus. Selbst das STIDMF musste offenbar zugunsten höherer Stellen zurücktreten, selbst wenn hinter der Bestellung ein obskures Projekt des SS-Chefs Heinrich Himmler stand¹⁰⁷⁷ (und das Gerät schließlich, Ironie des Schicksals, bei den Nürnberger Prozessen zu Tonaufnahmen eingesetzt wurde). Abstriche hinnehmen musste auch der Finnische Rundfunk, der nicht weniger als 40 Magnetophone bestellt hatte¹⁰⁷⁸ und sich schließlich, ungeachtet des prestigeträchtigen vorgesehenen Einsatzes bei den Olympischen Spiele 1940, mit nur zwölf Geräten begnügen musste.¹⁰⁷⁹

Aber selbst wer über knapp RM 4.000 verfügte, konnte nicht ohne weiteres ein Magnetophon K 4 bestellen: schon im September 1939, kurz nach Kriegsbeginn, war bei der „Reichsstelle für Eisen und Stahl“ die Freigabe der für die Fertigung eines K 4 notwendigen *84 kg Metall* eigens zu beantragen, offenbar aufgrund von Kriegsbewirtschaftungsgesetzen. Immerhin zeigt ein solches Gesuch, welcher Materialeinsatz erforderlich war: 1 kg Bronze, 4,5 kg Kupfer, 1,5 kg Messing, 6,5 kg Zink, 8 kg Silumin (Material für die Montageplatte), 1,5 kg Aluminium-Blech und 2 kg Mu-Metall (Abschirmungen für Magnetköpfe, Übertrager und so weiter), die restlichen 25 kg dürften auf Stahl entfallen sein.¹⁰⁸⁰

Immerhin: ein K 4-Gerät, das etwa Oktober 1939 beim Portugiesischen Rundfunk angekommen sein wird, hat die Herstell-Nummer 1260; das K 4, das STIDMF am 28. Juli 1939 als Leihgerät von AEG erhielt, trägt die Nr. 1297; Dritter ist das schließlich an das STIDMF gelieferte Gerät Nr. 1418, das gegen Jahresende 1939 gefertigt worden sein muss. Angenommen, die Herstell-Nummern seien kontinuierlich und nur für das Magnetophon K 4 vergeben worden, müssten also allein im Sommer 1939 158 K 4-Geräte gebaut worden sein.

Zur Chronologie des Magnetophons K 4 gehört freilich auch ein beängstigendes Datum: Am 1. September 1939 begann der Zweite Weltkrieg.

Kennzeichen und Technik des Magnetophon Modell K 4

Mit den Geräten der K 4-Serie kam also 1939 der eigentliche Durchbruch des Magnetophons. Wenn auch einige Schätzungen von tausend gebauten Geräten ausgehen, so scheint doch die Schüllersche Angabe von etwa 400 bis Kriegsende gebauten K 4 zuverlässiger, Westpfahl schätzt etwa 500 Stück.¹⁰⁸¹ Dabei sind durchaus wesentliche, grundsätzliche Entwicklungsschritte im „K 4-Zeitalter“ realisiert worden. Während das Laufwerk noch stark an die vorhergehenden Modelle erinnerte, wurde dieses Gerät von der Gleichstrommagnetisierung der K 1-Generation bis zur Hochfrequenz-Vormagnetisierung weiter entwickelt. Kurz und bündig urteilte ein amerikanischer Fachmann Ende 1945: *„This is a very practical machine. A large number of them were used militarily for monitoring radio programs and communications and recording of secret conversations and interrogations were made by interested bodies, using this model.“*¹⁰⁸² Das Magnetophon hatte also seinen ausschließlich zivilen Charakter verloren; es wäre freilich weltfremd, angesichts der Zeitläufte anderes zu erwarten.

Die K 4-Varianten hatten natürlich viele Gemeinsamkeiten, die in den folgenden Abschnitten geschildert sind. Bei der deutschen Wehrmacht und der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft standen relativ wenige Exemplare als Ton-schreiber a beziehungsweise Magnetofon R 24 im Dienst – sie entsprechen weitgehend der Standardausführung –, weil beide Körperschaften spezielle Ausführungen von der AEG bezogen. Die Deutsche Reichspost (miss)-brauchte modifizierte K 4 als „Zwillings-Apparatur“ zum Aufzeichnen von Telefongesprächen (Abbildung 192). Eine eigene Beschreibung verdienen die „Magnetton-Systeme“ der RRG (R 22 mit dem Kopfräger R 7 und dem Verstärker V 7, die „Schallaufnahme“ R 122a mit dem Laufwerk R 22a, dem Kopfräger R 7a und den Verstärkern V 7b und V 5); die Unterschiede sind im Zusammenhang auf Seite 184 ff. aufgeführt. Von ihren Vorgängern übernahm die kommerzielle Version Magnetophon K 4 die Aufteilung in drei Koffer.

Im Laufwerk wurden Vor- und Rücklauf mittels zweier Kollektormotoren mit dazugehörigen Bremsen realisiert, wie schon bei den vorhergehenden Magnetophontypen üblich. Auch die Fliehkraftbremsen zum Verhindern überhoher Drehzahlen bei unbelasteten Motoren wurden übernommen. Vier Tasten links neben dem Kopfräger steuerten die Funktionen: von links nach rechts Rücklauf, Aufnahme (Sicherung über mechanischen Sperrdrücker), Wiedergabe, Halt. Für den schnellen Vorlauf waren auch bei diesem Gerät gleichzeitig Rücklauf und Halt zu drücken. Der Tonmotor, ein überdimensionierter Asynchronmotor, der das Band mit 77 cm/s transportierte, diente ebenfalls wieder zur Kühlung der anderen Motoren, indem sein Zusatzgebläse die Kühlluft durch die anderen Motoren trieb (Abbildung 144). Sollten zwei Maschinen im Endlosbetrieb wiedergeben und dabei nahtlos von einem Band auf das andere überblendet werden, konnte mit der roten „Gleichlauf“-Taste (vorn rechts zwischen Tonkopfräger und Netz-Kippschalter) die Drehzahl des Tonmotors der „übernehmenden“ Maschine bis zum Gleichlauf beider Aufzeichnungen herabgesetzt werden, indem die Zuschaltung des Anlasskondensators zum Tonmotor verzögert wurde (im Prinzip also die Übertragung der Schallplatten-Überblendtechnik auf das Magnetophon, siehe Seite 174).

Insbesondere die Ölschmierung des Tonmotors war noch so wichtig (einmal pro Acht-Stunden-Tag), dass direkt auf der Laufwerkplatine ein Ölerloch vorgesehen war (zwischen rechter Seite des Tonkopfrägers und Vorderkante der Laufwerkplatte). Auffällig und ein Kennzeichen des erreichten Entwicklungsstands ist, dass zum ersten Mal eine Rahmenkonstruktion aus geschweißten Winkelprofilen alle Komponenten unter der Laufwerksplatine trug und schützte.

Als typische Identifikationsmerkmale für K 4 sind (außer dem charakteristischen schwarzen Kräusellack der Laufwerksoberfläche) das Instrument für den Vormagnetisierungsstrom zwischen den Wickeltellern zusammen mit dem danebenliegenden Einsteller zu nennen. Die Wickelkern-Aufnahmen, in den ersten Serien noch mit „Untermann“-Blattfedern ausgerüstet, wurden später gegen AEG-Wickelkernhalterungen ausgetauscht, die auf deutschen Studiomaschinen in den nächsten Jahrzehnten Standard blieben.

Ab Modell K 4 fanden auch der Netzschalter zusammen mit den Netzfeinsicherungen ihre Plätze rechts unten auf der Laufwerkplatine. (Beim K 2 hatte man die Sicherungen noch unter der Laufwerksplatine, zwischen den Luftschläuchen, zu suchen.) Da das Modell K 4 nicht mehr als Diktiergerät arbeiten sollte, war die Fern-

steuerung des Gerätes vom Mikrofon aus entbehrlich; damit entfiel der ganze Auslösekreis mit Cutax-Patrone und ihrer Beschaltung.

Die „Leitrolle“, bei K 2 noch unter der großen Klappe verborgen, war weiter nach links außen gerückt und wesentlich massiver ausgelegt. Zusätzlich zu ihrer geometrischen Funktion, nämlich das Band umzulenken, sollte sie in Zusammenarbeit mit dem gefederten linken Ausgleichshebel auch den Bandlauf verstetigen, das heißt, ihre Schwungmasse hatte Unstetigkeiten des Ablaufs auszugleichen, seien sie nun von Unebenheiten im Bandwickel oder kleinen Drehmomentschwankungen des Wickelmotors verursacht.

Der Antriebsmechanismus der Gummiandruckrolle stammte aus früheren Modellen; die Konstruktion blieb ebenfalls weiter Standard, selbst in den ersten Geräten nach 1945. Die Andruckrolle war also auf einem (schwarzen) Hebel montiert, der um eine Welle am entgegengesetzten Ende drehbar gelagert war. Die Gummirolle wurde an die Tonrolle gedrückt, indem ein kurzer, metallischer Hebel mit einem Metallrad um einen kleinen Winkel gedreht wurde. Dieser ist auf Abbildung 146 am linken Anschlag zu sehen; in dieser Stellung lag die Gummirolle nicht an der Tonrolle an. Ein Zugmagnet unter der Laufwerkplatine zog an einem Arm auf der Welle dieses metallischen Hebels, der sich daraufhin zum rechten Anschlag bewegte. In dieser Stellung kam es fast zu einer „Verknüpfung“ des Hebels, das heißt, auch ohne Kraftaufwand blieb die Hebelkombination so stehen, dass die Gummiandruckrolle das Tonband fest gegen die Tonrolle drückte. Von der Gummiandruckrolle aus lief das Band unmittelbar zum rechten Bandwickel (eine Umlenkrolle an dieser Stelle des Bandlaufs findet sich erst beim Magnetophon Modell K 7).

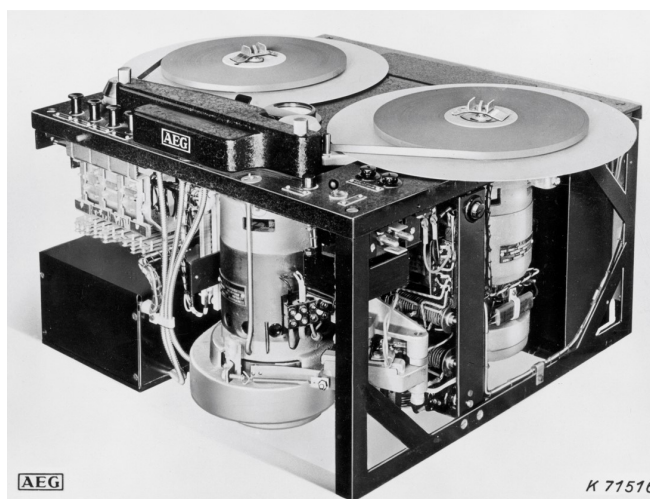
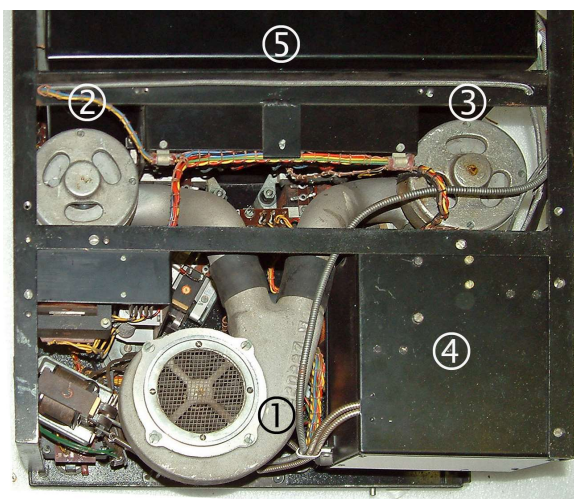


Abbildung 144: Magnetophon K 4 von unten. Das Kühlluftsystem beherrscht diese ungewöhnliche Ansicht. In Bildmitte unten der Tonmotor ① mit dem Lüfterrad, oben die beiden Wickelmotore ② und ③. In dem geschlossenen Metallkasten ④ neben dem Tonmotor ist das Aufnahme-Netzwerk untergebracht. Die angeschnittene Kassette ⑤ (oben) beherbergt den „Wiedergabeentzerrer“.

Abbildung 145: Magnetophon K 4, aus dem Laufwerkskoffer ausgebaut. In der Bildmitte der Tonmotor, links, unter dem Tastensatz, das Abschirmgehäuse des Aufnahme-Netzwerks. Gut zu erkennen ist die am Tonmotor entlang nach unten laufende Ölleitung mit der oben abschließenden Kappe.

Die kleine, eher unscheinbare Rolle rechts neben dem Andruck-Mechanismus hieß „rechter Ausgleichshebel“ und hatte eine Sicherheitsfunktion: Das Tonband wurde zwischen Gummiandruckrolle und federndem Ausgleichshebel durchgeführt; dieser war elektrisch isoliert und so verdrahtet, dass er am Bandende Kontakt nach Gehäusemasse gab und dadurch das Gerät ausschaltete.

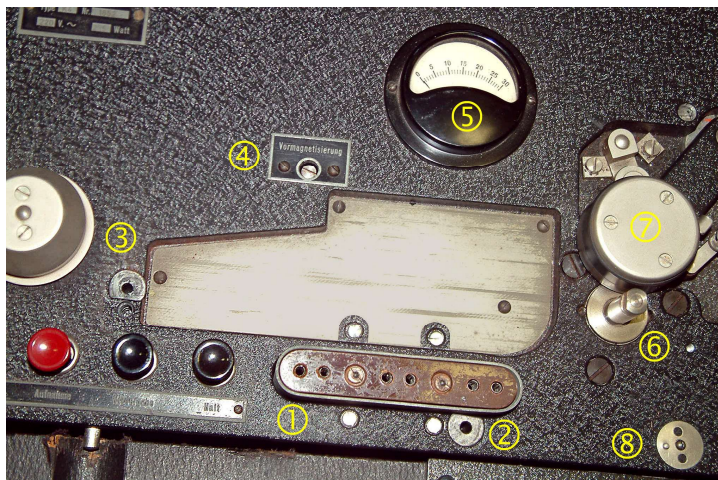
Zu den technischen Unvollkommenheiten des Laufwerks des K 4 (und damit auch des R 22 / R 22a) zählen zwei eigentlich erstaunliche Mängel. Der Band-Rücklauf war nur durch gleichzeitiges Drücken der Halt- und der Vorlauf-Tasten zu starten – mit entsprechenden Konsequenzen bei Fehlbedienung –, zudem ließ sich weder beim Vor- noch beim Rücklauf die Spulgeschwindigkeit einstellen. Beides dürfte gerade bei Schnitt- und Montagearbeiten hinderlich gewesen sein. Dieses Manko wurde beim Magnetophon K 7 und seinen Nachfolgern behoben. Ebenso bedenklich war, dass eine Vorrichtung fehlte, um das Magnetband während des Umspulens von den Köpfen abzuheben; das dürfte weder der Lebensdauer der Magnetköpfe noch des Bandes bekommen sein. Um dies zu umgehen, scheint es vereinzelt Praxis gewesen zu sein, das Band – statt am Kopfträger vorbei – über einen Umlenk-Stift, besser eine Rolle zu führen, die nachträglich in der Mitte zwischen den Wickeltellern angebracht wurde. Der „Umweg“ verhinderte zudem, dass Unvorbereitete von geisterhaftem Lärm erschreckt wurden, wenn beim Umspulen das Gerät zufällig noch auf die Wiedergabe-Lautsprecher geschaltet war. – Wie auch dieses Problem beim Magnetophon K 7 gelöst wurde, wird auf Seite 247 gezeigt.

Aus seinem Koffer ausgebaut (nach Lösen der vier Bodenschrauben und der zwei Schrauben des Abdeckblechs auf der Vorderwand vor dem Laufwerk), zeigte das K 4 weitere Charakteristika (Abbildung 144): Die schon erwähnten Gussteile des Kühlluftsystems, die bereits vom K 2 bekannten Fliehkraftbremsen an den Wickelmotoren, der erstmalig realisierte, fast vollständige Schutzrahmen um das Gerät herum. Die Wiedergabekassette ist oben zu erkennen, sie kann nach Lösen der elektrischen Verbindungen entnommen werden. Das Aufnahme-

Netzwerk befindet sich abgeschirmt in einem Metallgehäuse in der einen Ecke neben dem Tonmotor. In der anderen Ecke ist der Bremsmagnet des Tonmotors zu sehen, der über einen Anguss an dem Motorgehäuse sehr robust mit diesem verbunden war.

Abbildung 146: Die „Schnittstelle“ zwischen Gerät und Kopfträger beim Magnetophon K 4. Die elektrischen Anschlüsse laufen über die ovale Steckverbindung ① mit den insgesamt sechs Kontakten. Rechts unterhalb der Steckerleiste ② und links neben dem Kopfträger-Ausschnitt ③, oberhalb der Wiedergabetaste) sind zwei der drei Bohrungen zu sehen, die die Indexstifte im Kopfträger aufnehmen; diese Auflageflächen sind genau definiert.

Oben die Stellschraube ④ und das Anzeige-Instrument ⑤ für den Vormagnetisierungsstrom; rechts die Tonrolle ⑥ und die Gummindruckrolle ⑦ mit ihrem Mechanismus sowie die Verschlusskappe ⑧ für die Ölleitung zum Tonmotor.



Exkurs V: „Hinterbandkontrolle“

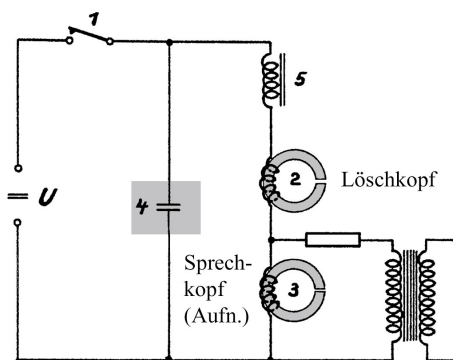


Abbildung 147: Ein Pfennigbauteil für einen bedeutenden Fortschritt: die automatische Entmagnetisierung von Lösch- und Aufnahmekopf – damit erlaubt das Magnetophon Hinterbandkontrolle! Am Ende einer Aufnahme öffnet sich mit dem Druck auf die Stopp-Taste der Schalter ①. Das aktiviert den aus Kondensator ④ und den Spulen von Löschkopf ② und Aufnahmekopf ③ gebildeten Schwingkreis, und die abklingenden Schwingungsströme neutralisieren beide Kopfkern magnetisch.

Hinterbandkontrolle ist einer jener salopp geprägten Begriffe, die, weil nicht ohne weiteres verständlich, nur durch fortgesetzten Gebrauch in der Fachsprache allgemein gebräuchlich wurden. Eine Definition vom Herbst 1938 erläutert:

Das Magnettonverfahren ist jedoch mit Ausnahme eines Verfahrens das einzige, welches ein Abhören der Aufnahme bereits nach kürzester Zeit – praktisch gleichzeitig – gestattet. Die Zeitdifferenz zwischen Aufnahme und Abhören ist allein bedingt durch den Abstand Sprechkopf - Hörkopf sowie die Laufgeschwindigkeit des Filmes und beträgt etwa 1/10 Sekunde. Wenn man also den Hörkopf über einen besonderen Verstärker bereits während der Aufnahme anschließt, so ist man jederzeit genau im Bilde, ob die Aufnahme gelingt oder ob etwa Störungen irgendwelcher Art, z. B. Übersteuerung usw., aufgetreten sind. Gerade diese Möglichkeit des unmittelbaren Abhörens nach der Aufnahme macht das Magnetophon besonders für nur einmalige Darbietungen einsatzwichtig. Man denke z. B. an Rundfunkreportagen, wertvolle Vorträge u. dgl. mehr.¹⁰⁸³

Anders gesagt: ein eminenter Vorteil gegenüber Schallplatte und Tonfilm, selbst gegenüber der Schallfolie, zu schweigen von Tefiphon und Selenophon (Seiten 144 und 179) und selbstredend gegenüber K 1 bis K 3. Was der Verfasser Rolf Müller-Ernesti mit „*Ausnahme eines Verfahrens*“ anspricht, zielt auf die Stahlband-Maschinen der Firmen Lorenz und Marconi. Den Nutzen des „*off-tape monitoring*“ beziehungsweise „*instantaneous playback monitoring*“ verdeutlicht eine britische Publikation:

Since the recorded programme is reproduced a fraction of a second after the recording actually takes place, the quality of this can be readily compared with that of the incoming programme. It has already been pointed out that this facility enables the recording engineer to determine and adjust the recording level by listening to the programme after reproduction, since it is necessary to effect a compromise between limits imposed by signal/noise ratio and distortion.¹⁰⁸⁴

Allerdings hat Müller-Ernesti ein weiteres Verfahren übersehen, nämlich die Philips-Miller-Maschine (Seite 179), der schon „von Haus aus“ Hinterbandkontrolle mitgegeben worden war, brauchte sie doch für den mechanischen Antrieb des Schneidstichels (Aufzeichnung) ebenso wie für die optische Abtasteinheit (Wiedergabe) jeweils eigene Wandler und Verstärker.¹⁰⁸⁵

Es hatte eine bemerkenswerte Konsequenz, dass Hinterband-Abhören Jahrzehnte lang Standard in allen professionellen Studios war, denn es ist ziemlich sicher, dass dies die Klangvorstellung von Tonmeistern und Toningenieurern geprägt hat. Ohne Zweifel schrumpften die ohnehin subtilen Unterschiede zwischen „vor Band“ – also dem Signal am Mischpultausgang – und „hinter Band“ im Lauf der weiteren Entwicklung asymptotisch zusammen. Als dann aber die Digitaltechnik, nach gehörigem Ausreifen, einen neuen Qualitätsstandard setzte, vermissten einige Fachleute die „Wärme“ der Analog-Aufzeichnung, was den Rückzug dieser Technik merklich verzögert hat.

Mit Hinterband-Kontrolle wird das Magnetophon volljährig

Spätestens während der Funkausstellung 1936 wird Eduard Schüller ein mit dem Magnetophon konkurrierendes Exponat studiert haben: die Stahlton-Bandmaschine der Berliner C. Lorenz A.G., eine Konstruktion von Semi Joseph Begun. Im Großen und Ganzen wird Schüller nur ein Detail der Maschine beeindruckt haben: sie bot Hinterband-Kontrolle, was zwar getrennte Wandler und Verstärker für Aufnahme und Wiedergabe erforderte, aber für die – zumindest professionelle – Praxis sofort unentbehrlich wurde.

Das Philips-Miller-System (Seite 179) bot, schon konstruktionsbedingt, ebenfalls diese ungemein nützliche „Hinterband-Kontrolle“ (off-tape monitoring, instantaneous playback monitoring).¹⁰⁸⁶ Nicht so die Magnetophone K 1 bis K 3: wegen der Gleichstrom-Vormagnetisierung war es, wie schon beschrieben (Seite 134), praktisch nicht zu vermeiden, dass das Kernmaterial ihrer Lösch- und Aufnahmeköpfe remanent magnetisiert wurde. Käme bei Wiedergabe ein „magnetisierter“ Kopf in Kontakt mit dem Band, würde die Aufzeichnung, wenn auch nicht gelöscht, so doch qualitativ beeinträchtigt.¹⁰⁸⁷ Es war also außerordentlich wichtig, dass ein bespieltes Band weder den Lösch- noch den Aufnahmekopf berührte; dazu wurden beide vom Band weg-, der Wiedergabekopf herangeschwenkt. Die „schwenkbare Kopf-Trägerplatte“ schloss jedoch aus, dass der Wiedergabekopf während der Aufnahme Bandkontakt hatte, und damit entfiel die Hinterband-Kontrolle. So erübrigte sich auch die Frage, ob man sich einen zweiten, teuren Verstärker für die Wiedergabe überhaupt leisten konnte (es hätte sich sonst sicher ein mechanischer Kunstgriff gefunden, um das Band auch während der Aufnahme über den Wiedergabekopf laufen zu lassen).

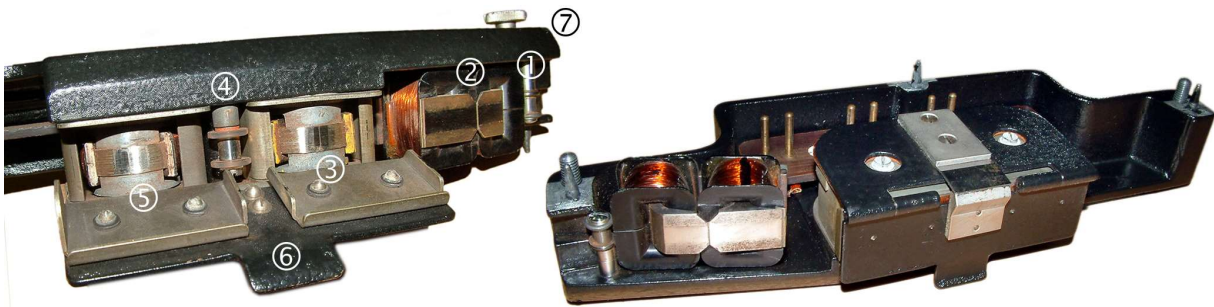


Abbildung 148 (LINKS): Der Kopfträger für das Magnetophon K 4 und das Rundfunk-Magnetophon R 22, hier „Kopfträger R 7“ genannt. Die Bandlaufrichtung ist von rechts nach links! – Von rechts folgen aufeinander: ① Bandführung, ② breiter Löschkopf mit dem typischen „Schüller-Horn“, ③ Aufnahme-Magnetkopf, ④ Bandführung, ⑤ Wiedergabe-Magnetkopf. Im Vordergrund ⑥ die gemeinsame Abschirmklappe für Aufnahme- und Wiedergabekopf. Ganz rechts oben: eine der Rändelschrauben ⑦ zur Befestigung des Kopfträgers auf der Montageplatte. — Abbildung 149 (RECHTS): Derselbe Kopfträger, von unten gesehen, hier mit geschlossener Brummklappe.

Schüllers Lösung, wieder ebenso einfach wie beinahe genial, hieß, beim Anhalten des Bandes den Lösch- und den Aufnahmekopf automatisch zu entmagnetisieren, und zwar zuverlässig und mit geringstem Bauteileaufwand (siehe die praktische Ausführung in Abbildung 165, Seite 151):¹⁰⁸⁸ ein während der Aufnahme aufgeladener Kondensator entlud sich beim Anhalten derart über Lösch- und „Sprechkopf“, dass eine abklingende, kräftige elektrische Schwingung entstand, die die Köpfe effektiv entmagnetisierte. Folgerichtig konnten die Magnetköpfe, jetzt „ortsfest“ angeordnet, immer in Kontakt mit dem Magnetband bleiben (das ist nur beim Umspulen nicht immer erwünscht), und damit bekam auch das Magnetophon Hinterband-Kontrolle – wegen des kleinen Abstands zwischen Aufnahme- und Wiedergabekopf mit nur etwa 70 ms Verzögerung. Die „umständliche, platzraubende und teure Klappvorrichtung“, die bisher die Köpfe trug, und die zugehörige Steuerung hatten ausgedient; an ihrer Stelle erschien ein charakteristisches Bauteil professioneller Magnetbandgeräte: der „Kopfträger“ (Abbildung 148), ein länglicher, stabiler Metallgusskörper, in dem Lösch-, Aufnahme- und Wiedergabe-Magnetkopf zusammengebaut waren. So ergab sich eine wartungsfreundliche und vergleichsweise kompakte Baugruppe, die sich – für die Praxis eine wertvolle Neuerung – als Ganzes austauschen ließ; lediglich der für den jeweiligen Kopfträger vorgegebene (aufgedruckte) optimale Gleichstromwert für die Vormagnetisierung war einmalig einzustellen (zentrales Instrument sowie Einstellschraube „Vormagnetisierung“).

Eine Laboratoriums-Mitteilung vom September 1939 ist bisher der einzige Beleg dafür, dass schon diese Magnetkopf-Typen rückwärtige Spalte hatte, die in Schüllers Erfindungspatent nicht vorgesehen sind. Im Aufnahmekopf lässt sich über die Rückspaltbreite der HF-Strom vorjustieren, beim Wiedergabekopf kann die Induktivität angepasst werden. Erst in den 1950er Jahren stellte sich heraus, dass der Rückspalt auch wirksame Hilfe gegen remanente Magnetisierung des Kerns bietet.

Als elektrische Anschlüsse dienten Rundkontakte; Details zeigen Abbildung 146 und Abbildung 148. Die mechanische Verbindung besorgten drei Indexstifte (zwei dazugehörige Bohrungen sind in der Abbildung 146 zu sehen) und zwei Rändelschrauben, wobei die Indexstifte sowie genau definierte metallische Auflageflächen die Reproduzierbarkeit der mechanischen Einstellung gewährleisteten.

Man kann sagen, erst mit der Hinterband-Kontrolle sei das Magnetophon „erwachsen“ geworden, denn so, betont Rolf Müller-Ernesti aus dem AEG-Team, „ist man jederzeit genau im Bilde, ob die Aufnahme gelingt oder ob etwa Störungen irgendwelcher Art, z.B. Übersteuerung usw., aufgetreten sind. Gerade diese Möglichkeit des unmittelbaren

Abhörens nach der Aufnahme macht das Magnetophon besonders für nur einmalige Darbietungen einsatzwichtig. Man denke z.B. an Rundfunkreportagen, wertvolle Vorträge u. dgl. mehr.“ 1089

Zum ersten Mal wurde bei einem Seriengerät der schon erwähnte, besonders breite Gleichstrom-Löschkopf verwendet (Seite 101). Die eigentlichen Tonköpfe waren wieder Ringköpfe nach Schüllers grundlegendem Patent,¹⁰⁹⁰ die hier erstmals nicht mehr mit runden Halbnäpfen abgeschirmt wurden, wie etwa in Abbildung 112, Seite 102 zu sehen, sondern in dickwandigeren Spezialabschirmungen saßen; von „vorn“ schützte eine Klappe („Brummklappe“) gegen störende Magnetfelder, die wie ein Deckel vor die Abschirmtöpfe von Aufnahme- und Wiedergabekopf schwenkte. Damit verschwand auch eine andere „umständliche Klappvorrichtung“, nämlich die etwa in Gerätemitte hochschwenkende Metallguss-Haube, die bei K 1 bis K 3 das Banderlegen zu einer recht umständlichen Prozedur machte. Bei umgelegter, also offener Brummklappe lag kein Hindernis im Bandpfad, so dass das Magnetophonband mit der rechten Hand allein eingefädelt werden konnte.

Eine Einschränkung blieb vorerst: das Magnetophon K 4 erlaubte in der Tat erstmals Hinterbandkontrolle, allerdings nur mit zusätzlichem Aufwand. Der Verstärker im K 4-Verstärkerkoffer war nämlich beispielsweise mit einer Mikrofonaufnahme schon ausgelastet (der Kopfhörer-Anschluss erlaubte dann lediglich Mithören des Eingangssignals). Ein „besonderer Verstärker“, der, an die Verstärker-Kassette des K 4 angeschlossen, etwa den K 4-Lautsprecher versorgt hätte, gehörte jedoch nicht zum Lieferumfang.

Anpassungs-Netzwerk und Verstärker

Verglichen mit einem moderneren Dreikopf-Dreimotoren-Gerät, erscheint das Verstärker-Konzept der K 4-Anlage zunächst ungewohnt. Der Aufnahmeteil – nur passive Elemente – war in einem Abschirmgehäuse fest unter dem Laufwerk in der Nähe des Tonmotors eingebaut. An eine externe Verstärkeranlage, die ein Tonsignal mit ca. 1,5 V an 200 Ω bereitstellte und der zur Wiedergabe 10 ... 20 mV (200 Ω) genügten, konnte das Magnetophon K 4 unmittelbar zur Aufnahme angeschlossen werden.



Abbildung 150 (LINKS): Magnetophon K 4 ohne Spulenteller: gut zu erkennen sind die Ölerlöcher für die Wickelmotore.

Abbildung 151 (RECHTS): Der Verstärker-Koffer des Magnetophons K 4. Im Anschlussfeld oben rechts sind unterhalb des „Impulsmessers“, also des Aussteuerungsinstruments, die Anschlussbuchsen für „Dyn. Mikrofon“, „Kond. Mikrofon“, „Ton-Abnehmer“ und „Rundfunk“ zu erkennen. Unten, neben der Netzkabeldurchführung, der Hauptschalter, die Anschlussbuchsen für die Lautsprecherbox, einen Kopfhörer, der Lautstärkesteller sowie ein Steller „Klangfarbe“ mit den Richtungen „hell“ und „dunkel“. – Der Lautsprecherkoffer glich äußerlich dem der Kofferausführung des Magnetophons K 2 (Abbildung 100, Seite 99).

Der Wiedergabeteil benötigte aktive Bauelemente und musste daher gut zugänglich sein. Die Röhren unter der kleinen Abdeckung (zwei Schrauben) des Verstärkers („Wiedergabekassette“ in Abbildung 143) waren leicht auszutauschen. Nach Lösen der vier Schrauben ließ sich auch die große Abdeckung entfernen, so dass die Anschlussklemmen des Verstärkers zugänglich wurden. Um störende Körperschallübertragung vom Laufwerk auf den Verstärker abzuschirmen, war dieser als „Wiedergabekassette“ in U-förmigen Filzhaltern eingesenkt, für die Abschirmung gegen elektrische und magnetische Störfelder sorgte die metallische Kapselung der gesamten Einheit. Die wesentlichen Röhren sind schon eine Generation moderner als die im Verstärker V 7, nämlich zwei „echte“ Stahlröhren der Typen EF 12, wobei „echt“ heißt, dass das Röhrensystem eben nicht in einem Glaskolben saß (derartige Röhren wurde seit 1938 in Deutschland gefertigt; im Ausland waren häufig Glasröhren in metallischen Schutzgehäusen zu finden, die auf den ersten Blick wie Stahlröhren aussahen). Auch das Magnetophon K 4 lieferte am Ausgang als Nutzsignal nur etwa 20 mV an 200 Ohm; damit waren hier also weitere Verstärker notwendig.

Die Gleichrichterröhre vorhergehender Magnetophon-Generationen ersetzten in diesem Gerät Trockengleichrichter auf Selen-Basis, die sich unter dem Laufwerk befanden. Die benötigten 150 V Gleichspannung für die Röh-

ren wurde in der Reihenschaltung zweier Graetz-Gleichrichter gewonnen. Die Spannung des einen Gleichrichters diente gleichzeitig für die Magnetisierungsaufgaben (Löschung und Vormagnetisierung). Ein dritter Gleichrichter arbeitete für die Heizspannung der Röhren.

Wenn die K 4-Anlage alleine aufnehmen und wiedergeben sollte, waren der Lautsprecher- und der Verstärkerkoffer gefragt. An die umschaltbaren Eingänge des zweistufigen Verstärkers konnten wahlweise ein dynamisches (Eingangswiderstand 60 Ω) wie ein Kondensator-Mikrofon (200 Ω), ein Tonabnehmer (5 k Ω) oder ein Rundfunkgerät (500 k Ω , zweipolige Kondensatorabriegelung) angeschlossen werden. Die beiden Pentoden AF 7 und AL 4 hoben den Signalpegel soweit an, wie es zum Einspeisen in das Aufnahme-Netzwerk im Laufwerkskoffer erforderlich war. Erstmals besaß ein Magnetophon auch einen geeigneten Aussteuerungsanzeiger, seinerzeit „Impulsmesser“ genannt. An den Ausgang des Verstärkers war eine steuerbare Mischröhre vom Typ AH 1 angeschlossen, die ein Milliampereometer mit „*besonders kurzer Einschwingzeit*“ ansteuerte und so einen Spitzenwertanzeiger zur Aussteuerungsmessung realisierte: Kurzzeitige Überlautstärken – etwa Paukenschläge in Musikstücken – können die Aussteuerung eines Magnetophonbands weit in die Sättigung treiben, ohne dass ein gewöhnliches Messinstrument dies anzeigen würde; es ist zu träge. Die vorliegende Schaltung hielt den Signal-Spitzenwert etwas länger fest, indem die gleichgerichtete Tonsignalspannung zwar einen schnellen Anstieg des Anodenstromes auf den Maximalwert zuließ; diese Steuerspannung konnte jedoch wegen der Sperrwirkung der Diode nur langsam vom geladenen Kondensator am ersten und dritten Gitter der AH 1 wieder abfließen. Diese „Rücklaufverzögerung“ machte die Anzeige leichter ablesbar. Zusammen mit einem Pegelsteller war damit eine funktionierende Aussteuerungskontrolle gegeben. Das Aussteuerungsinstrument ist in der Vorderfront des Verstärkerkoffers zu sehen; hier war auch ein Ablagefach für das Mikrofon zu finden.

Zur Wiedergabe über Lautsprecher (im dritten Koffer war erstmals ein hochwertiges dynamisches 15- Ω -Chassis eingebaut) wurde der Ausgang des Laufwerk-Wiedergabeverstärkers (Flexokabel mit unverwechselbaren Steckern) an den Eingang des Kofferverstärkers gelegt, der etwa 4 Watt Ausgangsleistung lieferte. Die notwendigen Umschaltungen erledigte ein Relais, das die Drucktasten-Kontakte im Laufwerk schalteten. Das hieß allerdings auch, dass das Magnetophon K 4 Hinterband-Kontrolle im „autarken“ Betrieb nur mit einem Kopfhörer erlaubte.¹⁰⁹¹

Magnetbandgeräte bei Behörden und Wehrmacht

So fasziniert sie auch vom Magnetophon gewesen sein mögen: die privaten Messebesucher der Funkausstellung 1935 waren für die AEG keineswegs die wirklich zählenden Magnetophon-Interessenten. Zumindest gleichrangig mit Firmen, Händlern und Behörden waren das die deutsche Wehrmacht, erst im Mai 1935 aus der Reichswehr hervorgegangen, die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft mbH, wirtschaftlich wie ideologisch beherrscht vom Reichsministerium für Volksaufklärung und Propaganda¹⁰⁹² unter Joseph Goebbels sowie das Reichsluftfahrtministerium unter Hermann Göring.¹⁰⁹³

Für jede dieser „Zielgruppen“ sollte die AEG im kommenden Jahrzehnt jeweils eigene Magnetophon-Varianten entwickeln und liefern. Die Bauart Truhen-, also Diktiergeräte, zielte, wie bereits beschrieben (Seite 106), auf Firmen mit entsprechendem Korrespondenzvolumen, das damalige „Koffer-“ beziehungsweise „Reportagegerät“, abgesehen von diversen privaten Anwendern, offensichtlich auf den Rundfunk. Wie das Magnetophon dort eingesetzt und schließlich entscheidend verbessert wurde, ist in einem eigenen Kapitel (Seite 173) dargestellt. Für diese Magnetophon-Bauarten machte die AEG durchaus auch Werbung.

Nach allem Anschein die größten Umsätze brachten der AEG seit 1939 (beziehungsweise ab 1942 ihrer Tochtergesellschaft Magnetophon G.m.b.H.) diejenigen Magnetophone, die teils für diskret agierende Behörden, teils für die Wehrmacht bestimmt waren. Soweit erkennbar, wurde öffentlich über diese Typen nichts berichtet, wie für den militärischen und nachrichtendienstlichen Bereich üblich. Nach 1945 wurden die technischen Details dieser Geräte bekannt, auch sind Unterlagen zu Fertigungs-Stückzahlen und Verrechnungskosten erhalten. Es fehlen allerdings weitgehend konkrete Berichte, welche Aufgaben die Tonschreiber genannten Magnetophone (mit diesem Wortzeichen konnte sich das Militär, das „*sehr viel für Sprachreinheit eintritt*“,¹⁰⁹⁴ nicht anfreunden) zu erfüllen hatten.

So umfangreich die Literatur über die Vorgeschichte des Zweiten Weltkrieg auch ist, so rar sind fundierte Darstellungen der nachrichtentechnischen Mittel, über die Heer, Marine und Luftwaffe und bestimmte Regierungsstellen verfügten. Von wenigen, kaum bekannten oder zugänglichen Arbeiten abgesehen, hat die etablierte Geschichtsforschung hier offenbar Wesentliches vernachlässigt. Wenn es zutrifft, dass seit dem Zweiten Weltkrieg die Nachrichtenbeschaffung *qualitativ* nicht mehr auf der klassischen Agenten-Spionage aufbaut, sondern auf dem systematischen Sammeln und Auswerten insbesondere der unbeschränkt zugänglichen Informationen mit rein technischen Mitteln, ist der verdrossenen Feststellung des Historikers Jürgen Rohwer zuzustimmen:

Funkspruch, Fernschreiben und Kabeltelegramm, Code, Schlüsselmaschine und Entzifferung, Funkbeobachtung, Funkpeilung, Funkortung und Funkbild sind für den Historiker oft nebelhafte Begriffe, die mit ihnen verbundenen Verfahren bleiben ihm geheimnisumwitterte Wunder, deren Möglichkeiten, Grenzen und auch Gefahren er kaum abzuschätzen weiß. Unsicherheit des in diesen Techniken übermittelten oder erfaßten Materials mit oft gravierenden Fehlern in der Beurteilung und Bewertung der historischen Dokumente sind die Folge.¹⁰⁹⁵

Die ohnehin spärliche Literatur gibt im Regelfall leider nur wenige oder keine belastbaren Auskünfte; oft wird nicht einmal eindeutig klar, ob ein Magnetophon oder eines der zahlreichen Textophone eingesetzt war. Nicht einmal die potenziell wichtigste Quelle, das Bundesarchiv-Militärarchiv in Freiburg, verfügt über einschlägige Dokumenten-Bestände; man nimmt an, dass alle Unterlagen bei Kriegsende verloren gingen oder, angesichts möglicher Geheimhaltungsbedürftigkeit der Entwicklungen, gezielt vernichtet wurden.¹⁰⁹⁶

Eine Ausnahme macht die Monographie Fritz Trenkles „Die deutschen Funknachrichtenanlagen bis 1945“.¹⁰⁹⁷ Hier sind die Tonschreiber auf vier knappen Seiten behandelt. Trenkles Arbeit spiegelt die fast unüberschaubare Vielfalt militärischer elektronischer Nachrichtsmittel auf 264 Seiten und relativiert damit die Aufgaben der Tonschreiber, die beim Militär, im Gegensatz zur Rundfunk-Technik beziehungsweise der offiziellen Propaganda, nur untergeordnete Bedeutung hatten. Aber auch er beschränkt sich auf den gerätetechnischen Aspekt; zur Zweckbestimmung der Geräte findet sich auch hier nichts, ebenso wenig Einsatzberichte.

Für ihre Zwecke das Magnetophon nutzen wollten

- die Wehrmacht, und zwar sowohl das Heer, die Marine wie die Luftwaffe
- Nachrichtendienste, die teils der Deutschen Reichspost, teils dem Reichsluftfahrt-, teils auch dem Reichspropaganda-Ministerium und/oder dem Auswärtigen Amt unterstanden.

Wehrmacht und Behörden hatten seit Herbst 1939 die übergeordnete Aufgabe, alle Kriegsanstrengungen zu unterstützen. So ist eine glatte Trennung nach Aufgaben oder Geräten, auch angesichts der Dokumentenlage, nicht immer möglich. Bestes Beispiel ist die Wandlung des K 6 alias RRG-Ü-Wagen-Magnetophon R 23 zum Tonschreiber d der Wehrmacht (beziehungsweise der Propagandakompanien) zum Magnetophon R 23a der RRG (dieser Typ war, teils umgebaut, bis Anfang der 1950er Jahre bei deutschen Rundfunkanstalten im Gebrauch). Ebenso überschneiden sich Anwendungen der Geräte: der Tonschreiber b arbeitete bei der Wehrmacht ebenso wie beim Forschungsamt der Reichspost.

Doch auch die Aufgaben waren, charakteristisch für das Dritte Reich, keineswegs klar definiert. Die Unübersichtlichkeit beginnt schon beim Begriff „Wehrmacht“; sie tritt durchaus nicht als einheitlicher Auftraggeber auf. Die drei Truppenteile Marine, Luftwaffe und Heer, aber auch Himmlers Reichssicherheitshauptamt, das mit der Reichspost zusammenarbeitete, hatten bekanntlich durchaus unterschiedliche Vorstellungen von Aufgaben und Zielen und betrachteten sich – zumindest zeit- und gebietsweise – wechselseitig als Konkurrenten, was den effizienten Informationsaustausch behinderte. Dazu erschwerten Geheimhaltungsvorschriften die Zusammenarbeit.

Wehrmacht und Magnetophon

Zu den ersten Magnetophon-Interessenten gehörte die deutsche Wehrmacht; kurz nach der Funkausstellung 1935 konnte die AEG nach Ludwigshafen berichten: „kleinere Stückzahlen haben wir von diesen Stellen schon im Auftrag, grössere Bestellungen sind unmittelbar zu erwarten“.¹⁰⁹⁸ Während der Funkausstellung 1936 besuchten wieder zahlreiche Vertreter von Heer, Marine und Luftwaffe den AEG-Stand.¹⁰⁹⁹ Wann sich dieses Interesse in ersten konkreten Aufträgen niederschlug, ist nicht genau zu ermitteln. Im Herbst 1937 war jedenfalls in einer „persönlich! streng vertraulich!“ klassifizierten Ludwigshafener Notiz¹¹⁰⁰ bereits von einem „Militärgerät zur Befehlskontrolle“ die Rede – das AEG-Protokoll der gleichen Sitzung¹¹⁰¹ spricht von einem Gerät „mit regelbarer Bandgeschwindigkeit“ –, was wohl Umschreibungen für den Marine-Tonschreiber RE 2 sein dürften, für den im Mai 1938 eine Bedienungsanleitung der AEG vorlag.¹¹⁰² Die Sitzungsprotokolle erwähnen außerdem ein „Chiffriergerät für militärische Zwecke“, ein verschwommener Hinweis auf den Tonschreiber b, und ein „leichtes Reportagegerät mit Einmotorantrieb und Batteriespeisung“, unverkennbar das Magnetophon K 6, der Vorläufer des Tonschreibers d.

Weitere Zeitmarken der Tonschreiber-Entwicklung sind:

- 19. August 1939: Eduard Untermann, „Filmspule“, DE 714 053, typische Magnetbandspule für Tonschreiber,
- 5. Oktober 1939: Eduard Untermann, „Filmspule und Filmspulenachse“, Patent DE 745 849, die Tonschreiber-Urform der AEG-Wickelkernhalterung,
- 24. Januar 1940: Anton Sachsenmaier (AEG), „Spule für Streifen oder Bänder, insbesondere für Filmbänder“, Patent DE 732 592, die für die Tonschreiber-Spulen typische S-förmige Magnetband-Haltefeder,
- 15. Juni 1940: Hans Schießler, „Vorrichtung zur Anzeige einer bestimmten Laufgeschwindigkeit für den Beginn einer Schallaufzeichnung“ (eine Vorform der auf Seite 156 beschriebenen Anzeigeschaltung) und schließlich
- 27. Juni 1940: Eduard Schüller, „Vorrichtung zur Kenntlichmachung des Ablaufes eines Federtriebwerkes“, DE 726 723, nämlich eine akustische Warnung per Klingelzeichen beim Tonschreiber c (Aufnahme).

Zusammengenommen ist aus diesen Dokumenten zu schließen, dass die Entwicklung der Militärtonbandgeräte spätestens Mitte 1937 begonnen hat; die meist genannten Jahreszahlen 1939 ff. markieren also eher den Beginn der Serienproduktion, die bis Kriegsende – nimmt man das „Aufbauschmodell“ Magnetophon Type b2 hinzu, sogar bis etwa 1948 – anhielt (Seite 258). So wuchs die Wehrmacht, weit vor der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, bis 1945 zum potentesten Magnetophon-Abnehmer.

Was hatte die Wehrmacht mit den Tonschreibern geplant, und wie weit konnten sie ihre Vorstellungen erfüllen? Nutzung und Nutzen der Tonschreiber sind, wie gesagt, aus Trenkles Angaben nicht ohne weiteres zu erkennen. Im weitesten Sinn wird die Wehrmacht den Nutzen der Tonschreiber dort gesehen haben, wo die Funkaufklärung (oder der Funkverkehr mit den eigenen übergeordneten Stellen) imstande oder gar das alleinige Mittel war, den Entscheidungsträgern möglichst zeitnah zuverlässige, ungefilterte Informationen zu liefern, also diese Nachrichten entweder nur sicherheitshalber oder aber zwecks genauerer Analyse speichern zu können.

Damit dürfte auch der Zweck der Tonschreiber-Aufzeichnungen erfüllt gewesen sein; ihr Nutzen hätte im taktischen, kaum im strategischen Bereich gelegen. Diese vermutete, sicher nicht gering zu schätzende Hilfsfunktion dürfte auch der Grund sein, warum die militärische Geschichtsschreibung die Tonschreiber in der Regel nicht erkannte und daher unzureichend würdigte.

Eduard Schüller hat außer zwei Gliederungspunkten für eine geplante Veröffentlichung über dieses bedeutende Anwendungsgebiet keine Aufzeichnungen hinterlassen:

- „Die ersten Rüstungsaufträge – Heereswaffenamt“
- „Sonderausführungen im Krieg für Post – Marine – Luftwaffe – SD“¹¹⁰³

Damit hat er einige Nutzerkreise der Magnetbandgeräte aufgezählt, über die im Folgenden zu berichten ist.

Als wichtigster Nutzer der Tonschreiber mit durchaus neuen Forderungen war eine Erfassungs- und Erprobungsstelle der Heeresbehörde „Prüf 7“ zu betrachten, wo man letztlich die Tonschreiber-Typen b und c eingesetzt hat. Wer aber war Prüf 7 und was wollte man dort mit den Tonschreibern?

Das Heeres-Waffenamt (OKH / WaA) in Berlin war dem OKH (Oberkommando des Heeres) unterstellt und zuständig für alles militärische Gerät – nicht nur für Waffen.¹¹⁰⁴ Ihm unterstand auch „WaPrüf“, das Prüfwesen des Waffenamtes.¹¹⁰⁵ Allein für die Abnahme (WaAbn) waren etwa 25.000 ausgebildete technische Prüfer vor Ort in den unterschiedlichsten Zulieferbetrieben zuständig. Auch die Versuchsplätze, etwa für Waffen, Nachrichten- und Pioniergerät, unterstanden dem Heeres-Waffenamt (im Folgenden HWA). In die Aufgabenstellungen für militärisches Gerät teilten sich zuletzt 12 Abteilungen mit den Kurzbezeichnungen Prüf 1 bis Prüf 12. So war zum Beispiel Prüf 1 für die Munition zuständig, Prüf 2 für die Infanterie, Prüf 11 für die Peenemünder Raketenentwicklung. Die Abteilung HWA Prüf 7, zuständig für das gesamte Nachrichtengerät der Wehrmacht, unterstand in den letzten Kriegsjahren Oberst Dipl.-Ing. Ludwig Kam. Die Amtsgruppe für Entwicklung und Prüfung Prüf 7/IVc unter Oberregierungs-Baurat (ORBR) Kerkhof zeichnete verantwortlich für „Aufklärungsgeräte für Funk und Draht und Entzifferungsgeräte“ – und damit für die Tonschreiber und deren Einsatztauglichkeit.

Wie in der Informationsbeschaffung allgemein üblich, wurde natürlich nicht nur der militärische Gegner beobachtet und überwacht, sondern auch der diplomatische und wirtschaftliche Informationsaustausch beim Feind – und manchmal auch beim Freund. Prüf 7 beschaffte für alle Wehrmachtsteile und weitere Dienststellen die zur Aufnahme und Dekodierung erforderlichen und entwickelten Hilfsmittel.

Schon vor Beginn des Krieges rechnete man angesichts der großen Informationsmenge, die in einem modernen Krieg anfallen musste, damit, dass zumindest die Telegrafie durch Einsatz maschineller Verfahren so schnell werden würde, dass Funker die Zeichenfolgen nicht mehr ohne Hilfsmittel erfassen konnten. Hinzu kam, dass die Funker nach wie vor selbst unkodierte Meldungen (Telefonie und Telegrafie in „normaler“ Geschwindigkeit) übersetzen und von Hand niederschreiben sollten. Bei einer kodierten Information war überhaupt kein Erfolg in Realzeit zu erwarten. Selbst beim Tastfunk war „Nachhören wichtiger Teile“ zur Fehlerbeseitigung notwendig.¹¹⁰⁶ Ab 1937 war man dazu übergegangen, neben den üblichen Funkgeräten spezielle Horchempfänger für alle in Frage kommenden Frequenzbereiche zu entwickeln und einzusetzen, die den Funkverkehr überwachten. Für die Speicherung benötigte man Aufzeichnungsgeräte, die auch eine langwierige Analyse mit häufigen Wiederholungen, Untersuchungen der Meldung mit unterschiedlichen Verfahren und Detailanalysen erlaubten – also ein robustes „Speicherverfahren“, wie es die AEG ja gerade mit ihren Magnetophonen realisiert hatte. Das galt vorrangig für Telefonie, auch für Telegrafie, nicht jedoch für die ebenfalls kodierten Funk-Fernschreibnetze.

Zur Erprobung aller Verfahren suchte man für Prüf 7 einen „Horchversuchsplatz“ und fand ihn in Staats, südwestlich von Stendal, wo man die erforderlichen Gebäude und Antennenanlagen aufbaute. Prüf 7 kontrollierte hier nicht nur, ob neue Geräte die Abnahmebedingungen einhielten, sondern betrieb auch Eigenentwicklungen. Es folgten Truppenversuche unter Frontbedingungen; danach wurde die Serienauslegung der Geräte festgeschrieben. Eine eigene Erfassungs- und Erprobungsstelle befasste sich mit technischen Entzifferungen, vor allem anhand zugesandter Tonbänder. In Staats wurden allerdings nicht alle Dechiffrieraufgaben durchgeführt; so war die mathematisch-logische Entzifferung des chiffrierten Morsefunkverkehrs aller Fronten Aufgabe der „Amtsgruppe Wehrmachtsnachrichtenwesen/Chiffrierwesen“ im OKW: OKW/AG WNW/Chi, kurz OKW/Chi.

Die Tonschreiber sollten also zum einen die Horchfunke beim manuellen Mitschreiben kodierter Sendungen (besonders Sprach- und Schnellmorsesendungen) und den damit verbundenen Fehlermöglichkeiten entlasten, ihnen zum anderen ein neuartiges Werkzeug an die Hand geben, nämlich aufgezeichnete Hochgeschwindigkeitssendungen beim Abspielen zu verlangsamen und damit bearbeiten zu können. *„Stellten die Horchfunke der festen H-Stellen Funksendzeichen oder -impulse, die ihnen unbekannt waren, fest, so war es nach deren Aufnahme möglich, diese durch die technische Entzifferung bei HWA Prüf 7 deuten zu lassen“*.¹¹⁰⁷ Für diese zentrale weitere Bearbeitung in Staats boten die Magnetbänder mit den empfangenen Signalen die geeignete Basis.

Tonschreiber für die Propagandakompanien

Neben diesen wissenschaftlichen oder ins Wissenschaftliche spielenden Anwendungen benötigte die Wehrmacht Tonaufnahmegeräte für die zahlreichen Propaganda-Kompanien aller drei Truppenteile (die also nicht, wie man annehmen könnte, dem Reichspropaganda-Ministerium unterstanden, allerdings, wenn auch gelegentlich mit massiven Reibungen,¹¹⁰⁸ mit ihm zusammenarbeiteten), und der Waffen-SS.¹¹⁰⁹ Deren „Rundfunktrupps“ forderten robuste, transportable, flexibel einsetzbare Geräte,¹¹¹⁰ zum einen, um Feindpropaganda aufzuzeichnen, zum andern zur (fremdsprachlichen) Lautsprecherwiedergabe eigener Propaganda in Frontnähe. Dazu sollte

eine Möglichkeit der „Mikrofonbesprechung“ vorhanden sein, die es auch erlaubte, Frontberichte für Rundfunksendungen zu erstellen (die dann auf dem Dienstweg über das RMVP zur RRG gelangten). Es war nicht davon auszugehen, dass am Einsatzort Netzversorgung vorhanden sein würde, deshalb war grundsätzlich Batterieversorgung vorgesehen, entweder aus transportablen „Sammlern“ (Akkus) oder aus Kfz-Batterien und dergleichen. In derartigen Einsatzfällen sollte die Tonqualität den Anforderungen der RRG an einfache „Wortproduktionen“ genügen. Für diese Aufgaben wurde der Tonschreiber entwickelt, den fast gleichzeitig, leicht abgewandelt, wiederum die RRG als Magnetophon R 23a einführt (Seite 153.)

Nachrichtendienste und Magnetophon

Sie schossen nicht, sie verübten keine Anschläge oder Attentate, hetzten keine Agenten in den Tod - sie taten nur eines: Sie lauschten für Hitler! Und weil sie unter Einsatz der damals modernsten Technik, unter Nutzung des immensen Könnens deutscher Ingenieure lautlos, ohne Pannen arbeiteten, waren sie nicht nur sehr erfolgreich, sondern konnten ihre Existenz über das eigene Land hinaus auch vor dem Feind völlig verbergen.¹¹¹¹

So plakativ sich dieser Text auch lesen mag: er beschreibt exakt die Arbeit zweier Institutionen, die bemerkenswerterweise nicht bei der Wehrmacht, sondern bei der Deutschen Reichspost und, nur unter machtpolitischen Aspekten verständlich, beim Reichsluftfahrtministerium angesiedelt waren (und zudem leicht verwechselbare Namen trugen): die „Forschungsstelle der Reichspost“ und das „Forschungsamt“ im Reichsluftfahrtministerium Hermann Görings.

Die Forschungsstelle der Deutschen Reichspost

Zur „Forschungsanstalt der deutschen Reichspost Berlin“, dem Reichspostministerium unterstellt, gehörte eine unauffällige Abteilung, die sich seit 1941 „Forschungsstelle der Reichspost (FST./DRP)“ nannte und die vielleicht bemerkenswertesten Entschlüsselungs-Leistungen auf deutscher Seite erbrachte; als ihr Leiter zeichnete Dipl.-Ing. Kurt Vetterlein. Je nach Aufgabe gab es verschiedene Forschungsstellen; so wurden allein für das Abhören von Telefonaten in 14 deutschen Großstädten „Abhörstellen“ eingerichtet, nach den ersten Kriegserfolgen wurden im besetzten Ausland weitere eingerichtet beziehungsweise vorhandene übernommen. Dies waren aber sozusagen nur die Brot- und Butter-Aufträge.

Vetterleins Abteilung hatte vielmehr die technisch ausgesprochen schwierige Aufgabe, Gespräche auf Funkverbindungen zwischen England und den USA zu entschlüsseln, damals (und bis Mitte der 1950er Jahre) die einzige Sprechverbindung über den Atlantik, da die Transatlantik-Seekabel zwar für Telegrafie, aber eben nicht für Telefonie geeignet waren. Weil vor allem Regierungsstellen diese Kommunikationslinien benutzten, wurden die Gespräche mit einem ausgefeilten, bis dahin unbekannten „Zerhacker“-Verfahren verschlüsselt.¹¹¹² Zunächst unterteilten Filterschaltungen das Schallspektrum eines Gesprächs in mehrere Frequenzbänder; diese „transponierte“ man teils in andere Tonhöhenbereiche und „invertierte“ gleichzeitig andere, das heißt, was im Klartext „oben“ in einem Frequenzband lag, kam nach der „Inversion“ nach unten; Transponierung und Inversion wechselten in rascher Folge. Zur Rückwandlung in Klartext musste man entweder den richtigen Verfahrensschlüssel besitzen oder, was Kurt Vetterlein gelang, ihn aus kleinsten Anhaltspunkten rekonstruieren und damit diese Verschlüsselung brechen. So konnten die Telefongespräche vieler alliierter Entscheidungsträger, die immer noch auf die Abhörsicherheit ihrer Verbindung vertrauten, „in Echtzeit“ abgehört werden.

Die „obersten Kriegsherren“ auf englischer und amerikanischer Seite gingen so nachlässig mit der Funkdisziplin um, dass sich zum Beispiel der Leiter der britischen Zensurbehörde darüber beschwerte.¹¹¹³ In den Londoner „Cabinet War Rooms“ kann man heute zwar erfahren, dass für Winston Churchill im Heizungskeller des bekannten Londoner Kaufhauses Selfridges¹¹¹⁴ eine geheime Fernsprechverbindung ins Weiße Haus geschaltet worden war, aber dies war eben auch eine Weitverkehrs-Sprechfunkverbindung, betrieben zwischen Rugby, GB, und Lawrenceville, NJ, USA (gerichtete Abstrahlung, Einseitenbandmodulation auf Kurzwelle, kodiert). Diese Verbindung konnte in der Fernverkehrsfunkstelle der FST./DRP in Noordwijk (im besetzten Holland) abgehört, dekodiert und auf Band aufgenommen werden. Es wurden nach kurzer Anlaufzeit praktisch alle Gespräche auf Magnetophonen – vermutlich also der „Magnetophon-Zwillings-Apparatur RPF K 4 spez.“ (Abbildung 192) – aufgenommen, abgeschrieben und ausgewertet, die auf dieser Transatlantikstrecke geführt wurden.¹¹¹⁵ Der signifikanteste Erfolg betraf ein Gespräch zwischen Churchill und Roosevelt vom 29. Juli 1943. Es machte geheime Waffenstillstands-Verhandlungen zwischen England, den USA und Italien und damit den bevorstehenden Frontwechsel der bisher mit Deutschland verbündeten Italiener so rechtzeitig bekannt, dass die Wehrmacht die geplante Entlassung alliierter Soldaten aus italienischer Kriegsgefangenschaft verhindern konnte. Die Gesprächspartner erkannte der deutsche Horchdienst daran, dass sie sich mit ihren Spitznamen anredeten. Die militärische Reaktion der Wehrmacht ist heute der einzige Beleg dafür, dass dieses Gespräch abgehört wurde, denn nach 1945 sortierten die Alliierten sowohl im besetzten Deutschland wie auch in ihren eigenen Dokumentationszentren alle Bänder mit derartig brisantem Inhalt aus, und daher fehlt auch jedes schriftliche Dokument – oder die Sperrfristen sind noch nicht abgelaufen.¹¹¹⁶

Das Forschungsamt des Reichsluftfahrtministeriums

Das Forschungsamt, im Frühjahr 1933 als Abteilung des Preußischen Innenministeriums etabliert, wanderte mit dem Amtschef Hermann Göring 1935 ins Reichsluftfahrtministerium, wo es unter seinem absichtlich ver-

harmlosenden Namen als „... die zentrale telephon- und funkabhörende Lausch- und Kodebrecher-Behörde des Dritten Reiches ... praktisch der einzige unabhängige Geheimdienst Hitler-Deutschlands ...“¹¹¹⁷ Nachrichtensammlung im weitesten Sinn betrieb, und zwar ausdrücklich nur mit rein technischen Mitteln. Dazu gehörten Fernsprech-, Fernschreib- und Telegrammverkehr, Funksprüche, Sendungen ausländischer Rundfunkstationen bis hin zu ausländischen Zeitungen und Zeitschriften.¹¹¹⁸ Auftraggeber dafür blieb das Luftfahrtministerium, das die einzelnen Abhörmaßnahmen zu bewilligen hatte. Später zeigten Himmlers SS beziehungsweise das Reichssicherheitshauptamt gesteigertes Interesse.

Für die Überwachung des Fernsprechverkehrs waren die „Forschungsstellen A“ zuständig, von denen es bei Kriegsausbruch im Reichsgebiet nicht weniger als 14 gab. Hier sollen „Stahltongeräte“ gearbeitet haben; die Magnetophon G.m.b.H.-„Kundenliste“ legt nahe, dass auch Magnetophone, möglicherweise Zwilling-Apparaturen, im Einsatz waren. Die „Forschungsstellen B“, 1939 großzügig mit Funkpeilern zum Abhören von Geheimsendern ausgebaut, erhielten „regelbare Tonbandgeräte“, ein klarer Verweis auf den Tonschreiber b:

Einige dieser Funkerfassungsstellen [der Forschungsstellen „B“ des Forschungsamts im Reichsluftfahrtministerium] waren auch mit Funkpeilern zum Ausfindigmachen von neu festgestellten Geheimsendern ausgerüstet. Ab Mitte 1939 wurden die „B“-Stellen Templin und Lübben unter erheblichem Kostenaufwand weiter ausgebaut. Sie wurden mit großen Rhombusantennen für jede Richtung ausgestattet und erhielten auch Umsetzer für das englische DCCC (double current cable code)-Verfahren sowie regelbare Tonbandgeräte zur Aufnahme von Schnellmorsesendungen bis zu 500 WPM [Wörter pro Minute]. In jeder dieser beiden „B“-Stellen waren nach dem Umbau mehr als 100 Funker beschäftigt.¹¹¹⁹

Nach übereinstimmenden Quellenaussagen konnte der B-Dienst ab 1940 den Funkverkehr der alliierten Nachschub-Konvois auf dem Nordatlantik mitlesen, so dass die deutschen U-Boote genaue Zielvorgaben erhielten.¹¹²⁰ Es ist nicht ohne tödliche Ironie, dass die britischen Enigma-Kodebrecher lange Zeit gegenüber diesen Anweisungen „taub“ waren. Die Leistungen der Dienste hoben sich so gewissermaßen auf, bis die deutschen U-Boote mit neuen rüstungstechnischen Mitteln ausgeschaltet wurden.

Nach der Niederlage Frankreichs übernahmen Fachleute des Forschungsamtes die Abhörzentrale in Paris. Abgesehen davon, dass das Auswerten von Telefonaten und Funksprüchen schlecht ohne Aufzeichnungsgerät vorstellbar ist, dürfte eine dort nach Besatzungsende aufgefundene „Zwilling-Apparatur“ (zu seiner Nachkriegskarriere in den USA siehe Seite 286) beweisen, dass auch diese Außenstelle des FA Magnetbandgeräte benutzte. Details über deren Einsatz und eventuelle Auswertungsergebnisse sind bisher nicht bekannt geworden. Insgesamt sind nach 1945 keine Magnetbänder aus dem gesamten Bereich Forschungsamt aufgetaucht; wahrscheinlich wurden sie ohne weiteres gelöscht oder bei Kriegsende vernichtet.

Unstrittig ist, dass (auf deutscher Seite) am 5. Juni 1944 um 21:15 h der entscheidende Teil einer kodierten Meldung auf Magnetband aufgezeichnet wurde, mit der der französischen Résistance der unmittelbar bevorstehende Beginn der alliierten Invasion angekündigt wurde – es handelte sich um die Zeile „... *blessent mon coeur d'une longueur monotone* ...“ aus einem Gedicht von Paul Verlaine – freilich kaum mehr als eine Fußnote der Kriegsgeschichte.¹¹²¹

Abwehr und Spionage

Und wofür setzte das einst mythenumwobene, heute gründlich entzauberte Amt Ausland/Abwehr, gemeinhin als „Amt Canaris“ bekannt, Magnetophone oder Textophone ein? Hier sind die überlieferten Informationen besonders spärlich und wohl auch unzuverlässig. Vieles, was den Einsatz von Magnetbandgeräten im Bereich Spionage-Abwehr und Gegenspionage angeht, ist unklar geblieben. So sollen Magnetophone an den abenteuerlichen „Funkspielen“ beteiligt gewesen sein, die Abwehr und Gestapo mit umgedrehten Agenten und deren Auftraggebern veranstalteten. Um jede Panne zu vermeiden, seien die Morsesendungen der Funkspieler zunächst auf Magnetband aufgezeichnet und erst nach sorgfältigster Kontrolle gesendet worden.¹¹²² Auch bei der Kooperation zwischen einzelnen Mitgliedern der „Roten Kapelle“ und der Gestapo sei so verfahren worden.¹¹²³ Da Morsefunker für Rhythmus, Geschwindigkeit und Abstände der Zeichen – die individuelle „Handschrift“ eines Funkers – besonderes Gespür entwickeln, soll die Canaris-Abwehr vor Auslandseinsätzen „Schriftproben“ eigener Agenten archiviert haben, um bei jeder eventuellen Auffälligkeit Gegenmaßnahmen treffen zu können.¹¹²⁴ Allerdings widerspricht ein anderer Abwehr-Veteran: Experten der Abwehr-Zentrale hätten mit Verweis auf den psychischen Zustand des Funkers wie auf atmosphärische Einflüsse der „Handschrift“ nur untergeordnete Bedeutung zugebilligt.¹¹²⁵ Und so war denn auch vom Magnetophon keine Warnung zu erwarten, als nach England geschickte deutsche Agenten, nahezu samt und sonders „umgedreht“, jahrelang nur geschickt aufgemachtes, fatal verfälschtes Spielmaterial lieferten.¹¹²⁶

Die Rundfunktechnische Versuchsanstalt

Welcher ihrer Kunden sich hinter dem betont unauffälligen Eintrag „Sonderdienst Seehaus, Ausw. Amt, Bln.-Wannsee“ verbarg, konnten Magnetophon- G.m.b.H.-Mitarbeiter vermutlich nur ahnen: es war die streng abgeschirmte Abhörzentrale ausländischer Rundfunksender, untergebracht im ehemaligen „Schweden-Pavillon“ auf dem Gelände des Hotels Seehaus am Berliner Wannsee, getarnt als „Rundfunktechnische Versuchsanstalt“, mit Außenstellen in Paris und Bukarest, zeitweise auch in Rom, Marseille und Monte Carlo. Als das „Seehaus“ im Sommer 1940 seine Arbeit aufnahm, unterstand es dem Auswärtigen Amt (genauer: der Deutschen Auslands-Rundfunkgesellschaft Interradio AG). Das Reichsministerium für Volksaufklärung und Propaganda, also das

Haus Joseph Goebbels, erreichte jedoch, dass der Dienst ab dem 22. Oktober 1941 beiden Ministerien unterstand – bezeichnendes Beispiel für den Kompetenzen-Wildwuchs im „Dritten Reich“, auch wenn die Informationen, die beim systematischen Abhören ausländischer Rundfunksender anfielen, für beide Häuser gleich wichtig waren. Die Übersetzungen aus 36 Sprachen und Analysen gingen ausgewählten Dienststellen und Einzelpersonen gedruckt zu. Je länger der Krieg dauerte, desto rigorosier wurde dieser Kreis eingeschränkt, nachdem Goebbels den Dienst als eine „*Quelle des Defätismus*“ ausgemacht hatte.¹¹²⁷

Offensichtlich überschritten sich Seehaus-Aufgaben mit denen des Forschungsamtes, dem zumindest das RMVP bessere Qualität attestierte.¹¹²⁸ – Dass das „Seehaus“ unter den Kunden der Magnetophon G.m.b.H. auftaucht, ist beinahe das einzige Indiz dafür, dass hier neben Textophonen auch Magnetophone eingesetzt wurden (die übergeordnete „*Deutsche Auslands-Rundfunk, Interradio, Bln.*“ figuriert ebenfalls auf der Kundenliste). Als Bestätigung könnte ein Vordruck „*Arbeitsbericht*“ des Sonderdienstes Seehaus dienen. Ein Exemplar, datiert 20. Januar 1942, führt unter den geforderten Einträgen auf „*MA Magn.:– MW: Magn.-Wiedergabe – TA – Text.-Aufnahme – TW Text.-Wiedergabe*“.¹¹²⁹ Aufnahmen des „Sonderdienstes Seehaus“ sind nicht überliefert.¹¹³⁰

Natürlich war das Auswerten von Rundfunksendungen beispielsweise auch in den USA gängiges Verfahren; hier beackerte das F.B.I.S. (The Federal Communications Commission (F.C.C.) Foreign Broadcast Intelligence Service) das gleiche Feld, musste sich aber mit konventioneller Speichertechnik begnügen:

The recordings were mostly made on wax cylinders and retained for only 48 hours. They were then shaved and re-used. Important broadcasts, however, were recorded on plastic Presto Disks, or on paper disks, and archived. The translators worked in Washington and got their material from disks or directly from audio over telephone lines connected to the receiving stations.¹¹³¹

Ergebnisse der deutschen Funkaufklärung

Nach Freigabe der entsprechenden Dokumente aus britischen Archiven häuften sich Abhandlungen über das englische Ultra-Projekt, also der Entschlüsselung deutscher Wehrmachtsnachrichten, die unter anderem mit der elektrisch-mechanischen Chiffriermaschine „Enigma“ kodiert worden waren. Dieser immense Kraftakt hat ja wohl durchaus den Kriegsausgang entscheidend beeinflusst. Er hatte besonders dann Erfolge aufzuweisen, wenn den „Achsenmächten“ (also Deutschland und seinen Verbündeten) Fehler unterliefen, die dann Einbrüche in deren Kodierungen erlaubten.

Vom Aufwand her vergleichbare Anstrengungen auf deutscher Seite hat es bekanntlich nicht oder – siehe B-Dienst – nur ansatzweise gegeben, dennoch sprechen „Insider“ davon, dass „*die Masse der alliierten Funksprüche von der deutschen Nachrichtenaufklärung entziffert und deren Inhalt mitgelesen werden konnte – mit weniger Personal sowie zeitnah und frontnah.*“¹¹³² Waren die alliierten Kodierverfahren also einfacher zu brechen? Ein solcher Vergleich scheint bisher noch nicht vorgenommen worden zu sein und ist hier natürlich auch nicht vorgesehen. Es lässt sich aber aus Erfahrungen mit Tonschreibern und Magnetophonen feststellen, dass diese Hilfsmittel nicht nur zum Lösen von Routineaufgaben, sondern auch spektakulärer Fälle beigetragen haben. Dazu einige Beispiele:

a) Brechen von Codes: Kodierungen können besonders dann gebrochen werden, wenn sie erwartete Redewendungen enthalten. Das war in englischen Funksprüchen u. a. immer wieder der Hinweis „Vorsicht, Feind hört mit“ – und dieser Hinweis war vertarnt. Solche kryptologischen Fehler (bei Ultra als Crib beziehungsweise Depth bezeichnet) unterliefen, obgleich gerade Ultra mit dieser Art der Kryptanalyse die deutschen Kodierungen brechen konnte: Wenn man auf den Aufnahmen diese Wiederholungen fand, hatte man auch schon einen wesentlichen Teil des Schlüssels gefunden. Verbesserungen der Chiffrierung erfolgten bei allen alliierten Gegnern nur in kleinen Schritten, so dass ihre Dechiffrierung in Staats fast ohne Zeitverzug möglich war. So soll die in der Sowjetunion operierende Heeresgruppe Nord in einem Jahr gut 46.000 Funksprüche aufgefangen und ein knappes Drittel davon entschlüsselt haben – eine „*Überlebensgarantie deutscher Verbände*“, kaum denkbar ohne den Einsatz von Tonschreibern.¹¹³³

b) Mitlesen / Mitnutzen von Wetterberichten: Der deutschen Marine standen die Wetterberichte auf dem Nordatlantik zur Verfügung, selbst wenn dort keine deutschen Schiffe stationiert waren. Diese Meldungen wurden nämlich von der englischen Navy per Schnelltelegrafie gefunkt und von der deutschen Marine unter Einsatz des Dehnerkopfes des Ton.S.b (Seite 158) dekodiert. Der einzige bekannte Zeitzeugenbericht erschien 1971 in der Fachzeitschrift FUNKSCHAU und bestätigt diese Informationen:

Bei der militärisch notwendigen und der navigatorisch und meteorologisch erforderlichen Funkbeobachtung und -peilung war man auf (englische) Sender gestoßen, die zwar ihren Wetterbericht u. a. unverschlüsselt abgaben, aber mit 700 und mehr Zeichen in der Minute, und das war ebenso gut wie eine Verschlüsselung, denn das konnte kein Funker und kein Rekorder mehr aufnehmen. Aber unser Magnetofon konnte es, und es konnte noch mehr. Der Empfänger wurde über ein Ankopplungsglied auf das Magnetofon gegeben, nur nicht mit dem normalen Rückkopplungston von 800 Hz, sondern mit 3000 Hz bis 4000 Hz. Das Magnetofon lief dabei mit seiner normalen Geschwindigkeit. Nach Beendigung des Funkspruchs kam die Rückspulung und dann, nach 3- bis 4fach herabgesetzter Geschwindigkeit, die Wiedergabe bzw. Reinschrift, und das war mit „Bordmitteln“ bequem und zuverlässig erreichbar, mit ganz normaler Tonhöhe, und das Tempo konnte der Funker selbst bestimmen.¹¹³⁴

Als allgemeines Beispiel für Probleme, die selbst bei unkodierten Meldungen zu gewärtigen waren, kann der Bildfunkverkehr innerhalb der Sowjetunion dienen, den die Abteilung Prüf 7 des HWA schon vor Kriegsbeginn analysiert hatte. Hier wurde offensichtlich ein Verfahren benutzt, das der Bildfunk-Technik der Firma Dr. Rudolf Hell in Kiel sehr ähnlich war (es wird häufig vereinfacht, aber nicht korrekt, als „*Hellschreiber*“ bezeichnet,

auch hat es eher Ähnlichkeit mit modernen FAX-Verfahren) und das, im Gegensatz zum Morseverkehr, keine Ansprüche an das Funkbetriebspersonal stellte: Das Bild oder die geschriebene Nachricht, eine Skizze oder Zeichnung wurde auf eine zylindrische Trommel gespannt und optisch schraubenwendelartig abgetastet, so dass die eingelesenen Informationen als ein langer Zug von „analogen Impulsen“ gesendet und empfangen wurden. Am Empfangsort wurden die Signale analog zur Senderseite als Abbild des gesendeten Bildes ausgedruckt. Der durchschnittliche Funker kann aus einem solchen Signalzug natürlich nichts erkennen. Doch Speicherung und Analyse wiesen die bei jeder Trommel-Umdrehung zugemischten Synchronimpulse nach, und damit konnte schnell auf das Verfahren selbst geschlossen werden. „Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in noch verstärktem Maße wie bei der Funkfernsehreiberei es gelungen war, auf Grund von Magnetofonaufnahmen die Erfassungen des großen russischen Bildfunknetzes einschl. der späteren technischen Chiffrierung laufend zu ermöglichen“.¹¹³⁵ Solche Bildfunk-Geräte sind der deutschen Wehrmacht nie in die Hände gefallen; nur aus den Tonaufnahmen konnte man auf ihre Funktion schließen.

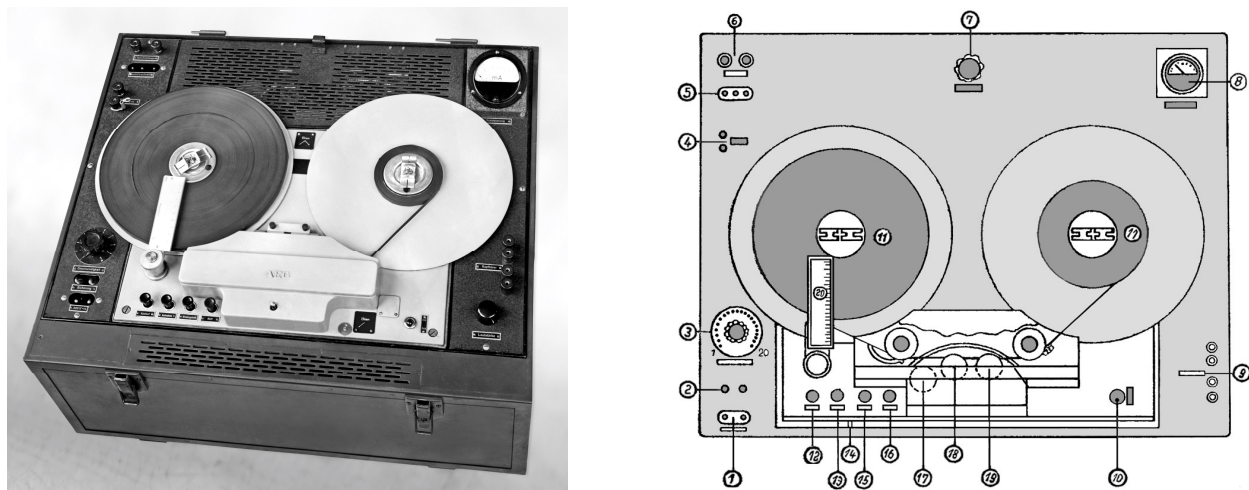


Abbildung 152: Der Tonschreiber RE 2, vermutlich eine Spezialversion des Magnetophon K 3 mit regelbarer Bandgeschwindigkeit. – (1) Netzanschluss 220 V, (2) Sicherungen, (3) Geschwindigkeitsregler Stufen 1 – 20, (4) Anschluss für Erde, (5) Buchse für zweites Laufwerk, (6) vom Empfänger, (7) Lautstärkereglern, (8) Aussteuerung, (9) Kopfhörer, (10) Netzschalter, (11) Filmrollen, (12) Rücklaufaste, (13) Aufnahmetaste, (14) Sperrdrücker für Aufnahmetaste, (15) Wiedergabetaste, (16) Halttaste, (17) Löschkopf, (18) Aufnahmekopf, (19) Wiedergabekopf, (20) Bandanzeigerlineal.

© Archiv GFGF



Abbildung 153 (LINKS): Der Marine-Tonschreiber RE 3, weiterentwickelt aus RE 2 – (MITTE): Anschluss- und Steuergerät für bis zu drei Tonschreiber RE 3, Vorderseite – (RECHTS): Rückseite des Anschluss- und Steuergeräts. Die umfangreiche Verkabelung spiegelt sich in einem ebenso umfangreichen Schaltbild.

© Archiv GFGF

Außer für die genannten, schon ursprünglich geplanten Aufgaben waren die Tonschreiber natürlich auch anderweitig erfolgreich zu nutzen; hier war der Phantasie keine Grenze gesetzt, so dass die Geräte durchaus auch für völlig andere Aufgaben eingesetzt wurden, zum Beispiel für Berichte aus den vordersten Kampflinien oder zu einer Reportage von einem Fallschirmabsprung während der Kämpfe um Kreta (Seite 151).

Wenn auch über den Gesamterfolg nichts Abschließendes zu sagen ist, hat es insgesamt den Anschein, dass die deutschen Abhör- und Entschlüsselungsstellen zumindest in Sachen *Aufzeichnungstechnik* ihren alliierten Gegnern überlegen waren. Angesichts der bei BBC zufriedenstellend arbeitenden Marconi-Stille-Stahlbandmaschinen sollte man annehmen, dass ähnliche Geräte mit automatischer Speichertechnik auch in England im Rahmen des Ultra-Unternehmens zur Verfügung gestanden hätten. Das war trotz des ansonsten immensen technischen Aufwands, der bei diesem Programm getrieben wurde, offensichtlich nicht der Fall:

Die tägliche Überwachung des Funkverkehrs erfolgte durch zahlreiche, weit verstreut liegende Abhörstellen ... Hier arbeiteten während des Krieges 600 Helferinnen vom Territorialen Hilfsdienst (ATS) und schrieben im Dreischichtbetrieb rund um die Uhr die schwachen Morsesignale aus Deutschland und dem vom Feind besetzten Europa mit. ...Es

war für das Abhörpersonal eine ermüdende Arbeit, Tag für Tag und Nacht für Nacht mit größtmöglicher Genauigkeit zahllose Buchstabengruppen ohne jeden Inhalt oder Zusammenhang mitzuschreiben. Besonders wichtige Funksprüche wurden von mehreren, möglichst weit voneinander entfernten Bodenstellen aufgefangen in der Hoffnung, wenigstens von einer Station einen deutlichen Funkspruch zu erhalten, wenn er bei anderen zu schwach ankam oder durch Überlagerungen gestört war.¹¹³⁶

Und auf diesem Weg kam der britische Geheimdienst auch zu wichtigsten Nachrichten über die (selbst gegenüber den eigenen Verbündeten abgeschottete) Rote Armee, nämlich zu sowjetischen Funksprüchen, von der deutschen Funkaufklärung dechiffriert und ihrerseits per Funk weitergegeben.¹¹³⁷ – Der eigens für Bletchley Park gebaute Rechnertyp Colossus hat übrigens mit Papierband gearbeitet, ähnlich den Lochstreifen von Fernschreibern, nicht mit magnetischen Medien.

Magnetophone im Tornister: Typen und Technik

Marine-Tonschreiber RE 2 und RE 3 alias A 1000 L 40

Vermutlich 1937 begann die Entwicklung des Tonschreibers RE 2 (Abbildung 152), einer Einkoffer-Spezialversion des Magnetophon K 3 (oder K 2?) für die deutsche Marine.¹¹³⁸ Bemerkenswert an dieser Konstruktion war die stufenlos einstellbare „Regelbare Geschwindigkeit“ im Bereich von 1 : 20 (die Absolutwerte sind nicht bekannt). Mit der höchsten Stufe (20) waren Morsesignale von Telegrafie-Schnellsendern aufzuzeichnen, für Hand-Morsesendungen galten die Stufen 5 - 10, die hier auch bei Wiedergabe einzustellen war. Telefonie, also Sprechfunkverkehr, sollte wieder mit höchster Bandgeschwindigkeit aufgezeichnet werden. Zur Wiedergabe der Schnellsendungen wurde die Bandgeschwindigkeit gewählt, die für das Abhören am bequemsten war.¹¹³⁹ Es wird vermutet, dass der RE 2 als Vorläufer des RE 3 diesem soweit ähnlich ist, dass nur geringere Abweichungen zwischen beiden auftraten, also auch die Bandgeschwindigkeit über die Betriebsspannung des Tonmotors gesteuert wurde (vermutlich Anzapfungen eines Transformators, ggf. ergänzt durch Einstellwiderstände).¹¹⁴⁰

Der Tonschreiber A 1000 L 40, meist RE 3 genannt, erschien nach 1939 und scheint sich nur in Details von RE 2 unterschieden zu haben, das 90 kg schwere Gerät war statt in einem tragbaren Gehäuse in einer stabilen Holztruhe eingebaut.¹¹⁴¹ Als Nachfolger des Tonschreibers RE 2 führt der Typ RE 3, wie auch andere Tonschreiber, ein eher schattenhaftes Dasein. Eine AEG-Aufstellung von Anfang 1942 charakterisiert ihn folgendermaßen:

Marinebezeichnung A 1000 L 40; netzgespeist 220 V für Aufnahme und Wiedergabe von Telegrafie und Telefonie; regelbare Bandgeschwindigkeit; Frequenzkurve ca. 60 – 5000 Hz; Aufnahme mit Fernsteuerung über Steuerstelle; Wiedergabe mit Kopfhörer; stationäres Gerät in Tisch eingebaut für Marine-B-Stellen; Gewicht des vollständigen Geräts: 90 kg.¹¹⁴²

Auch in Eduard Schüllers Unterlagen finden sich zu diesem Gerätetyp nur Stichworte; in einer 1945 erstellten Auflistung schreibt er:

Aufnahme- und Wiedergabegerät für Horchzwecke der Marine, stationäre Anlage (Truhen), 220 V Wechselstrom. Daten wie Tonschreiber b, jedoch ohne Sprachdehnung. Zu einer Anlage gehörten 4 Laufwerke mit Verstärker und Steuerrelais, 6 Steuerstationen. Hergestellt wurden ca. 360 Stück.

Zusammengefasst: Die Tonschreiber RE 3 arbeiteten als stationäre Aufnahme- und Wiedergabegeräte für Horchzwecke der Marine, wurden auch an Bord von Schiffen eingesetzt, entsprachen funktionsmäßig weitgehend dem Tonschreiber b, hatten jedoch keinen Dehnerkopf und damit keine Möglichkeit der (Sprach-) Dehnung. Schüllers Notizen decken sich mit Angaben im BIOS-Abschlussbericht 951 und anderen Nachkriegsdokumenten (die freilich streckenweise kritisch zu bewerten sind, schließlich mussten sich die britischen und amerikanischen Spezialisten in eine ihnen fremde Technologie einarbeiten). Ein Tonschreiber RE 3 bestand als Anlage aus vier einzelnen Tonschreibern mit Verstärkern und Versorgung sowie sechs Steuerstationen, die auf Bandende- und Bandrisskontakte sowie die Signale der Bandanzeiger reagierten. BIOS 951 weist ausdrücklich darauf hin, dass der RE 3 gestoppt wurde, sobald die Bandlängenmessung mit außen an dem Spulenwickel anliegendem Tastarm des Bandanzeigers (Seite 100) signalisierte, dass die Spule bald leer sein würde.

Der Vergleich eines mit „A 1000 L 40“ bezeichneten Schaltplans mit dem des Tonschreibers b zeigt, dass die beiden Verstärker sehr ähnlich, aber nicht identisch sind. Der Motorenteil des RE 3 ist völlig anders ausgelegt als der des Tonschreibers b; ein Synchronmotor und der entsprechende Generator fehlen. Nach BIOS 951 gibt es im Aufnahmemodus nur eine Geschwindigkeit: 77 cm/s, für die Wiedergabe eine kontinuierlich variable Geschwindigkeitseinstellung bis maximal 100 cm/s. Für diesen großen Geschwindigkeitsbereich wurde ein Nebenschlussmotor eingesetzt, der zwar nicht so zügig anläuft wie ein Hauptschlussmotor, dafür aber in größeren Drehzahlbereichen einstellbar ist. Das Anlaufproblem wurde mit einem Betriebszustand „Aufnahmenvorbereitung“ umgangen, in dem zwar der Tonmotor permanent lief, aber die Gummiandruckrolle noch nicht gegen die Tonrolle gedrückt wurde. Die Geschwindigkeitseinstellung bei Wiedergabe erfolgte, indem der Rotor des Tonrollenmotors nur einen Teil der Netzspannung erhielt, die an einem Spartransformator in 19 Stufen zwischen Minimalwert und voller Spannung abgegriffen werden konnte. Im Aufnahmemodus lag automatisch diejenige Spannung am Rotor, die eine Bandgeschwindigkeit von 77 cm/s bewirkte. Über die Konstanz der Geschwindigkeit bei Aufnahme und Wiedergabe und damit über die Qualität der Tonspeicherung sind (außer der Angabe „Frequenzkurve ca. 60 – 5000 Hz“) keine Angaben vorhanden, aber natürlich erreicht diese Anordnung nicht die konstante Geschwindigkeit eines Synchronantriebes, und ein Kommutatormotor läuft nun nicht einmal so

konstant wie ein Asynchronmotor. – Die Gleichsetzung der Daten des RE 3 mit denen des Tonschreibers b ist also nur sehr angenähert richtig. Zumindest die Motorentechnik beider Geräte ist völlig unterschiedlich.

Heeres-Tonschreiber b, c und d

Die militärischen Tonbandgeräte waren angepasste Weiterentwicklungen der zivilen Ausführungen; sie unterschieden sich schon in den Namen. Während die zivilen Geräte der AEG – andere Hersteller gab es vor 1945 nicht – bekanntlich „Magnetophon“ hießen, liefen die Militärversionen unter dem Namen Tonschreiber. Wie bei militärischem Gerät üblich, wurde der Hersteller AEG auf den Geräten nur kodiert genannt als jja (das Fertigungskennzeichen für AEG, Abteilung Schiffbau, Flug- und Heerwesen, Berlin, Alexanderufer 4 – andere AEG-Werke in Berlin hatten Kennzeichen von jjb bis jjg). Zusätzlich sind auf dem Typenschild regelmäßig die Gerätemummer und dahinter die beiden letzten Ziffern des Herstelljahrs angegeben, also zum Beispiel 1944 als 44.

Eduard Schüller hat recht wenig über die Tonschreiber hinterlassen; insbesondere machte er keine genaueren Angaben zu den Forderungen der Militärs, über Entwicklung, Erprobung und Serienfertigung. Er erwähnt eher nebenbei, dass die Wehrmacht ab 1939 Tonschreiber entwickeln ließ und dass die Zusammenarbeit recht gut funktionierte. Hans Westpfahl besaß immerhin Fotos von der Gerätefertigung – deren Veröffentlichung wohl gegen Geheimhaltungsvorschriften verstoßen hätte (Abbildung 182, Seite 160). Etwas ausführlicher wurde Schüller, als er in seiner Funktion als Werksdirektor unmittelbar nach Kriegende – offensichtlich für die sowjetische Besatzung in Berlin – Rechenschaft über die militärische wie zivile Fertigung von Tonbandgeräten ablegen sollte (bis Anfang Juli 1945 war die Sowjetarmee einzige Besatzungsmacht in Berlin). Wichtige technische Informationen zu den Tonschreibern finden sich seit 1944 in Berichten der Siegermächte, die auf gründlichen Untersuchungen ziviler und militärischer Geräte beruhen, sowie bei privaten Militaria-Sammlern, die ihre Sammlungen, zumindest in Deutschland, heute recht großzügig für Fotos, Untersuchungen und so weiter zur Verfügung stellen.

Die Tonschreiber b, c und d sind nicht in alphabetischer Reihenfolge entwickelt worden. Vermutlich hatte das Heeres-Waffenamt Pflichtenhefte (Leistungskataloge) für die drei Typen erstellt und dabei auch die Bezeichnungen festgelegt, vergab aber die Aufträge selbst nach anderen Kriterien. Hans Schießer, bei der AEG auch für die Entwicklung der Tonschreiber zuständig, nennt – ohne Datumsangabe – als Bau-Reihenfolge: Tonschreiber c; Tonschreiber d; Tonschreiber b,¹¹⁴³ die nach allen Indizien auch die wahrscheinlichste ist. Dass auch andere Reihenfolgen genannt werden,¹¹⁴⁴ dürfte auf eine Verwechslung des RRG-Geräts R 23 (Baujahr 1939) mit dem Tonschreiber d (Auslieferung ab 1942) zurückzuführen sein, was umso „naheliegender“ erscheint, als die RRG den Ton.S.d unter der Bezeichnung Magnetofon R 23a einsetzte.¹¹⁴⁵

Nach Fritz Trenkle sind sieben Tonschreiber-Typen bekannt,¹¹⁴⁶ von denen allerdings nur drei größere Bedeutung erlangt haben. Sehr ähnliche Angaben finden sich bei Kerkhof, es ist sogar wahrscheinlich, dass Trenkles Angaben von ihm stammen.¹¹⁴⁷



Abbildung 154: Tonschreiber a, die militärischer Variante des Magnetophon K 4, eingebaut in Stahlblech-Tornister. Der Kopftträger dürfte von den Tonschreiber-Modellen b und/oder d stammen.

Tonschreiber a: Geplant für stationäre Anwendungen des H-Dienstes (Horchdienst), sollte er für die Aufnahme von Sendungen aller Art (zum Beispiel Schnellmorsesendungen) dienen sowie zur Überwachung von Ferngesprächen. Nur ein Einzelexemplar aus einer US-amerikanischen Militaria-Sammlung zeigt, dass hier ein K 4-Laufwerk in einen militärischen Tornister eingebaut wurde, in dem vermutlich auch die notwendigen Verstärker untergebracht waren. Der Zweck der Schalter und Anschlußbuchsen ist nicht bekannt. Diese Einheit muss außergewöhnlich schwer gewesen sein, denn das Laufwerk allein wiegt bereits 57 kg, das Gesamtgewicht muss also das für eine Traglast Zulässige deutlich überschritten haben. Ein Fertigungsverzeichnis der AEG kennt keinen Tonschreiber a,¹¹⁴⁸ so dass es sich möglicherweise nur um eine kleine Versuchsserie handelt, die vom Tonschreiber d abgelöst worden sein könnte. Damit endet bereits der Auftritt des Ts. a.

Tonschreiber b: Die Aufgabenstellung war ähnlich wie beim Tonschreiber a. Er war jedoch für den Feldeinsatz als Tornistergerät konzipiert, diente der Funküberwachung, der Aufnahme von Fremdsprachen, Schnelltelegrafie und Impulssendungen. Ein rotierender Tonkopf nach Schüllers Dehnerkopf-Patent erlaubte die verlangsamte Wiedergabe von Schnelltelegrafie in optimaler Tonhöhe.¹¹⁴⁹ Dieses Gerät hat erhebliche Bedeutung erlangt; Näheres siehe Seite 158.

Tonschreiber c: Auch dieses Gerät wird wegen seiner Bedeutung noch detaillierter beschrieben. Als reines Aufnahmegerät war er ursprünglich und vorrangig für Nahaufklärungszüge konzipiert und deshalb besonders leicht. Das wurde unter anderem mit einem federwerkbetriebenen Aufnahmegerät (Ton.S.c (A)) erreicht. Die

Nahaufklärung zeichnete Funksendungen ebenso auf wie Telefonate auf Feldtelefonen des Gegners. Bei den letzteren war es üblich, nur Einfachleitungen zu verlegen und als Rückleitung die Erde zu verwenden. Dann konnte man die Gespräche mit frontnahen „Lauscherden“ und zusätzlichen Maßnahmen aufnehmen. Weitere Tonschreiberfunktionen (Löschen, Wiedergabe) wurden in einem zweiten Gerät (Ton.S.c (W)) realisiert. Ihre ausführliche Beschreibung beginnt auf Seite 133.

Der **Tonschreiber d** war ebenfalls für den Feldeinsatz, nämlich bei den Propagandakompanien, gedacht. Es konnte als autarkes Gerät Feindpropaganda aufnehmen und Gegenpropaganda ausstrahlen, ebenso Frontberichte aufnehmen und für die Rundfunkausstrahlung zur Verfügung stellen. Auch dieses Gerät gewann wesentliche Bedeutung; es wird ab Seite 154 beschrieben.

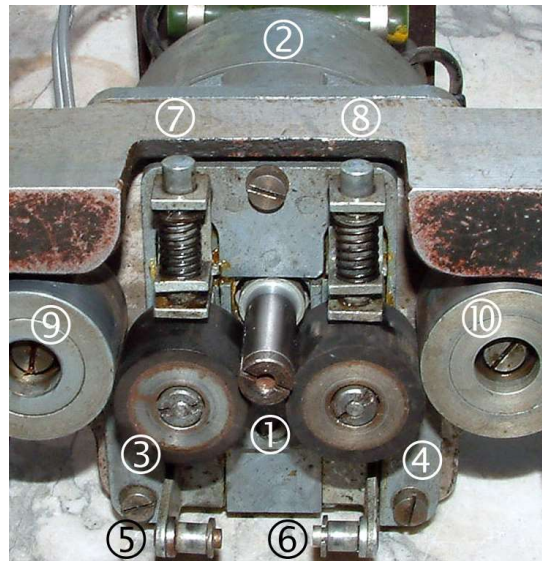
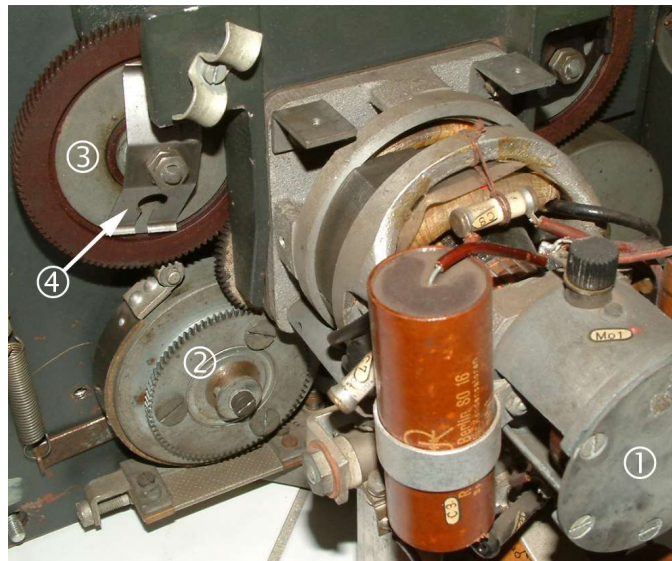


Abbildung 155 (LINKS): Mechanik-Details des Ton.S.c (W). Der einzige Motor ① (mit angesetztem Drehzahlregler) treibt die Tonrolle ②, mit Schwungmasse und Bandbremse) ebenso an wie über Zahnräder die Spulenteller ③ (Pertinax-Zahnräder oben links und rechts). Der notwendige Schlupf ebenso wie der Bandzug werden realisiert mittels einstellbarer Friktion zwischen Tellerfeder ④ und den Pertinax-Zahnrädern. Abbildung 156 (RECHTS): Tonschreiber b, Laufwerksplatine entfernt, Friktionsantrieb der Spulenteller, ähnlich wie im Tonschreiber d, siehe auch Abbildung 157. Die Welle ① gehört zum Wickelmotor ②, hinten im Bild). Je nach Drehrichtung der Spulen wird eine der Gummiwalzen ③ oder ④ von Nocken ⑤ oder ⑥ gegen Federkraft ⑦, ⑧ kraftschlüssig zwischen die Motorwelle und ein Metallrad ⑨, ⑩, in Richtung linker oder rechter Spulenteller) geschoben.

Diese vier Tonschreiber-Typen sind recht gut dokumentiert, die folgenden lassen sich heute genaugenommen nur noch aus Berichten von Zeitzeugen und spärlichen Unterlagen skizzieren:

Den **Tonschreiber e** konzipierte die Luftwaffe. Er ist als Vorläufer der späteren Flugschreiber-Generation zu betrachten, die mit Magnetband als Informationsträger arbeitete, sollte also zur Aufklärung von Flugzeugabstürzen beitragen. Dafür musste eine große Zahl bestimmter Flugdaten über längere Laufzeiten gespeichert werden. Ende 1944 verzichtete die Luftwaffe auf die weitere Entwicklung. Details folgen auf Seite 166.

Der **Tonschreiber f** sollte Telefongespräche, zum Beispiel bei der Überwachung von Partisanen im Westen, aufnehmen. Mit Hilfe von Steuergeräten lief das Gerät automatisch an, sobald voreingestellte Telefonanschlüsse angewählt wurden. Nach Schüller handelt es sich beim Tonschreiber f um den einzigen Tonschreiber, der von Haus aus mit Hochfrequenz-Vormagnetisierung arbeitete (erst nach dem Kriege wurden auch andere Tonschreibertypen auf Hochfrequenzvormagnetisierung umgerüstet). Es wurden nur sehr wenige Ton.S.f gebaut; nach Schüller etwa 20 Stück, nach Trenkle ebenfalls 20, aber angeblich weitere 80 Stück für das Forschungsamt des RLM. Details dazu finden sich auf Seite 166.

Der **Tonschreiber g** war zur Datenaufnahme auf mehreren Tonspuren für Prüf 1 (siehe unten) gefordert, die Entwicklung wurde aber bald wieder eingestellt.

Ein **Tonschreiber h** wurde von mehreren Dienststellen, besonders von der Marine, für die Aufnahme hoher Frequenzen von 30 – 100 kHz gefordert. Die Entwicklung musste aber wegen des damaligen Personalengpasses eingestellt werden.

Ein **Tonschreiber z** wird nur einmal Anfang 1942 als ein Entwicklungsprojekt der AEG erwähnt (Seite 172).

Wesentliche Bedeutung erlangten also nur die drei Tonschreibertypen b, c und d, oder, wie sie nach dem deutschen Buchstabialphabet hießen, die Tonschreiber Bertha, Cäsar und Dora; der Tonschreiber f erreichte nur eine begrenzte Zahl und damit eine begrenzte Bedeutung. Weitere Namen für die Tonschreiber ergaben sich für Sonderanfertigungen, zum Beispiel für die Marine (Seite 143).

Anforderungen und Einsatzgebiete der Tonschreiber c, d und b

Alle Tonschreiber mussten für den Einsatz unter deutlich unterschiedlichen Bedingungen ausgelegt sein:

- sie sollten an zentralen Stellen ortsfest, zum Beispiel neben Horchempfängern, stehen und den gesamten inter-

essierenden Funkverkehr speichern. Diese Geräte konnten von einem 50 Hz-Wechselstromnetz am Einsatzort ausgehen. Gefordert wurde auch, dass sie schon in Grenzen bei der Analyse eingesetzt werden konnten (variable Bandgeschwindigkeiten von 9 – 120 cm/s, Frequenzgang 300 – 5.000 Hz bei 72 cm/s, Dehnung von Telefonie- und Telegrafieaufnahmen);¹¹⁵⁰

- sie sollten leicht transportierbar sein, also in Frontnähe möglichst weit an den Feind herangebracht werden können, um bei den „Nah-Nachrichtenaufklärungszügen“ (Funk-H-Dienst und Drahtlauschdienst zum Beispiel im Stellungskrieg) alle erreichbaren Informationen aufzunehmen. Die Bandgeschwindigkeit wurde auf 18 cm/s festgelegt, der Frequenzgang auf 180 – 1800 Hz. Technische Details: Federwerk plus Taschenlampenbatterie, diese aber nur zur Vormagnetisierung und für Aufnahmen mit einem Kohlemikrofon.¹¹⁵¹ Der Frequenzgang war so festgelegt, dass mit akzeptabler Qualität sowohl Sprache wie auch Hochgeschwindigkeitstelegrafie aufgenommen werden konnten. Die Apparate, auch die „ortsfesten“, sollten als Tornistergeräte von Soldaten transportiert werden können. Da die Forderungen nicht in einem einzigen Gerät realisiert werden konnten, wurde für die erste Aufgabe der Tonschreiber b, für die zweite der Tonschreiber c entwickelt (der Tonschreiber d mit seinem anders gearteten Aufgabenbereich ist auf Seite 154 beschrieben).

Magnetbänder, die vor Ort nicht ausgewertet werden konnten, wurden „nach Berlin“ geschickt. Dort scheint es eine Anlaufadresse gegeben zu haben, um den tatsächlichen Auswerteort nicht preizugeben, nämlich die Erfassungs- und Erprobungsstelle in Staats (Seite 139); sie dechiffrierte die Aufzeichnungen und wertete sie aus, wie nicht zuletzt auch die fortlaufend verfeinerten Codes der Gegner.¹¹⁵² Wenn die Bänder schon am Empfangsort ausgewertet werden konnten, war das natürlich vorrangig; deshalb mussten die vom Tonschreiber c gemachten Aufnahmen auch auf dem Tonschreiber b bearbeitet werden können.

Abbildung 157 (LINKS): Die Drehrichtungsumschaltung des Tonschreibers b arbeitet wie die im Tonschreiber d. Zusätzlich zu Abbildung 156 ist hier auch der Exzenter ① zu sehen (erkennbar vom Zinkfraß befallen). Wird er gedreht, schalten die in Abbildung 156 gezeigten Nocken die jeweilige Gummivalze in die Antriebsrichtung, also nach links oder rechts.

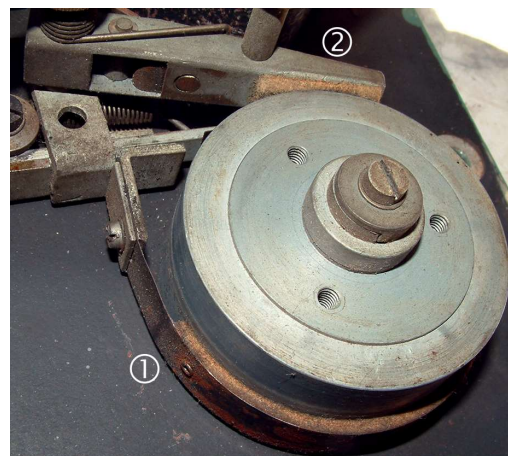
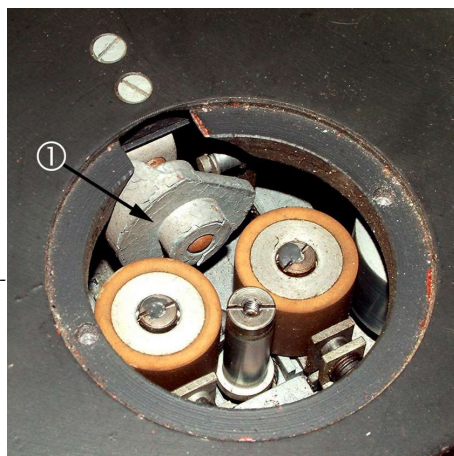


Abbildung 158 (RECHTS): Band- und Backenbremse im Tonschreiber b. Das Zahnrad zum Antrieb des Wickeltellers ist abgeschraubt (siehe die drei Gewindelöcher). Die Bandbremse ① zur Schnellbremsung ist abgehoben, die Backenbremse ② (für konstanten Bandzug) liegt oben an. Beide Bremsen, mit Filz belegt, werden vom Kugelgriff des Betriebsartenschalters aus über die Schaltwelle und Schubstangen gesteuert.

Allgemeine Mechanik der Tonschreiber

Das Heeres-Waffenamt verlangte, dass die Tonschreiber auch unter klimatischen Extrem-Bedingungen ohne Abstriche einsatzfähig sein sollten, das heißt, im Bereich -40 °C bis +50 °C. Insbesondere mechanische Bauteile, wie Schalter und Kugellager, ebenso die Schmiermittel, hatten diesen Anforderungen zu genügen. Dementsprechend aufwendig war auch die vorgeschriebene Qualitätskontrolle beim Hersteller; die AEG musste eigens einen Kälteprüfraum bauen. Für die Tonschreiber b und b1 galten darüber hinaus scharfe Störstrahlbedingungen, weil diese Geräte zusammen mit Funkhorchgeräten, äußerst empfindlichen Empfängern mit breitem Frequenzbereich, zusammenarbeiten sollten. Diese Anforderungen konnten nur teure Spezialteile erfüllen.¹¹⁵³

Extreme technische Anforderungen, dazu die hohen Material-, Entwicklungs- und Prüfkosten, führten trotz beachtlicher Auflagen der Tonschreiber zu exorbitanten Gerätepreisen: der technisch aufwendigste Tonschreiber b stand 1942 mit RM 6.100 zu Buch,¹¹⁵⁴ der Tonschreiber d mit RM 4.400. So gewinnbringend solche Aufträge für die Firma AEG insgesamt gewesen sein dürften, so belastend waren sie für die betroffenen Mitarbeiter: Oberstleutnant Kerkhof pflegte die Abnahme-Bedingungen des Heeres-Waffenamtes buchstabengetreu auszulegen und setzte seine Forderungen, ungeachtet der technischen Probleme, häufig mit gefährlichen Drohungen durch – wie „Versetzung zur kämpfenden Truppe“.

Abgesehen von einem bis in letzte Detail ausgefeilten, sieben Schreibmaschinenseiten langen Dokument „Vorläufige technische Liefer- und Abnahmebedingungen für den Tonschreiber d“¹¹⁵⁵ liegen die Forderungen der Wehrmacht zwar nicht als Zahlen vor, können aber qualitativ relativ einfach rekonstruiert werden:

- robust und zuverlässig,
- einfacher Transport durch einzelne Personen,
- widerstandsfähig gegen harte Umweltbedingungen bei Vibration, Schock,
- leichte Bedienbarkeit,
- einfache Reparatur,

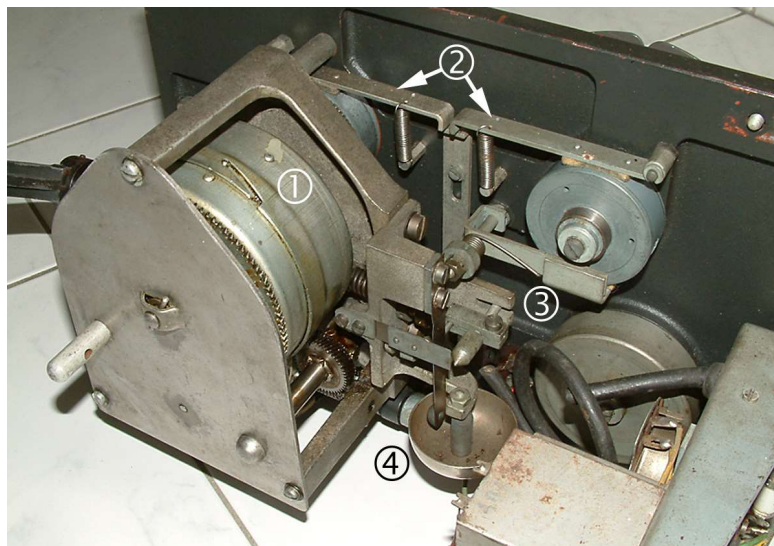
- gegen hohe und tiefe Temperaturen, Feuchtigkeit, Staubaufall und so weiter,
- weitere Forderungen durch Anpassung der einzelnen Typen an ihre jeweilige Aufgabe.

Es ist klar, dass sich nicht alle Forderungen gleichzeitig erfüllen ließen, dass also Kompromisse zu finden waren, zum Beispiel zwischen hoher Zuverlässigkeit und geringem Gewicht. Alle transportablen Geräte, insbesondere Ton.S. b, c und d, um die es hier vorrangig geht, sind deshalb als Tornistergeräte ausgelegt. Die erforderliche Robustheit und Zuverlässigkeit zwang dagegen zu schweren Lösungen, etwa bei den Blechgehäusen oder bei den Bedienungselementen, deren Bewegungen in den Geräten meist über massive Stahlstangen übertragen wurden. Eine aus Leichtmetall-Legierungen konstruierte Druckguss-Laufwerksplatte kompensierte einen Teil dieser Gewichte. Da derartige Tornister schnell die Grenzen der Tragfähigkeit eines einzelnen Soldaten erreichten (35 – 40 kg), fand eine sinnvolle Aufteilung in Untereinheiten statt, wobei der eigentliche Tonschreiber immer eine Funktionseinheit blieb. Aber schon eine Batterie beziehungsweise ein „Sammeler“ (Akkumulator), besonders aber das Zubehör wie Tonbandspulen, Kopfhörer, Ersatzteile (Röhren, Wechselrichter), Lageröl, Schmierfett, Klebstoff (Cohesin, Rudol) für die Bänder, Ersatzkohlebürsten für die Motoren und so weiter wurden auf weitere Koffer verteilt, so dass im allgemeinen drei bis vier Koffer zu einem Gerät gehörten.

Endabschalter (Bandende) oder Notabschalter (Bandriss) gab es bei den Tonschreibern nicht – Ausnahme: RE 3 (siehe oben). Auch waren Relais und insbesondere Kraftschütze zum Auslösen von Bremsen nicht vorgesehen.

Von RE 2 abgesehen, war bei allen Tonschreibern das Magnetophonband auf Spulen mit beidseitigen Blechflanschen aufgewickelt, die je nach Gerät beziehungsweise Spulendurchmesser unterschiedlich aussahen – freitragende Bandwickel scheinen als unsicher gegolten zu haben. Die 12 cm-Spulen des Tonschreibers c hatten nahezu geschlossene Flanschen, unterbrochen lediglich von einem Einfädelschlitz und drei treppenartig abgestuften Ausnehmungen, an denen die verbleibende Spielzeit des Bandwickels abzulesen war. Die Flansche der größeren Spulen für die Tonschreiber b und d waren mit konzentrischen Farbkreisen lackiert und durchbrochen, so dass auch hier die Spielzeit abzulesen war, zusätzlich gab es Führungsschienen für einen bedruckten und / oder beschreibbaren Kartonstreifen.¹¹⁵⁶ Damit sich die äußeren Bandlagen in der Verpackung nicht lockern konnten, bekamen die b- und d-Spulen eine S-förmig gebogene Drahtfeder mit rechtwinklig abgebogenem Ende, das auf der äußersten Bandwindung auflag (zu sehen auf der linken Spule des Tonschreibers b in Abbildung 180, S. 158).¹¹⁵⁷ Robuste zweiteilige Blechdosen ersetzten die einfachen Magnetophonband-Kartons, die den rauen Einsatzbedingungen nicht gewachsen waren; schließlich wurden die Aufzeichnungen ja häufig nicht am Aufnahmeort, sondern von besonderen Auswertestellen interpretiert. Je nachdem, wie der Deckel dieser eigens gefertigten „schachtelartigen Filmspulenbehälter“ aufgesetzt war, zeigte die Schmalseite ein rotes oder grünes Kennfeld; so ließen sich bespielte Bänder mit einem Blick von unbespielten (oder zur Neubespaltung freigegebenen) unterscheiden – übrigens wieder ein Untermann-Patent.¹¹⁵⁸

Abbildung 159: Mechanik-Details vom Tonschreiber c (Aufnahme, Ton.S.c (A)). Links das Federwerk ①, wie in den 1930er Jahren noch als Plattenspieler-Antrieb üblich. An den Spulenteiler-Wellen oben rechts und links (zum Teil verdeckt) greifen zwei Typen von Backenbremsen an: ② die oberen für die Schnellbremsung, sie werden gleichzeitig von einer Schubstange betätigt. Die untere Bremse ③ stabilisiert den Bandzug. Ganz unten eine Glocke ④, sie warnt vor dem Ablauf des Federwerks.



Ein genauerer Blick auf die Laufwerke zeigt, dass in den Antrieben keine Flachriemen, Keilriemen, Rundschnurringe oder ähnliche schnell verschleißende beziehungsweise alternde Bauteile verwendet sind, vielmehr wird die Bewegung in der Regel formschlüssig durch Zahnräder übertragen, wobei vergleichsweise kleine Zähne, teilweise auf Kunststoff-Zahnrädern (Hartgewebe-Kunststoffe wie Pertinax), einen ruhigen, gleichmäßigen Lauf bewirkten, meist noch verbessert mittels Schrägverzahnungen (links in Abbildung 155). Kraftschlüssige Verbindungen werden nur dort eingesetzt, wo der Antrieb als Friktion arbeiten muss; dann sind diese aber als gummibelegte Walzen realisiert, die gegen Metallwalzen arbeiten (Abbildung 156) oder als Friktionsbremsen in Gestalt lageunabhängiger Blattfedern, die gegen weitere Metallscheiben oder Hartgewebe-Kunststoffe gedrückt wurden (oben links in Abbildung 155). Die Andruckkraft war einstellbar. Bremsen wurden als Backen- oder Bandbremsen mit Filzbeschichtung ausgeführt (Abbildung 158 und Abbildung 159). Diese Technik erlaubt es

auch heute noch, Tonschreiber in Betrieb zu setzen, ohne dass (nicht mehr erhältliche) Bauteile nachgebaut werden müssten, wie es erfahrungsgemäß bei wesentlich jüngeren zivilen Geräten der Normalfall ist. Allerdings ist recht häufig an bestimmten Komponenten „Zinkfraß“ zu beobachten: Formteile aus Zink, damals auch in der zivilen Radiotechnik viel verwendet, sind im Laufe der Zeit teilweise zerfallen (wie in Abbildung 157 zu sehen).

Die wesentliche Steuerung (Vorlauf – Halt – Rücklauf) des jeweiligen Tonschreibers erfolgte per Einhebelbedienung über einem Kugelgriff am Betriebsartenschalter (Abbildung 160). Unmittelbar an dessen Hebel war die Rastklinke angebaut, die nur drei definierte Stellungen zuließ (Abbildung 161). Der Betriebsartenschalter drehte eine Steuerwelle, die unmittelbar unterhalb der Laufwerkplatine hindurch bis auf die gegenüberliegende Seite reichte (Abbildung 162), wo dann der Exzenter am Ende der Welle (unter einem runden Abdeckblech) den Eingriff der Gummiwalzen (Abbildung 157) und damit Vor- beziehungsweise Rücklauf des Magnetbandes vorgab. Die Steuerwelle trug weitere Nocken etwa auf halber Länge, um die erforderlichen elektrischen Umschaltungen auszulösen. Ein viereckiger Deckel über diesen Kontakten erlaubte einfachen Zugang (Abbildung 162, Mitte). Direkt neben dem Kugelgriff ist ein weiterer Schalthebel mit hakenförmigem Griff zu sehen (rechts oben in Abbildung 160 und Abbildung 161), der das Gerät auf „Aufnahme“ schaltet. Seine durch eine Feder erzwungene Ruhestellung ist „Wiedergabe“. In die Stellung „Aufnahme“ lässt er sich nur bringen, wenn der Betriebsartenschalter gleichzeitig auf „Vorlauf“ geschaltet wird. Dann wird der hakenförmige Hebel durch die Aussparungen des Betriebsartenschalters so lange in der Position „Aufnahme“ verriegelt, bis dieser wieder auf „Halt“ gesetzt wird. Weitere Nasen an diesem hakenförmigen Hebel betätigen einmal die Bremsen über Schaltgestänge und die Schalter (Kippschalter und Schaltkontaktpaket, Abbildung 161). Für den Ton.S.c (W) gilt sinngemäß das Gesagte; hier sind nur die eingravierten Kennzeichnungen andere, weil diese Gerät zwar nicht aufnehmen, aber Bänder löschen kann (Abbildung 163).

Die Motoren-Anzahl ist bei den drei Tonschreibertypen unterschiedlich; darüber wird im Einzelnen berichtet. Für den Bediener sind eine Reihe von Hilfen auf den Geräten angegeben, zum Beispiel wird mittels einer eingefrästen, rot ausgelegten Linie die Bandführung dargestellt. Schrauben, die gelöst werden müssen, wenn das Laufwerk aus dem Gehäuse genommen werden soll, sind rot gekennzeichnet, damit nicht durch Herausdrehen falscher Schrauben Schaden angerichtet wird. Ansonsten gibt die Betriebsanleitung recht präzise vor, wer (Funker, Funkmeister oder Truppenmechaniker) welche Prüfungen und Reparaturen in welcher Reihenfolge ausführen darf, falls Schwierigkeiten auftreten.

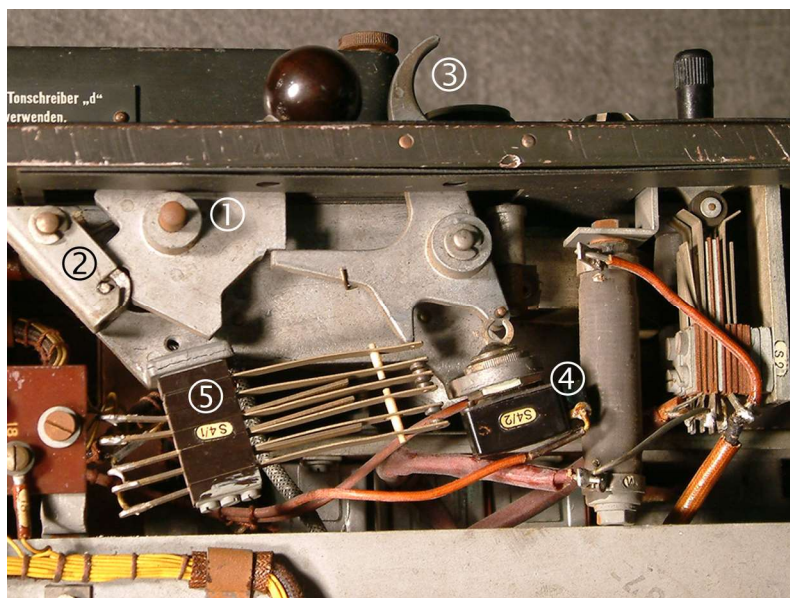


Abbildung 160 (LINKS): Der Kugelgriff des Betriebsartenschalters, hier am Tonschreiber d. Dieser „Hauptschalter“ arbeitete bei allen Tonschreibern ähnlich: er steuerte die elektrischen und mechanischen Grundfunktionen. Zwischen „Wiedergabe“ und „Aufnahme“ schaltete der hakenförmige Hebel um (oben im Bild). Von den weiteren Schaltern ist unten im Bild der Netzschalter zu sehen.

Abbildung 161 (RECHTS): Einzelheiten des Tonschreibers d unterhalb der Laufwerkplatine. Die Steuerwelle des Betriebsartenschalters ① verläuft unter dem Laufwerk, wie in Abbildung 162 zu sehen. Die federnde Rastklinke ② erzwingt drei Sollpositionen. Der hakenförmige Hebel ③, hier in Stellung „Aufnahme“, ist mechanisch gegen den Betriebsartenschalter verriegelt; er schaltet auch die elektrischen Aufnahmefunktionen mittels Kippschalter ④ und Schaltkontakte-Paket ⑤.

Allgemeine Elektrik der Tonschreiber

Heute würde man wohl die „Elektrik“, also die Versorgung mit Spannungen, Stromeinstellung, Steuerung der Motoren und so weiter, unterscheiden von der „Elektronik“, also der Verstärkertechnik, der Entzerrung beziehungsweise Kennlinienkorrektur und ähnlichem. Da für jeden der drei häufigsten Tonschreiber-Typen eine andere Betriebsspannungs-Versorgung vorgesehen war, wird die dazugehörige Technik zusammen mit den

Geräten beschrieben. Bei der Elektronik gilt ähnliches, lediglich zu wenigen Punkten sind pauschale Aussagen sinnvoll, etwa zu der durchweg angewendeten Gleichstrom-Vormagnetisierung.

Die Kopfträger der Tonschreiber b und d glichen weitgehend dem des Magnetophons K 4 und waren ebenfalls austauschbar; die Vorteile dieser Anordnung sind auf Seite 135 geschildert. Übernommen wurde auch die Kunstschaltung, die Lösch- und Aufnahmekopf nach jeder Aufnahme vollständig entmagnetisierte und bei allen Geräten durchaus ähnlich war. Typisch und leicht überschaubar ist das Schaltprinzip beim Tonschreiber d: Abbildung 164 zeigt den Schaltungsausschnitt aus dem AEG-Schaltplan, Abbildung 165 den gleichen Ausschnitt, jedoch reduziert auf die beim Entladen beziehungsweise Entmagnetisieren wirkenden Komponenten. Sowie das Gerät aufnahm, lud sich ein Kondensator (C 6) auf; war die Aufnahme zu Ende (Öffnen des Schalters S 4.2), entlud er sich über eine größere Drossel (Dr 5), den Lösch- (K 1) und den Aufnahmekopf (K 2). Dieser typische Schwingkreis, der eine abklingende Schwingung mit einer Frequenz von mehreren Hertz generierte, war optimal geeignet zum Entmagnetisieren der Köpfe. Im Ton.S.c (A), der ja nur aufnehmen konnte, fehlte diese Schaltung natürlich; die Remanenz des Magnetkopfs störte hier nicht. Die Gleichstrom-Löschköpfe trugen das typische „Horn“ entsprechend Schüllers einschlägigem Patent (Seite 102).¹¹⁵⁹

Die Eingangsschaltung für das Nutzsignal (die „Aufspreichschaltung“) ebenso wie der Wiedergabeverstärker war bei den Tonschreibern unterschiedlich und wird bei den einzelnen Geräten beschrieben.

Tonschreiber c, Ton.S. c (A) und Ton.S. c (W)

Weder für den Entwicklungs- noch für den Produktionsbeginn des Tonschreibers c gibt es exakte zeitliche Anhaltspunkte; nach Schüller soll er ab 1939 entwickelt worden sein. Ziel war ein besonders leichtes, einfaches Gerät für den „Grabeneinsatz“, womit allerdings die Aufgaben von „Caesar“ nur vage umschrieben sind: netz-unabhängige Aufnahmemöglichkeit unter Gefechtsbedingungen, Aufzeichnungen von Sprache und Telegrafie in Zusammenarbeit mit einem Funkhorchempfänger, beispielsweise feindlicher Funkverkehr. Gefordert wurden geringstes Gewicht für höchste Mobilität, wobei Abstriche an der Aufnahmequalität toleriert waren. Der Tonschreiber c „zerfällt“ in zwei unabhängige Geräte, einen äußerst simpel gehaltenen Aufnahme- und einen aufwendigeren Wiedergabeteil; Ton.S.c (A) nahm auf, Ton.S.c (W) gab wieder und konnte löschen.

So entstanden etwa 21 x 34 x 22 cm (H x B x T) große „Halbtornister“, die mit den weiteren Halbtornistern des Zubehörs kombiniert wurden. Insbesondere das Gewicht des Aufnahmeapparates wurde auf 12 kg minimiert – immerhin noch das Gewicht eines vollen Wassereimers! Deshalb wurde sein Antrieb per Federwerk realisiert, wobei man auf eine typische Ausführung für Plattenspieler zurückgriff, die mit einem Fliehkraftregler erfahrungsgemäß sogar die notwendige Drehzahlkonstanz für Musikkwiedergabe bot. Dieses Federwerk allein war schon leichter als ein E-Motor, außerdem sparte man die vergleichsweise schwere Antriebsbatterie ganz ein. Erfahrungen mit dieser Antriebstechnik hatte ja bereits der Bau des Drei-Federwerks-Geräts („Käse-Gerät“, Seite 181) geliefert. Zwar kommt ein elektrisches Gerät nicht ohne Strom aus – aber für die Aufnahme allein genügt eine 4,5 V-Flachbatterie, deren Gewicht nicht nennenswert war; sie wurde im Ton.S.c (A) fest eingebaut. Löschen und Wiedergabe waren ohnehin Aufgaben des Ton.S.c (W), das Aufnahmegerät kam also ohne die entsprechenden Magnetköpfe, Verstärker, Entzerrungsnetzwerke und die Entmagnetisier-Vorrichtung aus. Der Schaltplan ist deshalb denkbar einfach (Abbildung 166). Wenn das Laufwerk mit dem üblichen Kugelgriff auf „Aufnahme“ geschaltet wurde, lief das zuvor aufgezogene Federwerk an, das die Tonrolle direkt und den Aufwickelteller über Rutschkupplungen antrieb. Gleichzeitig wurde über eine Nase auf der Schaltwelle der Batterieschalter S 1 angeschaltet, so dass durch den Aufnahmekopf K 1 der Vormagnetisierungsstrom floss, der über P 1 eingestellt worden war. Dann konnte der Ton.S.c (A) das von einem Empfänger kommende Signal aufnehmen und damit die gegebenen Informationen speichern – wie bereits gesagt, nur mit niedriger Qualität und maximal 11 min lang. Da insbesondere das über Erdspeife mögliche Abhören gegnerischer Telefongespräche ein wesentlich zu kleines Eingangssignal für den Ton.S.c (A) geliefert hätte, wurden spezielle Verstärker eingesetzt, insbesondere der mit Taschenlampenbatterien betriebene „kleine Drahtlauschempfänger“ D.L.E. (kl.), siehe Abbildung 167.

Für die zweite Anwendung bekam der Ton.S.c (A) ein fest angeschlossenes Kohlemikrofon, und zwar eine militärtypische Feldtelefon-Kapsel mit steckerlosem Kabelanschluss, untergebracht in einem Seitenfach des Metallgehäuses an Bord: Wenn der Mikrofonschalter auf „ein“ geschaltet wurde, schloss sich der Batteriekreis über Mikrofon und Primärwicklung des Transformators. Die Sprachsignalströme wurden über die Sekundärwicklung des Spartransformators (1 : 20) an den Aufnahmekreis angepasst. Wie bei der seinerzeit verblüffend niedrigen Bandgeschwindigkeit 18 cm/s nicht anders zu erwarten, war die Aufzeichnungsqualität mit einem Übertragungsbereich von etwa 300 Hz bis 1.800 Hz mäßig, scheint aber für Sprachaufzeichnung genügt zu haben. Da das Federwerk nicht genug Energie speichern konnte, um auch nur die 120 m Magnetband während der elfminütigen Aufnahmedauer durchzuziehen, musste und konnte das Werk auch während der Aufnahme mit der Handkurbel wieder aufgezogen werden. Das sollte spätestens alle 4 min erfolgen. Als besonderen Komfort hatten einige dieser Geräte eine Glocke (zu sehen als nach oben offene Halbkugel in Abbildung 159), die, nach einem Patent von Schüller, rechtzeitig vor dem Erschlaffen der Feder anschlug.¹¹⁶⁰

Das leichte Gerät konnte durchaus auch für Reportagen genutzt werden, was zumindest die spektakulärste Anwendung des Ton.S.c war. Die Hauszeitschrift der RRG, „Reichsrundfunk“, veröffentlichte Anfang 1942 einen

wortmächtigen Beitrag von Karl Holzamer (1963 Gründungsintendant des ZDF) über Reportagen, die erst der Tonschreiber c ermöglichte; er berichtete als Augenzeuge aus Flugzeugen (Me 110, Do 117, He 111) über Kampfeinsätze der Luftwaffe. Ein Tonschreiber c sei „erstmalig im Kampf um Kreta [im Mai 1941] am Fallschirm abgeworfen ... und von zwei meiner Kameraden zur Berichterstattung benutzt worden“.¹¹⁶¹ Ernst von Kluon, der als Kriegsberichterstatter einen ähnlichen Bericht vom ersten Großeinsatz der Luftwaffe über London lieferte, kennt einen der Kameraden: Alfred Schuseil.¹¹⁶² Weitere Einsatzberichte des Tonschreibers c sind nicht erhalten oder waren jedenfalls nicht nachzuweisen, was auch für seine Hauptaufgabe gilt, der frontnahen Aufnahme von Feindgesprächen.



Abbildung 162 zeigt bei geöffneten Abdeckungen den Verlauf der Steuerwelle unter dem Laufwerk hindurch (hier beim Tonschreiber d: rechts der Kugelgriff, in Bildmitte elektrische Schalter, links die mechanische Umschaltung der Spulenteller-Drehrichtung). Im Tonschreiber b arbeitete dieselbe Ausführung, beim Tonschreiber c (W) gab es geringfügige Änderungen.

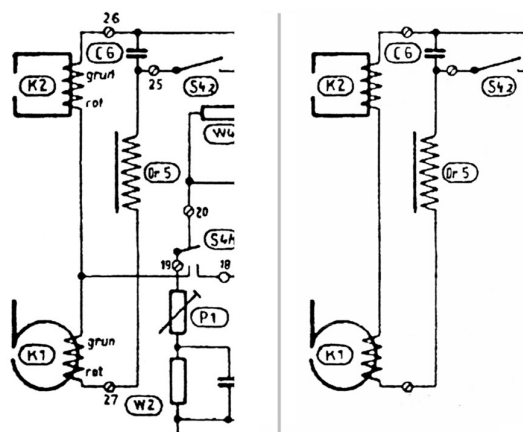
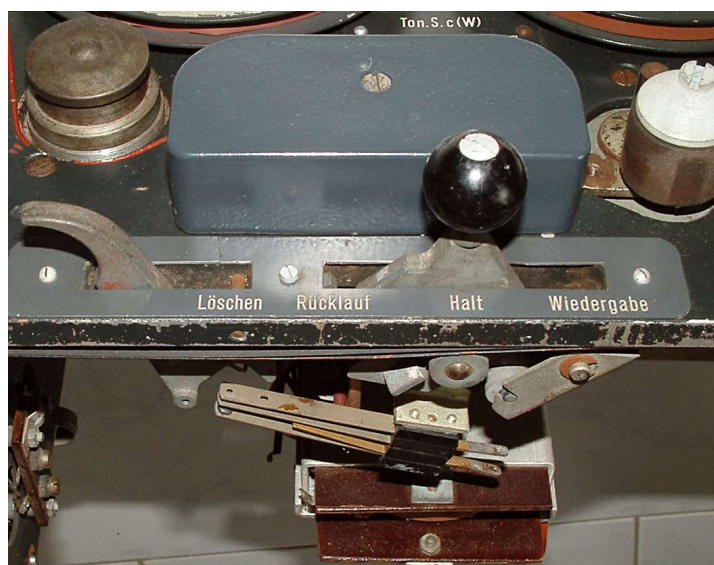


Abbildung 163 (LINKS): Der Betriebsartenschalter des Tonschreibers c (W). Zu erkennen sind geringe Änderungen gegenüber anderen Tonschreibern, denn dieses Gerät konnte zwar löschen, aber nicht aufnehmen.

Abbildung 164 (MITTE): Die Entmagnetisierungsschaltung, praktische Ausführung im Tonschreiber d. K 1 ist der Horn-Löschkopf, K 2 der Aufnahmekopf. Bei Aufnahme sind beide Schalter geschlossen, der obere schaltet den Vormagnetisierungs-Gleichstrom ein, über den unteren und P 1 erreichen die Schallsignale den Kopf K 2.

Abbildung 165 (RECHTS): Vereinfachte Darstellung des Entmagnetisierungs-Kreises (beide Schalter aus Abbildung 164 offen gedacht). Der geladene Kondensator C 6 entlädt sich über den schwach gedämpften Schwingkreis Dr 5, K 1 und K 2; die dabei entstehende abklingende Schwingung entmagnetisiert die beiden Köpfe.

Das kleinste der Militär-„Magnetophone“ wurde vielfach modifiziert, so etwa zum Einbau in Unterwasser-Lenk Waffen; von den Erkenntnissen versprach man sich Verbesserungen bei Torpedos vom Typ „Zaunkönig“, die das charakteristische Geräusch ihres Ziels „erkannten“ und selbsttätig darauf zuliefen, sich dabei aber nicht durch Fremdgeräusche ablenken lassen sollten.¹¹⁶³ – Das Archiv der amerikanischen Firma Stancil-Hoffmann besitzt einen Satz Tonschreiber c, den angeblich Hitler dem portugiesischen Diktator António de Oliveira Salazar geschenkt hat – man fragt sich, zu welchem Zweck?¹¹⁶⁴ Sogar die Sowjetunion soll bis Sommer 1941 derartige Aufmerksamkeiten von hoher Stelle erhalten haben, selbst gegen Einwände aus dem Militärbereich.

Übrigens hätte Oberlin Smith am Tonschreiber c seine helle Freude gehabt: nicht nur, dass Caesars Frontpartie unverkennbare Ähnlichkeit mit seinen Skizzen von 1888 zeigt, er hat auch Federwerksantrieb – „revolved by hand, clock-work or other means“ –, und selbst den „Aufnahmekanal“ hat Smith schon beschrieben: „the voice or other sound is delivered into an ordinary telephone A. Preferably, this should be a carbon transmitter so as to have battery F in the circuit, and thus use as strong a current as practicable ...“.¹¹⁶⁵ – Die Federwerkstechnologie des Ton.S.c (A) haben die Zentraltechnik des NWDR und die Hamburger Firma Mailhak nochmals in einer gemeinsamen Entwicklung aufgegriffen, zum Beispiel beim MMK 1 von 1947, beim NWDR unter B-R 25 geführt.

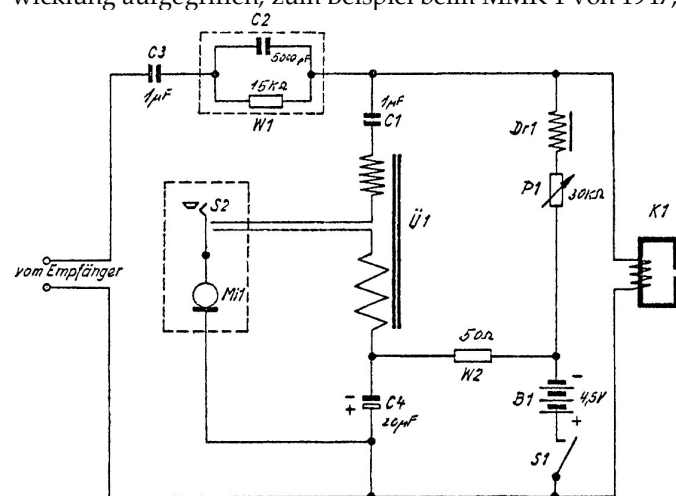


Abbildung 166 (LINKS): Der bemerkenswert einfache Schaltplan des Tonschreibers c, Aufnahme, also Ton.S.c (A). Die Taschenlampenbatterie B1 war fest im Gerät eingebaut.

Abbildung 167 (RECHTS): Der „kleine Drahtläuschempfänger“ D.L.E. (kl) zum Abhören und Aufzeichnen von Telefongesprächen. Als Eingang waren eine Klemme für Erde und zwei potentialfreie Klemmen vorgesehen. Der Eingang ließ sich stufenlos symmetrieren (in Bezug zur Erde), um Störungen zu minimieren. Das Gerät hatte zwei Ausgänge mit jeweils einem Einsteller (sowie einem Einschalter), und zwar einen für Kopfhörer- und einen für Tonschreiber-Anschluss. Die notwendigen Batterien nahm ein gleichgroßes, zweites Gehäuse auf.

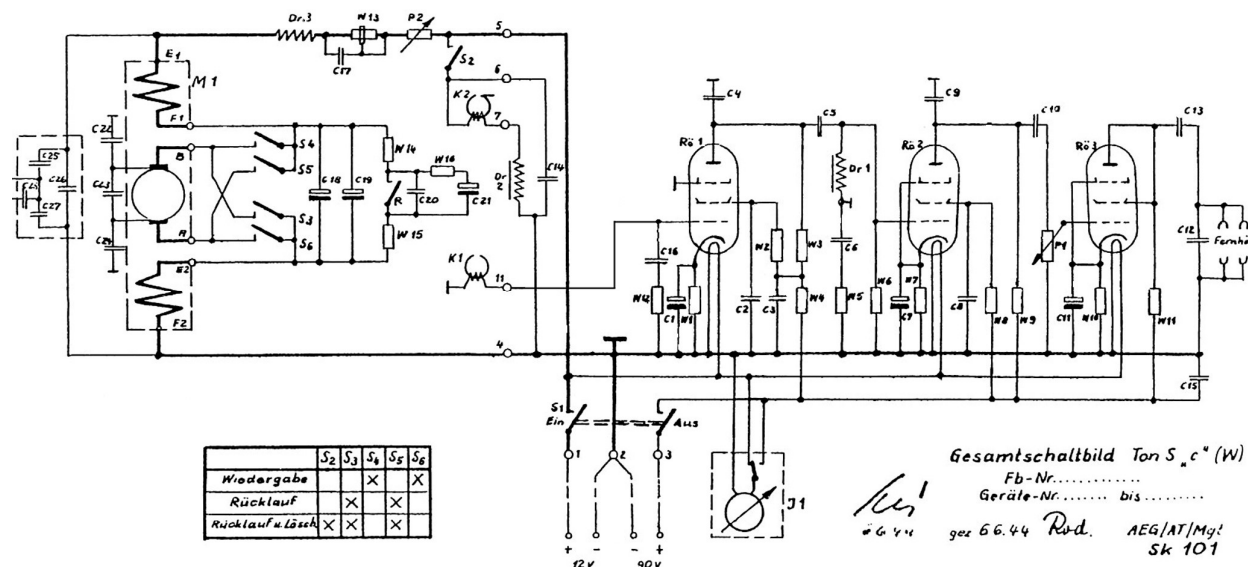


Abbildung 168: Der Gesamtschaltplan des Tonschreibers c (W). Unten Mitte: Stromversorgung (Heizung und Anode) mit Batteriemessgerät. Oben, linker Bildteil: Motorsteuerung; Hauptschlussmotor mit Drehrichtungsumkehr (Umpolung Rotor) und Drehzahlstabilisierung. Mitte: Lös- und Wiedergabekopf; Bildteil oben rechts: der Wiedergabeverstärker mit drei Röhren RV 12 P 2000 für Kopfhörer (damals noch „Fernhörer“ genannt).

Zum Abspielen der Bänder diente im allgemeinen der „systemkonforme“ Ton.S.c (W); er wurde – da auch für den „Grabeneinsatz“ vorgesehen – autark aus Batterien versorgt und hatte etwa die gleichen Abmessungen wie der Aufnahmeteil. Ein „Sammler“ (meist NiFe-Akku) von 12 V lieferte die Energie für den einzigen Motor und zur Heizung der Röhren, eine 90 V-„Anodenbatterie“ (damals nach VDE DIN 1600) die notwendige Anodenspannung für den Verstärker. Beide Energiequellen konnten mit einem Instrument auf der Frontplatte geprüft werden. Die Wehrmachtsröhren RV 12 P 2000 erforderten ca. 30 s Vorheizung vor Inbetriebnahme des Tonschreibers, der Netzschalter wollte also vorausschauend bedient sein. Eine Aufnahmefunktion war für den Ton.S.c (W) nicht vorgesehen, deshalb fehlten Aufnahmekopf und Aufnahmekreis. Somit war auch der Hauptschalter an diese Aufgaben anzupassen: Er kannte nur die Stellungen Rücklauf (das auf Ton.S.c (A) aufgenom-

mene Band musste ja zuerst zurückgespult werden) und Wiedergabe. Außerdem sollte das Band auch gelöscht werden können – das wurde beim Ton.S.c (W) mit dem zweiten Hebel vorgegeben, der seinerseits mit dem Haupthebel wechselseitig verriegelt war (zu sehen in Abbildung 163).

Für die Wiedergabe sorgte der mit drei Röhren RV 12 P 2000 bestückte Verstärker. Zwischen erster und zweiter Röhre wurde, wie damals meist üblich, die Entzerrung vorgenommen. Eine Signalauskopplung hinter der zweiten Röhre für nachfolgende Geräte war bei diesem Verstärker nicht vorgesehen, vielmehr ging das Signal über einen Laustärkeinsteller (P1) an die dritte Röhre und zum Kopfhöreranschluss.

Der Ton.S.c (W) kam mit einem einzigen (12 V-Hauptschluss-Kommutator-)Motor aus. Je nachdem, ob das Band wiederzugeben („Wiedergabe“) oder rückzuspulen war („Rücklauf“), wurde der Rotor umgepolt, also die Motor-Drehrichtung elektrisch umgeschaltet (Abbildung 168, Schaltkontakte S3, S4, S5, S6). Für einwandfreie Wiedergabe ist die Drehzahl eines solchen Motors aber nicht genügend konstant; sie wurde deshalb von einem elektromechanischen Fliehkraftregler (Schalter R in Abbildung 168) auf dem vorgegebenen Wert gehalten. Die entsprechende Technik arbeitete auch im Tonschreiber d (Seite 154; anders als Ts.d. fehlte beim Ton.S.c (W) aber eine Anzeige, die bei Solldrehzahl ansprach, außerdem dämpften anstelle von Drosseln Leistungswiderstände (W14 und W15) das Regelungsverhalten. Friktions- und Zahnradgetriebe verbanden beide Bandspulenteller mit dem Motor (Abbildung 155). Der Strom wurde in keiner Drehrichtung geschwächt, so dass die Drehzahl in beiden Richtungen gleich blieb. Eine Rutschkupplung bremste die jeweils abspulende Seite (zu sehen ebenfalls in Abbildung 155). Über den Nocken S2 der Schaltwelle wurde zum Bandlöschen die 12 V-Batterie an den Löschkopf gelegt; beim Abschalten des Löschstroms (Öffnen von S2) wurde, wie bekannt, eine schwingende Entladung zum Entmagnetisieren der Magnetköpfe realisiert (C14, K2 und Dr2).



Abbildung 169: Tonschreiber c, Aufnahmegerät (LINKS, Ton.S.c (A)) und Wiedergabegerät (RECHTS, Ton.S.c (W)). – Ts.c(A), hatte lediglich einen Federwerksmotor (rechts Kurbel zum Aufziehen des Federwerks eingesetzt) und eine 4,5 Volt-Taschenlampenbatterie für die Gleichstromvormagnetisierung und das fest angeschlossene Mikrofon (links vorn).

Tonschreiber d, Ton.S.d

Der chronologisch zweite Tonschreibertyp der deutschen Wehrmacht war der Ton.S.d, meist als „Tonschreiber Dora“ bezeichnet. Heinz Thiele, seinerzeit im AEG-Verstärkerlabor tätig, datiert seine Auslieferung auf das Jahr 1942.¹¹⁶⁶ Dass gelegentlich 1939 als Erscheinungsjahr genannt wird, liegt an einer Verwechslung: die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft erhielt von der AEG in diesem Jahr das batteriegespeiste „Ü-Wagen-Magnetophon“ R 23 (Seite 158), aus dem die AEG im Wehrmachts-Auftrag den Tonschreiber d entwickelte, den die RRG wiederum als Gerät R 23a in ihren Bestand übernahm.

Laut Heeres-Waffenamt diente der „Tonschreiber d (Ton Schr d) ... zur Aufnahme und Wiedergabe von Sprache und Musik, insbesondere von Funkberichten der Propagandakompanie“, ¹¹⁶⁷ ein englischer Bericht spricht von „use of reporters, war correspondents, etc. for use in conditions where a mains supply is unlikely to be available; commonly installed in a vehicle“.¹¹⁶⁸ Die Propagandakompanien haben den Tonschreiber d bis Kriegsende benutzt; eine große Anzahl der heute noch zugänglichen Reportagen (beziehungsweise „nachgesprochenen Berichte“) vom Kriegsgeschehen dürfte mit ihm (beziehungsweise R 23a) aufgezeichnet worden sein. Berichte und teilweise auch Transkripte finden sich zahlreich in der Zeitschrift „Reichsrundfunk“. Die kleine, ambitionierte Zeitschrift „Weltrundfunk“ des nach 1950 bekannten Medienfachmanns Kurt Wagenführ (1903 ...1987) brachte Ende 1943 eine längere Reportage „Der Rundfunkingenieur im Fronteinsatz bei der Kriegsmarine“, zu dessen Gerätebestand auch ein Tonschreiber d gehört.¹¹⁶⁹

Ohne Zweifel war Tonschreiber d der Typ mit der besten Tonqualität, wenn ihn auch die Gleichstromvormagnetisierung genaugenommen nur für Sprachaufnahmen empfahl (die Umrüstung zur Variante „HF-Dora“

wurde – entgegen einigen anderslautenden Veröffentlichungen – erst um 1947 / 1948 in größeren Stückzahlen verwirklicht¹⁷⁰). Jedenfalls sollten Kriegsberichtler mit diesem Gerät „von der Front“ berichten, so dass derartige Tonbandaufnahmen die beim Rundfunk übliche Sprachqualität aufweisen mussten. Wie R 23, arbeitete auch der Tonschreiber d mit der Bandgeschwindigkeit 77 cm/s; damit erreichte er einen Übertragungsbereich von 50 – 7.000 Hz, wenn auch die Dynamik nur bei etwa 40 dB lag. Ausdrücklich weist die Bedienungsanweisung des HWA/Prüf 7 auf die Hinterband-Kontrolle während der Aufnahme hin. Mit den 20 cm-Spulen, die 450 m Band fassten, ergab sich eine Spielzeit von 10 Minuten.¹⁷¹

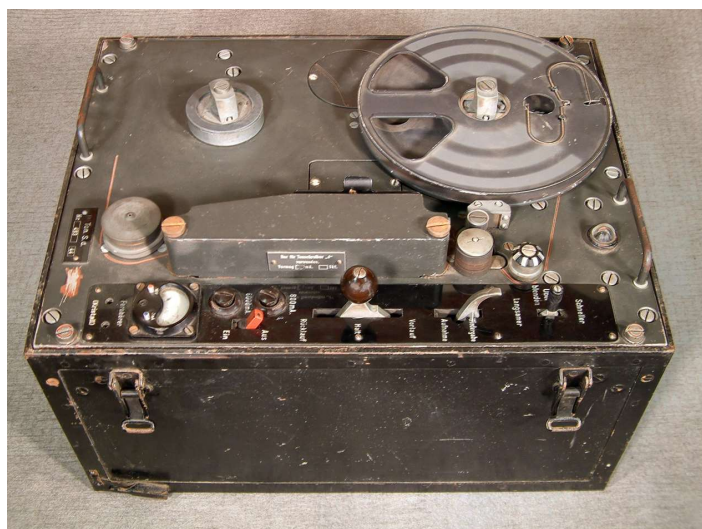
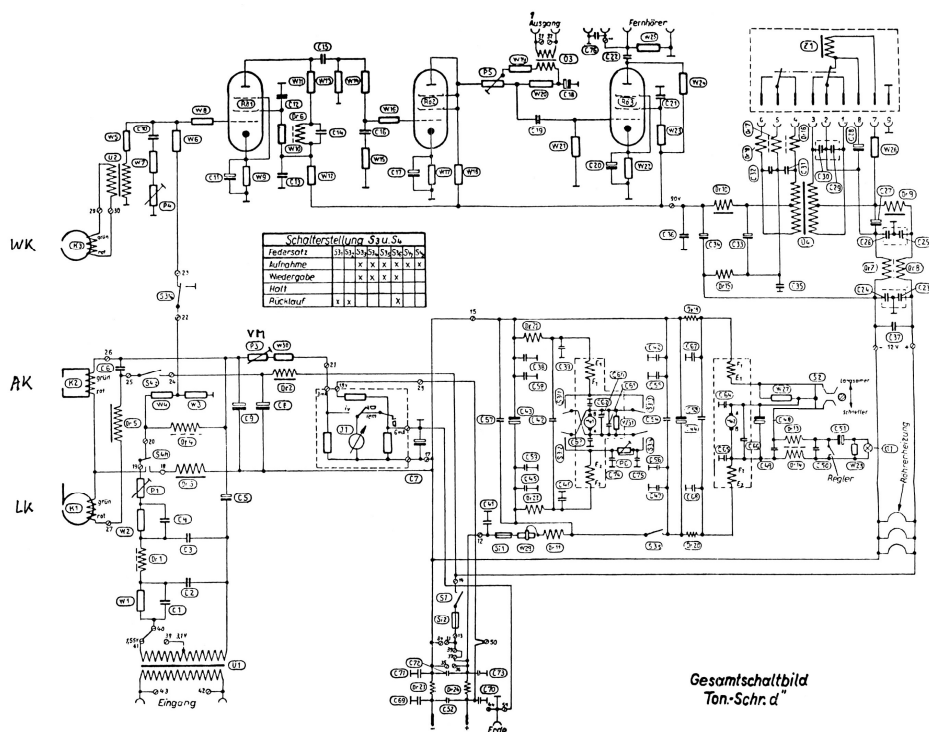


Abbildung 170: Tonschreiber d (bei RRG Magnetophon R 23a genannt). Im linken Bild ist das Laufwerk, im rechten Bild sind zusätzlich der „Sammler- Halbtornister“ R 66 und weitere Magnetbänder im „Zubehörtornister“ R 65 zu sehen. – Zum Vergleich: Das Magnetophon K 6, RRG-Bezeichnung R 23, ist gezeigt in Abbildung 209, Seite 188.

Abbildung 171: Der Gesamtschaltplan des Tonschreibers d. Oben links der Wiedergabekreis (Wiedergabekopf WK bis Verstärkerausgang), oben rechts der Gleichstromwandler 12 Volt in 90 Volt. Links unten der Aufnahmekreis vom Tonsignal-Eingangsübertrager bis zum Aufnahmekopf AK und dem Löschkopf LK. Unten Mitte Anschluss für Betriebsspannung 12 V = (unterer Bildrand), rechts der Wickelmotor mit Drehrichtungswechsel und ganz rechts der Tonmotor mit Drehzahlregler.



Um vom R 23 zum Tonschreiber d zu kommen, ließ das Heeres-Waffenamt die Funktionseinheiten des R 23 auf standardisierte Metallbehälter aufteilen. Das Laufwerk bekam einen „Volltornister“; die „Sammler“, also die Akkumulatoren für die Stromversorgung, nahmen einen „Halbtornister“ ein; einen zweiten Halbtornister belegte das Zubehör (fünf „Spulentrommeln“ und Ersatzteile), dazu kam noch ein Vorratsspulenbehälter für nicht weniger als 25 Bänder.¹⁷² Wie alle Abbildungen, ebenso wie die Anordnung und Beschriftung der Bedienelemente, zeigen, standen R 23 und Tonschreiber d im Betrieb senkrecht auf einer Gehäuseschmalseite.

Wegen der überlappenden Einsatzbereiche musste der Tonschreiber d damit wesentliche Komponenten damaliger Studiomagnetophone aufweisen: Zwei-Motoren-Antrieb mit Steuerung, Drehzahlstabilisierung und Ent-

störmitteln, drei Magnetköpfe, Gleichstromvormagnetisierung mit Schwingkreis zur Entmagnetisierung der Köpfe nach der Aufnahme, Aufnahmeschaltung, allerdings ohne Verstärker, dreistufiger Wiedergabe-Röhrenverstärker mit Entzerrung und Anpassung an Kopfhörer. Erschwerend kam hinzu, dass die Röhren eine Anodenspannung von etwa 90 Volt benötigten, die aufwendig aus der vorhandenen 12 V-Quelle erzeugt werden musste; eine 90 V-Anodenbatterie wie im Ts.c (W) kam hier nicht in Frage. Alle diese Komponenten machten den eigentlichen Tonschreiber so schwer, dass sein Tornister bereits 35 kg auf die Waage brachte. Allerdings war das Gerät recht kompakt: der Laufwerk-Volltornister war nicht größer als 44 x 34 x 25 cm (H x B x T).¹¹⁷³

Am Tonsignaleingang diente wie üblich ein Übertrager zur Anpassung und Potenzialtrennung (Abbildung 171). Wie bei den Studiomagnetophonen wurde ein Eingangssignal mit dem Pegel +6 dB 1,55 V vorausgesetzt, das aber auch von jeder anderen geeigneten Quelle stammen konnte. Lieferte die Quelle höhere Pegel, wie z.B.



Abbildung 172: Der knapp 22 kg schwere „Mikrofonverstärker Anton“ (Mik. Verst. a), gewissermaßen das „Mischpult“ für Tonschreiber d beziehungsweise als „Leichter Übertragungsverstärker“ V 39 für das Magnetofon R 23a.

der Feldverstärker „Mik. Verst. a“, Rundfunk-Bezeichnung V 39 (Abbildung 172), wurde die Mittelanzapfung auf der Sekundärseite des Übertragers genutzt, so dass am Eingang +12 dB 3,1 Volt zur Vollaussteuerung anliegen konnten. Auf den Übertrager folgte die weitere Aufnahmeschaltung, in der Lösch- und Aufnahmekopf so verschaltet waren, dass beide die notwendigen Gleichströme, der Aufnahmekopf zudem das angepasste Eingangs-Nutzsignal erhielten. Ein Instrument diente zum Messen der Gleichströme (Emissionsströme der Röhren, Batteriespannung und Vormagnetisierungsstrom, also Prüfung der Übereinstimmung mit dem auf dem Kopftträger eingeschlagenen Wert). Auch enthielt die Aufnahmeschaltung den bekannten Schwingkreis zum Entmagnetisieren der Köpfe nach der Aufnahme. Vier Kennwerte waren nach Öffnen des Gerätes in Grenzen einstellbar: Vormagnetisierungsstrom, Aufnahmeempfindlichkeit, Ausgangsspannung und wiedergabeseitige Höhenanhebung.

Den Eingang des Wiedergabekreises bildete, wie üblich, ein Übertrager, der den Wiedergabekopf potenzialfrei an den Verstärkereingang anpasste. Die folgenden Verstärkerstufen mit drei Wehrmächtsröhren RV 12 P 2000 arbeiteten in Standardschaltung: Zwischen erster und zweiter Röhre befand sich das Entzerrungsnetzwerk für die jeweils erforderliche Tiefen- und Höhenverstärkung. Nach der zweiten Röhre erfolgte eine potentialfreie Auskopplung für weitere Geräte.

Die dritte Röhre ermöglichte das Abhören mit Kopfhörern.

Da das Gerät für autarken Betrieb an „Sammlern“ (also Akkus) von 12 Volt ausgelegt war, konnte es einmal an den zum Gerätesatz gehörenden NiCd-Akku angeschlossen werden, der für maximal 5 Stunden Betriebsdauer ausreichte, oder an eine Autobatterie von 12 Volt. Natürlich wurde die Röhrenheizung mit 12 Volt gleich für den direkten Anschluss an die Sammler ausgelegt, ebenso die beiden 12 V-Gleichstrommotore (damals ausschließlich Kommutatormotoren). Zur Drehrichtungs-Umkehr des Wickelmotors (Vorlauf – Rücklauf) wurde der Rotoranschluss umgepolt. Ein einstellbarer Widerstand in diesem Kreis war nur beim Vorlauf (also Aufnahme oder Wiedergabe) wirksam, beim Rückspulen wurde die volle Leistung und damit die maximale Rückspulgeschwindigkeit genutzt. Auffällig waren die umfangreichen elektrischen Störschutzmaßnahmen, die eine derart sensible Anwendung eines Kommutatormotors erforderte.

Was den Störschutz angeht, stand der Tonmotor dem Wickelmotor nicht nach. Zwar benötigte er naturgemäß keine Drehrichtungsumkehr, dafür aber eine Drehzahlstabilisierung, ohne die ein Kommutatormotor (Hauptschluss- beziehungsweise Reihenschlussmotor) selbst für reine Sprachaufzeichnungen ungeeignet gewesen wäre. Die damalige Lösung war ein elektromechanischer Fliehkraftregler im Motorstromkreis (Abbildung 173, vereinfacht in Abbildung 174). Auf dem freien Wellenende des Tonmotors (das „vordere“ Ende trug Reibräder, die mit entsprechenden Übersetzungen auf den Tonrollenantrieb wirkten) saß unter einer Kupferverkleidung in einem zusätzlich abschirmenden Zinkguss-Gehäuse der Drehzahlregler, eine Pertinax-Scheibe, die zwangsläufig mit der Drehzahl des Motors rotierte (Abbildung 175). Diese Scheibe trug zwei Kontaktpaare, deren Festkontakte starr mit ihr verbunden waren, während die inneren, beweglichen Kontakte so an Bronzefedern angebracht waren, dass sie sich ab einer voreingestellten Drehzahl schlossen. Dies war die Solldrehzahl; sie konnte durch Verdrehen von Gewichten auf den Federn exakt vorgegeben werden. Das Schließen der Kontakte überbrückte den Rotor, der über zwei Schleifringe auf der Welle mit den genannten Reglerkontakten verbunden war, so dass er kurzzeitig gebremst wurde und damit langsamer lief – allerdings nicht „galvanisch“ kurzgeschlossen, sondern über zwei Drosseln, so dass die Regelung „weich“ arbeitete.

Da der Tonmotor durchaus fünf Sekunden zum Hochlaufen auf Solldrehzahl brauchen konnte, hatte man eine Kontrolllampe auf der Frontplatte parallel zu den Reglerkontakten über einen Kondensator angeschlossen. So lange sie dunkel blieb, war die Soll-Bandgeschwindigkeit noch nicht erreicht (beziehungsweise unterschritten). Ein „Flackern“ signalisierte das Arbeiten bei Nenndrehzahl. Dies leuchtet auf den ersten Blick nicht ein, ergibt sich aber dadurch, dass die Kontaktpaare in der Nähe der Nenndrehzahl mit höherer Frequenz öffneten und

geschlossen. So entstand zwischen den Kontakten eine getaktete Gleichspannung, die über den Kondensator an die Glühlampe gelangte. Während der Motor hochlief - solange die Kontakte also offen standen -, blockierte der Kondensator die Gleichspannung, die Lampe blieb dunkel. Auch ein (gewolltes) Überschreiten der Solldrehzahl ließ die Lampe erlöschen.

Ein neben der Lampe angebrachter Hebel „Zum Überblenden“ erlaubte eine Erhöhung beziehungsweise Absenkung der Tonmotordrehzahl. Dazu war zwischen einer der beiden Feldwicklungen und dem Rotor ein Vorwiderstand eingebaut, der in Ruhestellung des Hebels „Zum Überblenden“ überbrückt war und damit die Drehzahlregelung freigab, so dass sie ordnungsgemäß funktionierte wie beschrieben. In der Endposition „langsamer“ wurde der Widerstand in den Motorstromkreis geschaltet, so dass der Tonmotor unter Solldrehzahl lief. In der entgegengesetzten Endstellung „schneller“ war die gesamte Regelung ausgeschaltet, so dass die Drehzahl den Sollwert überschreiten musste. Der Zweck dieser Vorrichtung ist ersichtlich von R 22 und Magnetonphon K 4 übernommen: wenn sich zwei Tonschreiber in eine längere *Aufzeichnung* teilten, startete der bedienende Techniker den zweiten Tonschreiber kurz bevor auf der ersten Maschine das Band zu Ende ging; die beiden Aufnahmebänder „überlappten“ sich also. Bei der *Wiedergabe* hatte nun der Techniker den zweiten Tonschreiber wieder kurz vor Ende des „ersten“ Bandes zu starten. Per Kopfhörerkontrolle stellte er mittels beschleunigtem oder verzögertem Abspielen des „zweiten“ Bandes Übereinstimmung zwischen beiden Aufzeichnungen her; sobald das erreicht war, blendete er auf den zweiten Tonschreiber über. Bei einer Spielzeit von nur 10 min war das Überblenden unbedingt notwendig; es beweist auch, dass der Tonschreiber d nicht ausschließlich für Reportagen, sondern auch für längere Darbietungen diente, zu welchen Propagandazwecken auch immer.

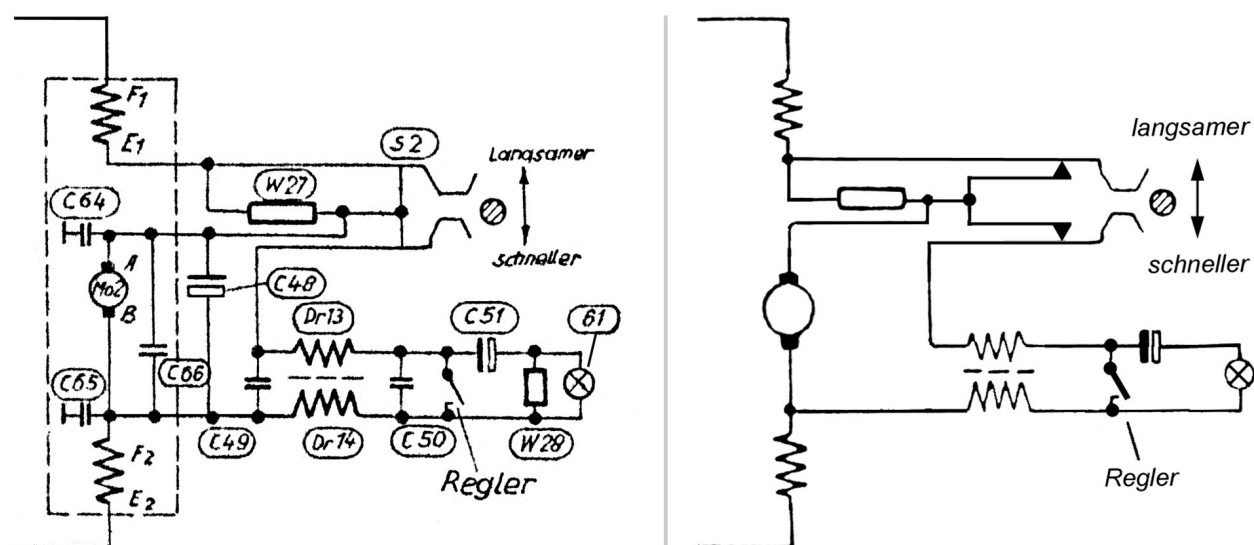


Abbildung 173 (LINKS): Schaltung des Tonmotors mit Drehzahlregler im Tonschreiber d, Ausschnitt aus dem Originalschaltplan. Die zahlreichen Schaltmittel, Maßnahmen zur Unterdrückung geleiteter Störungen, lassen den Plan auf den ersten Blick unübersichtlich erscheinen. Überdies waren noch umfangreiche Vorkehrungen gegen abgestrahlte Störungen getroffen worden, etwa gekapselte Gehäuse. Abbildung 174 ist reduziert auf Bauelemente, die für die Regelung grundsätzlich wichtig waren.

Abbildung 174 (RECHTS): Drehzahlregelung und Steuerung des Ton.S.d. Am „freien Ende“ der Tonrolle rotierte ein Kontaktpaar mit (siehe Abbildung 175), im Schaltplan Regler genannt. Erreichte die Tonrolle die Nenndrehzahl, schlossen die Kontakte, der Rotor wurde über die Drossel kurzgeschlossen und lief deshalb langsamer. Darauf öffneten die Kontakte, der Motor drehte wieder schneller. Dieser Vorgang lief mehrmals pro Sekunde ab, so dass der „getaktete Gleichstrom“ die Glühlampe (über einen Kondensator dem Schalter parallelgeschaltet) flackern ließ. Sollten zwei Tonschreiber d sich bei der Wiedergabe längerer Aufzeichnungen ablösen, konnte zur Synchronisation die Bandgeschwindigkeit des „übernehmenden“ Tonschreibers verlangsamt (zusätzlicher Widerstand im Motorkreis) oder beschleunigt werden (Ab-schalten der Regelung).

Eine weitere Besonderheit stellte die Erzeugung der Anodenspannung für die Röhren dar. Die Batteriespannung musste von 12 V = auf 90 V = hochgespannt werden. Das ging damals nur über Transformatoren, die aber bekanntlich nur mit Wechselstrom arbeiten. Für die zur Debatte stehenden Stromstärken konnte dieser Wechselstrom nur in elektromechanischen Wechselrichtern, auch Zerkhacker genannt, erzeugt werden. Diese Bauelemente wurden wie Röhren in Sockel gesteckt, weil sie wegen begrenzter Lebensdauer häufiger ausgetauscht werden mussten (Abbildung 176 und Abbildung 177). In diesem Wechselrichter wurde ein Hebel als „Wagner-scher Hammer“ (der Anker wird von einem Elektromagneten angezogen, bis er den Kontakt zur Stromquelle unterbricht, fällt ab, gibt wieder Kontakt, zieht wieder an ...) in Schwingungen versetzt. Die Resonanz dieser Schwingung war meist auf etwa 50 Hertz eingestellt, so dass man nahe der Netzfrequenz arbeiten konnte. Neben dem genannten Kontakt trug der schwingende Anker zwei Wechselkontakte, von denen der erste den Batteriestrom abwechselnd an die beiden Enden der Primärwicklung eines Transformators legte (Abbildung 178 und Abbildung 179). Die als Folge in der Sekundärwicklung induzierte Spannung lag bereits in der Größenordnung der gewünschten Anodenspannung. Jetzt musste diese Wechselspannung „nur noch“ in einem geeigneten Gleichrichter umgewandelt werden. Der Clou war nun der zweite Wechselkontakt, der so mit der Sekundärwicklung

des Transformators verschaltet wurde, dass hinter ihm allein durch mechanisches Umschalten und ohne (!) Röhren- oder Trocken-Gleichrichter die gewünschte Gleichspannung anstand. Deshalb wurden diese Bauelemente zutreffend als Wechselgleichrichter bezeichnet. Sie arbeiteten allerdings nur dann optimal mit dem Transformator zusammen, wenn reine „Wirklast“ vorlag, im allgemeinen also, wenn die Bauelemente bei Nennlast betrieben wurden. Andernfalls kam es zu verstärkter Funkenbildung an den Kontakten und damit zu vorzeitigem Verschleiß, den man jedoch dank reicher Erfahrungen mit dieser Technologie minimieren konnte.

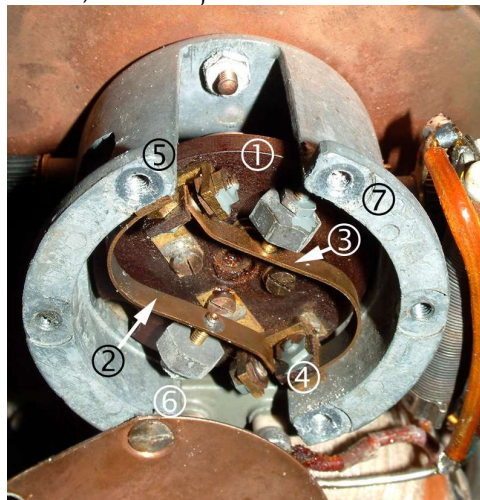


Abbildung 175 (LINKS): Die Mechanik des Drehzahlreglers, sichtbar bei offenem Gehäuse. Auf der Motorwelle rotierte eine Pertinax-Scheibe ① mit zwei Kontaktsätzen. Die Fliehkraft trieb die geschwungenen Federn ② und ③ (gegen die Federkraft) nach außen, wo sie bei vorgegebener Drehzahl auf die Gegenkontakte ④ und ⑤ trafen. Die von Hand einstellbaren sechskantigen Gewichte ⑥ und ⑦ wurden so justiert, dass die „Kontaktdrehzahl“ der Soll-drehzahl entsprach.

Abbildung 176 (MITTE): Ton.S.d, Wechselgleichrichter-Patrone, aus der Fassung gezogen (links abgelegt). Zur Abschirmung wie elektromagnetischer Stör-Abstrahlung steckte diese Patrone in einer geerdeten Aluminium-Hülse, diese ihrerseits in einer gefederten Fassung. Den ganzen Zusammenbau umgab ein Aluminiumguss-Kasten, der zusätzlich mit einem Deckel verschraubt wurde. Ähnlich aufwendig wurden „geleitete“ Störungen abgeschirmt.

Abbildung 177 (RECHTS): Der Wechselgleichrichter in seiner gefederten Fassung sowie dessen Patrone ohne Gehäuse. Seine Funktionseinheit war in schallabsorbierendes Moosgummi eingebettet. Die Funktionsweise: unter dem oberen Gummipolster saß der Elektromagnet mit seinen Polschuhen, zu dessen Schlitz der Anker gezogen wurde und damit den Stromfluss am einstellbaren Kontakt (Pfeil) unterbrach. Mit dem Anker schwingen und schalteten die beiden Wechselkontakte, etwa auf halber Bildhöhe sichtbar.

Abbildung 178 (LINKS): Ein Auszug aus der Schaltung des Tonschreibers d: Gleichspannungsumformung von 12 V = auf 90 V Gleichspannung. Im gestrichelten Gehäuse-Symbol (oben) ist der Wechselgleichrichter aus der Abbildung 175 und Abbildung 177 zu sehen, links unten die beiden Wechselkontakte, darüber der Elektromagnet mit einstellbarem Kontakt (unterhalb des Spulen-Symbols). Wegen der umfangreichen Maßnahmen gegen geleitete elektrische Störungen ist die Schaltung ziemlich unübersichtlich, daher ist sie rechts außen in vereinfachter Form wiederholt.

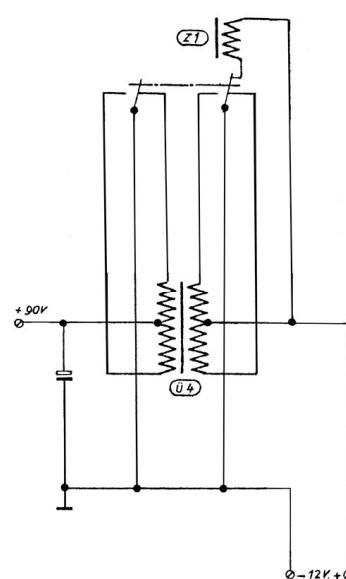
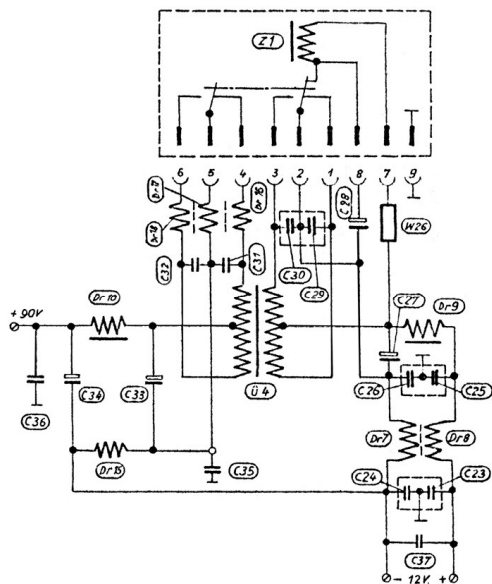


Abbildung 179 (RECHTS): Die Schaltung aus Abbildung 178, jedoch nur mit den funktionswichtigen Bauelementen. Die Akkumulatorspannung 12 V gelangte über einen Schaltkontakt zu einem Elektromagneten, in Serie dazu lag die Primärwicklung des Transformators. Nun zog der Anker an und polte dabei die Primärwicklung des Trafos um: die Schwingung auf Primärseite erzeugt eine Schwingung auf der Sekundärseite, die aber durch Umschalten des zweiten Wechselkontakte-Satzes ebenfalls umgepolt wird, so dass dort gepulster Gleichstrom zum Siebkondensator fließt.

Aber auch dann erwies sich der Wechselgleichrichter in fast jeder Beziehung als idealer Störer (und darin noch vom Drehzahlregler unterstützt): er erzeugt ein Feuerwerk an Funken, das naturgemäß jede Tonsignalfunktion der Geräte stören musste. Deshalb war schon das Bauelement in einem geerdeten Blechgehäuse eingebaut. Im Tonschreiber steckte die gesamte Schaltung mit Transformator und weiteren Bauelementen nochmals

in einem gekapselten Metallgehäuse, das seinerseits wieder so verschraubt war, dass ein Wechsel der Patrone nur nach Öffnen dieser Verschraubung möglich wurde. Damit hatte man die abgestrahlten elektromagnetischen Störungen weitgehend abgeschirmt. Die geleiteten Störungen, die also auf den Stromleitungen aus dem gekapselten Metallgehäuse herausgelangen konnten, mussten entsprechende Schutzschaltungen aus Drosseln und Kondensatoren abfangen. Aber nicht nur in elektrischer Hinsicht stellt der Wechselgleichrichter eine Störquelle dar; in einem akustischen Messgerät, wie es ein Tonschreiber ist, würde auch das mechanisch erzeugte Schwingungsgeräusch dieses Bauteils nennenswerte Störungen verursachen. Auch dagegen ist die vollständige Kapselung wirksam; zudem ist der aktive Zerhacker in der Patrone weich und schalldämmend aufgehängt, die Fassung im Tonschreibergehäuse nochmals schalldämmend eingebaut. Auch die magnetischen Wechselfelder, die ein solcher Wechselgleichrichter erzeugt, müssen abgeschirmt werden, weil gerade dadurch ein magnetisches Aufzeichnungsverfahren gestört werden könnte. Ansonsten war diese Schaltung zur Erzeugung von Anodenspannung aus Batterien ein sehr weit erprobtes, in Wehrmachtsgeräten ebenso wie in Autoradios, Schiffsfunkanlagen und so weiter vielseitig eingesetztes Verfahren.

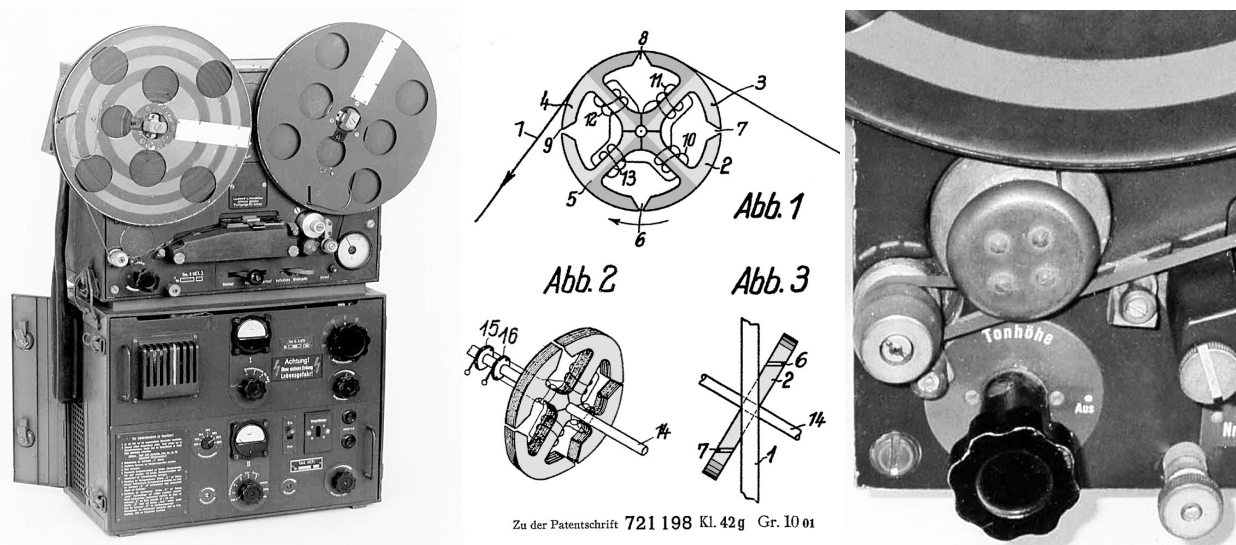


Abbildung 180: Tonschreiber b. Das Vier-Motoren-Laufwerk (Ton.S.b (L)) steht auf dem speziellen Netz-Generator- und Verstärkerteil (Ton.S.b (V)) mit dem Bandgeschwindigkeits-Einsteller. Der rotierende Vierspaltkopf sitzt unter der Abdeckhaube unterhalb der linken Spule (nur im rechten Bild zu sehen), darunter der Steller zur Anpassung der Tonhöhe.

Mit seinem 35 kg schweren Laufwerk und dem Halbtornister für die 20-kg-Akkus plus 12 kg Zubehör war der Tonschreiber d kaum das bewegliche Gerät, das dem Heeres-Waffenamt vorgeschwebt hatte; seine strikten Anforderungen an Störfreiheit erzwangen jedoch die zahlreichen aufwendigen und schweren Bauteile.¹¹⁷⁴ Bei der Tonschreiber d-Variante R 23a verzichtete die RRG sinnvollerweise auf die aufwendigen Abschirmmaßnahmen, insbesondere gegen hochfrequente Störspannungseinstrahlung.¹¹⁷⁵

Tonschreiber b und b1, Ton.S.b, Ton.S.b1

Im August 1938 meldete Eduard Schüller einen „Hörkopf zum Abtasten von Magnetogrammen mit gegenüber der Aufnahmegeschwindigkeit veränderter Wiedergabegeschwindigkeit“ zum Patent an,¹¹⁷⁶ bald die bemerkenswerteste Neuerung im Tonschreiber b. Es schmälert Schüllers Verdienste keineswegs, dass auch der rotierende Magnetkopf eine Doppelerfindung ist: im März 1937 hatte der französische, nach 1945 in die USA ausgewanderte Elektroingenieur Leonide Gabrilovitch das US-Patent 2,170,751 erhalten, „Method and Device for Reducing and Increasing Audio Frequencies“, das ebenfalls einen rotierenden Vierfachkopf beschreibt; die französische Anmeldung ist sogar noch ein halbes Jahr älter (Oktober 1936), führte aber anscheinend nicht zu einem Patent.¹¹⁷⁷

Der Tonschreiber b war unter den Standard-Ausführungen das aufwendigste Modell.¹¹⁷⁸ Er hatte einen ungewöhnlich großen Bandgeschwindigkeits-Bereich (9 – 120 cm/s) und als technische Besonderheit den rotierenden Spezialmagnetkopf zur Tondehnung; trotzdem war er für den Feldeinsatz ausgelegt, also robust und tragbar. Da dieses Gerät in erster Linie der Funküberwachung dienen sollte, setzte man voraus, dass am Einsatzort ein passendes Wechselstromnetz mit einer Spannung zwischen 110 und 250 Volt vorhanden war.

Die Tondehnung ließ sich mit dem „Dehnerkopf“ vergleichsweise einfach realisieren;¹¹⁷⁹ dagegen stellte der große Bandgeschwindigkeitsbereich die schwierigere Aufgabe dar, weil die jeweils eingestellte Geschwindigkeit natürlich so konstant gehalten werden musste, dass zumindest die Sprachwiedergabe einwandfrei arbeitete. Dafür sind die bisher beschriebenen Techniken (Asynchronmotor, elektrischer oder mechanischer Fliehkraftregler) – zumindest beim damaligen Stand der Technik – nicht geeignet. Die Lösung bestand aus der Kombination eines Synchronmotors mit einem Wechselstrom-Hauptschlussmotor, wobei dem letzteren die Aufgabe zukam, den Synchronmotor auf Touren zu bringen und den Großteil des Drehmoments zu liefern, während der Synchron-

motor zusätzlich soviel zum Drehmoment beitrug, dass er das Einhalten der einstellbaren (!) Synchrondrehzahl erzwang. Ein spezieller Röhrengenerator diente zur Erzeugung der Spannung mit derjenigen Frequenz, die für die gewählte Drehzahl des Synchronmotors erforderlich war. Das Drehmoment des genannten Kommutatormotors musste der gewählten Drehzahl angepasst werden, damit er nicht den Synchronmotor mit einer zu hohen Drehzahl „überfuhr“. Es war ein bemerkenswerter Aufwand erforderlich, der die Aufteilung auf zwei große, schwere Tornister bedingte: den Anteil Verstärker V, der außer den Verstärkern auch die Spannungsversorgung und die elektrische Steuerung enthielt, sowie den Anteil Laufwerk L (Abbildung 180). Als vollständige Einheit umfasste der Tonschreiber b drei Volltornister von 44 x 34 x 25 cm (H x B x T), je einer für Laufwerk, „Verstärker und Summer“ (Generatorteil) sowie das Zubehör, alles zusammen wog 96 kg.



Abbildung 181: Der „Dehnerkopf“ des Tonschreibers b, hier aus seiner Kupplung herausgezogen. Wurde der Dehnerkopf nicht gebraucht, nahm eine angepasste Umlenkrolle seinen Platz ein. © R. Schellin

Die bei militärischen Einsätzen im allgemeinen schwer vorhersagbaren Einsatzbedingungen vor Ort erzwangen einige Sicherheitsvorschriften, die nach dem Aufstellen, aber noch vor dem Netzanschluss zu beachten waren, da Stromnetze mit Schutz Erde nicht vorausgesetzt werden konnten (Abbildung 183):¹⁸⁰ War das Laufwerk mit Schnappverschlüssen auf dem Verstärker verankert, mussten beide zunächst mit ihren Vielfachkabeln (mit unverwechselbaren Steckern), dann mit einer stabilen Erdleitung untereinander verbunden und schließlich an einem sicheren Erdungspunkt angeschlossen werden. Erst danach durfte der Netzstecker mit dem Netz verbunden werden. Ohne einen der Schalter zu betätigen, war nun zu prüfen, ob wirklich Wechselstrom vorlag: dann leuchtete eine Glühlampe Rö6 („Netzprüflampe“) auf. Nur wenn ihre beiden Elektroden aufleuchteten, durfte weiter vorgegangen werden. Wurde dann der Schalter I am „Verstärker“ auf „Netzspannung“ geschaltet (S51, S56), zeigte das zugehörige Instrument die Netzspannung an, die daraufhin am Spannungswähler einzustellen war. Erst jetzt durfte der Netzschalter (S71, S72) auf „Ein“ gelegt werden.

Der Netzeingangskreis (Abbildung 183) wurde als Transformator ausgeführt und war wegen seiner vielen Aufgaben vergleichsweise aufwendig. Zum einen mussten zur Störungsminimierung die Verstärker strikt von den Oszillator-Kreisen getrennt werden, weshalb der Netztransformator eine Reihe von getrennten Wicklungen besaß; die Röhrenheizungen beider Systeme besorgten eigene Wicklungen. Dasselbe galt für die Anodenstromversorgungen (Selengleichrichter in Graetz- beziehungsweise in Gegentaktschaltung). Auch der Lösch- und Vormagnetisierungskreis erhielt eine eigene Wicklung mit Graetzgleichrichtung. Da die drei Wechselstrommotoren (wie auch der Synchronmotor) für 220 V ausgelegt, jedoch nicht umschaltbar waren, wurde für ihre Versorgung eine spezielle Schaltung entworfen: parallel zu den 220 V-Anschlüssen des Netztransformators lag ein Spartransformator (Ü6) mit Anzapfungen, von denen aus die Motoren betrieben wurden (Anschlüsse 7, 8, 9, siehe unten).

Der Röhrenteil im Ton.S.b (V) enthielt neun Röhren, die innerhalb etwa einer Minute aufgeheizt waren. Dann konnten alle einzeln überprüft werden, indem die Schalter I und II für jede Röhre auf die Positionen „Emissionsstrom“ geschaltet wurden. Gemessen wurde der Spannungsabfall an einem Teil des Katodenwiderstandes, der so bemessen war, dass trotz der völlig unterschiedlichen Emissionsströme der ordnungsgemäße Betrieb der jeweiligen Röhre zur gleichen Anzeige im „grünen Bereich“ des Instruments führte. Vier der Röhren arbeiteten im Generator für den Synchronmotor, fünf Röhren gehörten zum Verstärker (zwei im Aufnahme-, drei im Wiedergabeverstärker).

Antrieb des Synchronmotors

Der eigentliche Oszillator, vergleichsweise einfach aufgebaut (Abbildung 184), war im Anodenkreis einer Pentode RV 12 P 2000 (Rö S1) geschaltet. Die Induktivität bestand aus der Primärwicklung des Transformators Ü4, die Kapazität war variabel: in neun Stufen wurden entsprechende Kondensatoren über den Bandgeschwindigkeitsschalter S6 (damals „Bandgeschwindigkeitsregler“ genannt) parallel zur Primärwicklung geschaltet. Die Auslegung war so, dass der Frequenzbereich von 22 Hz bis 292 Hz reichte¹⁸¹ und sich damit die Bandgeschwindigkeiten 9, 13, 18, 26, 36, 52, 72, 104 und 120 cm/s ergaben (etwa im Verhältnis 1: 1,4 abgestuft). Die zweite Wicklung des Transformators wirkte als Rückkopplung auf das Gitter der Röhre, die vierte Wicklung diente zur Auskopplung der frequenzvariablen Spannung. Ein Gleichstrom, bestimmt von der Feineinstellung des „Bandgeschwindigkeitsreglers“ P4 (unter dem Stufenschalter), durchfloss eine dritte Wicklung. So konnte die magnetische Sättigung des Transformators und damit die Frequenz des Kreises soweit geändert werden, wie es für die Feineinstellung der Drehzahl vorgesehen war. Allerdings wurde empfohlen, wenn möglich nur die oben genannten Grundgeschwindigkeiten zu nutzen, um bei der Wiedergabe zuverlässiger gleiche Werte einstellen zu können.

Hinter dem Oszillator verstärkte eine zweite RV 12 P 2000 die Schwingung, der Übertrager Ü5 erzeugte die gegenphasigen Spannungen für die Endstufe, die im Gegentaktschaltung mit zwei Leistungsröhren Rö S3 und Rö S4 (Typ LS 50) arbeitete. Dieser Röhrentyp konnte bis zu 40 Watt leisten, die vorliegende Schaltung war allerdings nur

für 20 Watt Leistung ausgelegt. In der ursprünglichen Version des Tonschreibers b arbeiteten diese Röhren direkt auf den Synchronmotor (wie in Abbildung 184 gezeigt), später wurde noch ein Transformator zwischen die Endstufe und den Motor geschaltet. Diese (einzige) Änderung soll notwendig geworden sein, weil das Risiko elektrischer Schläge, die bei Isolationsstörungen (Feuchtigkeit!) wegen der hohen Anodenspannungen der Leistungsröhren nicht ungefährlich waren, zu groß schien. Mit dieser Anpassung wurde der Tonschreiber b zum Tonschreiber b1. Diese Begründung bestätigen auch die Schaltpläne der AEG und Beschreibungen in den Nachkriegs-„reports“ der alliierten Recherchekommandos;¹¹⁸² für die umgekehrte Folge (b zuerst und mit Trafo, b1 als Verbesserung ohne Trafo) waren bisher keine Belege aufzufinden. Allerdings ist es denkbar, dass die AEG von Anfang an beide Varianten – je nach Einsatzzweck – gebaut hat; das würde auch erklären, weshalb in beiden Typen der Platz für die Trafo-Einheit vorgesehen ist.

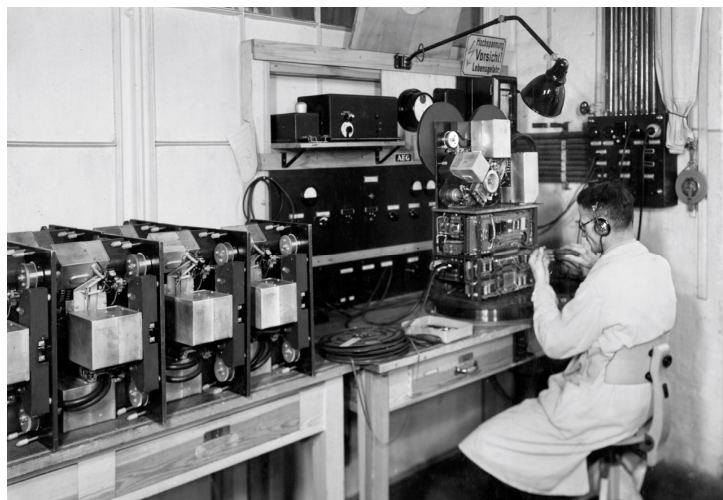


Abbildung 182 (OBEN): Hans Westpfahl bei der Arbeit im Tonschreiber b-Prüffeld, das Foto ist auf „1943“ datiert.

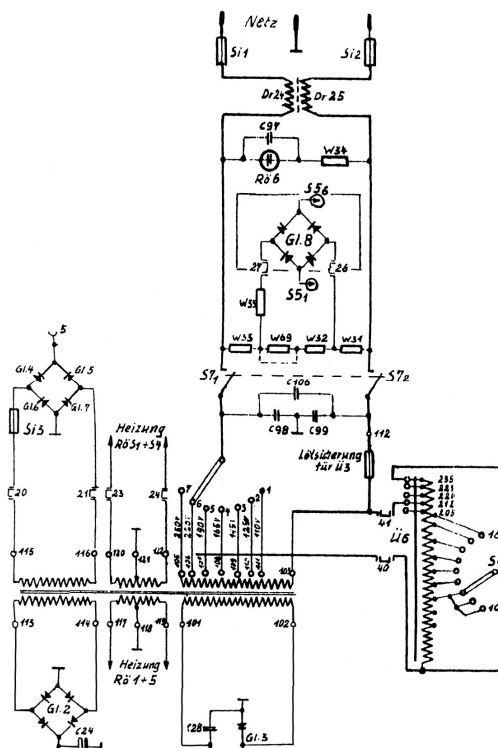
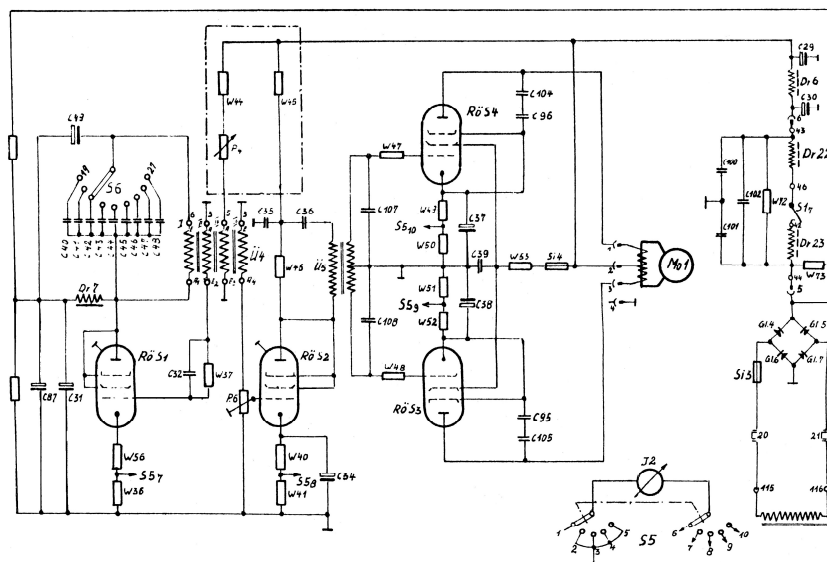


Abbildung 183 (RECHTS): Tonschreiber b, Schaltungsauszug des Netzeingangs am Verstärker (Ton.S.b (V)). Die Netzspannung gelangte über Sicherungen und die Störschutzdrossel an die Glühlampe, deren Anzeige sicherstellte, dass Wechselspannung anlag. Die Netzspannung wurde mittels Gleichrichterbrücke und Schalter 5 gemessen und der Meßwert auf die entsprechende Stellung des Drehschalters auf der Primärseite des Haupttrafos übertragen, erst danach durfte das Gerät über den Hauptschalter S7 in Betrieb genommen werden.

Abbildung 184: Tonschreiber b, Verstärker-
teil Ton.S.b (V), Antrieb des Synchron-
motors Mo1. Als Oszillator arbeitet die Röhre
S1.

Zur Einstellung der Frequenz – und damit der Tonrollen-Drehzahl – in neun Schritten dient der Stufenschalter S6, die Feineinstellung übernimmt das Potentiometer P4. Die Phasenumkehrstufe mit der Röhre RÖ S2 ist zur Ansteuerung der Gegentaktendstufe erforderlich.

Die Leistungsstufe mit den Röhren RÖ S3 und RÖ S4 arbeitet direkt auf den Motor Mo1, der als Schrittschaltmotor synchron läuft. Als Gleichrichter sind Selentrockengleichrichter (Vollgleichrichter in Graetzschaltung) eingesetzt.



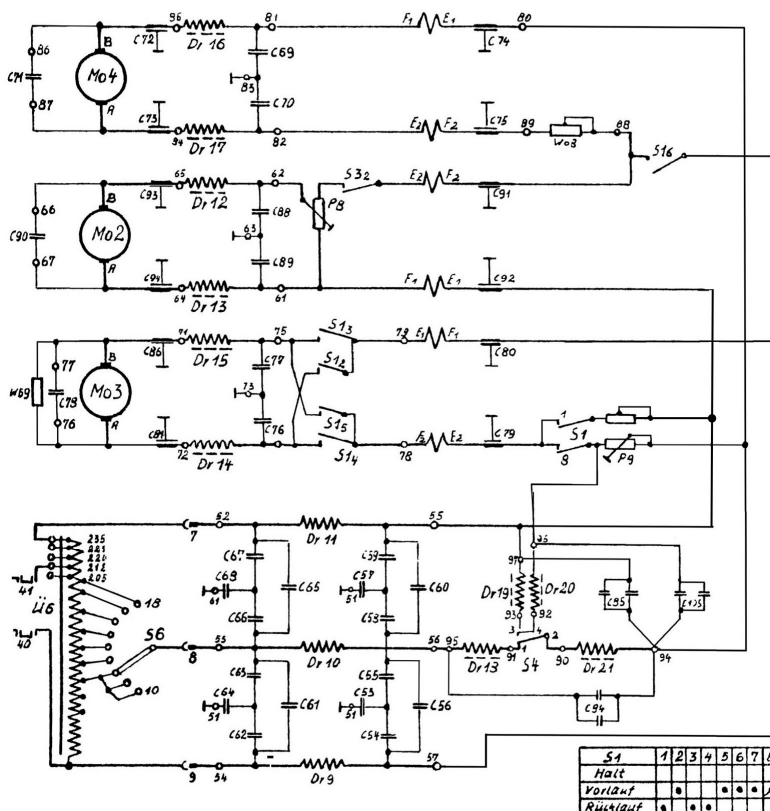
Aufnahme- und Wiedergabeverstärker

Beide Verstärker befanden sich im Ton.S.b (V), sie waren ausschließlich mit Röhren des Typs RV 12 P 2000 bestückt (Abbildung 186). Der Wiedergabeverstärker brachte im Wesentlichen keine Neuheiten: Der Wieder-

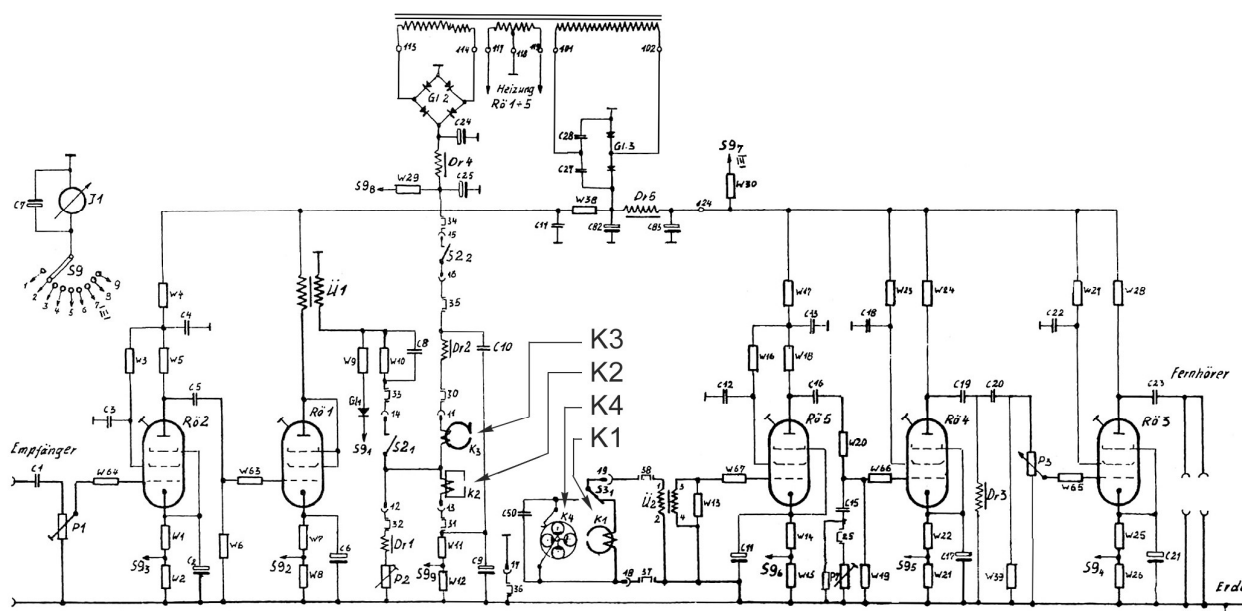
gabekopf K1 steuerte über einen Übertrager (Ü2) die Röhre R65 an. Der normale Wiedergabekopf konnte auf den Dehnerkopf umgeschaltet werden; siehe unten. Zwischen R65 und R66 war, wie bekannt, das Entzerrungs-Netzwerk eingebaut, das allerdings eine Besonderheit aufwies: da die Bandgeschwindigkeit veränderlich war, musste auch die Entzerrung angepasst werden. Die gewünschte Kennlinie erzeugte ein Potentiometer P8, angebracht auf der Achse des Bandgeschwindigkeitsschalters S6. Nach einem Lautstärke-Einsteller P3 (rechts unten auf der „Verstärkereinheit“) folgte die Endröhre, hinter der das Signal mit Kopfhörer (damals noch Fernhörer genannt) abgehört werden konnte. Da dieser Verstärker bei Aufnahme und Wiedergabe unter Spannung stand, konnte das aufgezeichnete Signal schon während der Aufnahme dank Hinterband-Kontrolle abgehört werden. Der absichtlich nach unten beschnittene Übertragungsbereich reichte von 250 Hz – 5.000 Hz.¹¹⁸³

Abbildung 185 (RECHTS): Tonschreiber b, Schaltung der (Hauptschluss-Typ)-Motore Mo2, Mo3 und Mo4. Mo2 trieb den Dehnerkopf an; er hatte nur eine Drehrichtung und wurde mit dem Schalter S32 eingeschaltet. Zu seiner Drehzahleinstellung diente das Potentiometer P8. Die Drehrichtung des Wickelmotors Mo3 war mittels Rotor-Umpolung zu wechseln. Seine Drehzahl hing von der Drehzahl der Motore Mo1 und Mo4 ab, zudem war er für die Bandzugeinstellung zuständig. Mo4, mit dem Synchronmotor Mo1 zusammengebaut, unterstützte diesen beim Antrieb der Tonrolle mit den einstellbaren Drehzahlen und somit Bandgeschwindigkeiten.

Abbildung 186: (UNTEN): Schaltplan der Tonsignal-Verstärker im Tonschreiber b. In der linken Zeichnungshälfte der zweistufige „Aufnahmeverstärker“, rechts der dreistufige Wiedergabe- und Ausgangsverstärker. Der Eingang war asymmetrisch beschaltet; P1 diente zur Aussteuerungskontrolle. Ein Netzwerk bewirkte eine geringe Frequenzgangkorrektur, es arbeitete auf den Aufnahmemeßkopf K2 (als Rechteck gezeichnet). Die Gleichströme für die Vormagnetisierung (Aufnahmemeßkopf) und den Löschkopf K3 lieferte der „linke“ Gleichstromkreis am Haupttransformator, der „rechte“ erzeugt die Anodenspannung für beide Verstärker. Der Wiedergabekopf K1 bzw. der Dehnerkopf K4 wurden ebenfalls an einen asymmetrischen Eingang angeschlossen. Vor der zweiten Röhre erfolgte eine drehzahl- bzw. bandgeschwindigkeits-abhängige Frequenzgangkorrektur. Den Kopfhörerausgang versorgte die dritte Röhre; Hinterband-Kontrolle war möglich.



S1	1	2	3	4	5	6	7	8
Halt								
Vorlauf								
Rücklauf								



Eine Besonderheit stellte der zweistufige Eingangsverstärker mit den Pentoden R01 und R02 dar; er war sonst bei militärischen und zivilen Geräten nicht üblich, denn dort waren Signale mit ausreichend hohen Pegeln vor- ausgesetzt. An den Eingang des Tonschreibers b konnten also auch ohne Zusatzverstärker schwache Signale gegeben werden, die dann so weit verstärkt wurden, wie es der Aufnahmekreis verlangte. Normalerweise bil- dete das Ausgangssignal eines (Horch-) Empfängers das Eingangssignal des Tonschreibers. Mit dem Potentio- meter P1 (Trimmer unten mittig auf V) stellte man die Verstärkung – genauer: die Aussteuerung – ein, wobei das Instrument II (J1) in der Schalterstellung „Aussteuerung“ (S91) als (permanente) Kontrolle dienen konnte. Ansonsten wurden die Vormagnetisierung ebenso wie das Entmagnetisieren der Magnetköpfe wieder durchge- führt wie schon besprochen (Seite 150). Auch ein Einsteller für die Vormagnetisierung war auf der Vorderseite des „Verstärkers“ angebracht (P2); diesen Strom zeigte das Instrument II (J1) in der entsprechenden Schalters- tellung an (S99), der Sollwert war auf dem Kopfträger eingeschlagen. Die Positionen des Schalters S9 dienten dazu, das Instrument J1 (Bezeichnung auf der Frontseite II) umzuschalten auf folgende Messungen: 1 Aussteue- rung Aufnahmekopf, 2 bis 6 Emissionsstrom der fünf Verstärkerröhren, 7 Anodenspannung des Verstärkers, 8 Spannung des Löschstromkreises, 9 Vormagnetisierungsstrom.

Eine weitere Version des Tonschreibers (V), genannt b2 (diese Bezeichnung trägt sonderbarerweise auch ein „abgespecktes“ Nachkriegs-Restverwertungsmodell, Seite 259), verwendete anstelle der mit 12 V beheizten Röh- ren RV 12 P 2000 jetzt Stahlröhren der E-Reihe, die mit 6 V Heizspannung arbeiteten. Die Leistungsröhren LS 50, die 12 V benötigten, wurden allerdings weiterhin verwendet. Abbildung 187 zeigt die Endstufe mit EF 12 k und 2 x LS 50 in einem solchen Tonschreibertyp; das k stand für klingarme Röhren, die auf Erschütterungen kaum mit Mikrofonie reagierten. Offensichtlich handelt es sich um eine spätere Spezialanfertigung.

Zusammenwirken der Antriebe

Für seine etwas ungewöhnlichen Aufgaben benötigte der Tonschreiber b vier Motore: Motor 1 war ein Syn- chronmotor (Mo1 in Abbildung 184), den der oben beschriebenen Röhrengenerator mit einer Betriebsspannung einstellbarer Frequenz versorgte. Technisch arbeitete er als Schrittschaltmotor, wie er heute in numerischen Werkzeugmaschinen ebenso wie in quarzgesteuerten Uhren üblich ist: die positive Halbwelle im Stator zog die 30 Magnetzähne des Rotors einen Halbschritt weiter (Abbildung 188), so dass jetzt vor den Nordpolen des Sta- tors die Südpole des Rotors standen. Bei der dann folgenden negativen Halbwelle wurden die Pole des Stators umgepolt, der Rotor drehte wieder einen Halbschritt – also einen Zahn – weiter.

Der „Verbund“-Synchronmotor des Tonschreibers b stammte übrigens von der Berliner Firma Sander & Jan- zen, die bereits einen guten Namen als Entwickler und Produzent von Spezialmotoren für elektroakustische Geräte hatte. Auf diesen Erfahrungen konnte die Firma aufbauen, als sie nach dem Zweiten Weltkrieg für lange Jahre zum bevorzugten Lieferanten ostdeutscher Rundfunk- und Schallplattenstudios aufstieg.

Als weitere Motore waren Wechselstrom-Kollektortypen für 220 V Betriebsspannung eingesetzt. Wie in der Abbildung 185 zu sehen, waren alle drei als Hauptschlussmotoren geschaltet. Der Rotor ist jeweils mit der Mo- tornummer gekennzeichnet, die Erregerwicklungen sind zeichnerisch weniger auffällig; ihre Wicklungsanschlüsse sind mit den Buchstaben E1, E2 beziehungsweise F1, F2 bezeichnet. Ins Auge springen die Drosseln Dr, Kon- densatoren und Durchführungskondensatoren, durchweg Störschutzmaßnahmen.

Die Funktionen des Betriebsartenschalters S1 wurden wieder von Nocken auf der Welle des Hauptschalters (Kugelgriff: Vorlauf – Halt – Rücklauf) ausgelöst. Seine Schaltfunktionen sind aus der Kontaktabelle unter dem Schaltplan Abbildung 185 ersichtlich, die Kontakte sind in den Schaltplänen eingezeichnet. Kurz gefasst, wird über S11 und S18 die für Mo3 bei Rücklauf beziehungsweise Vorlauf benötigte Spannung bereitgestellt. Die Wechselkontakte S12, S13, S14 und S15 bestimmen den Drehsinn von Mo3. S16 schaltet Mo4 ein und stellt die Spannung für den Dehnermotor Mo2 zur Verfügung. S17 legt die Anodenspannung an den Synchronoszillator (in Abbildung 184).

Motor (Mo2) diente also zum Antrieb des Dehnerkopfes. Er war direkt am 235 V-Anschluss des Spartransfor- mators Ü6 angeschlossen, solange der Betriebsartenschalter auf „Vorlauf“ stand. Der Motorstromkreis wurde allerdings erst geschlossen, wenn der unter dem Dehnerkopf befindliche Drehknopf „Tonhöhe“ auf „Ein“ (S32) gedreht wurde. Dann lieferte das zugehörige Potentiometer P8 eine Teilspannung für den Rotor, dessen Höhe die Motordrehzahl bestimmte. Motor 3 (Mo3) diente zum Spulenantrieb der Tonbänder und konnte in seiner Drehrichtung umgekehrt werden. Weitere Details folgen unten. Motor 4 (Mo4) trieb gemeinsam mit dem Syn- chronmotor die Tonrolle an.

Im normalen Vorlauf (Aufnahme beziehungsweise Wiedergabe) gaben die Drehzahl der Motoren 1 und 4 die Bandgeschwindigkeit vor. Der Schalter für die Bandgeschwindigkeit bestimmte gleichzeitig die Arbeitsfre- quenz des Synchronmotors wie auch – über den Abgriff S6 des Spartransformators Ü6 – die dazu passende Spannung für Mo4. Im Regelfall trieb dann Mo4 die Tonrolle über ein Gummizwischenrad, das auf die Schwungscheibe wirkte, mit einer Geschwindigkeit an, die fast die Synchrohdrehzahl erreichte. Das zusätzliche Drehmoment des Synchronmotors (Mo1), der direkt auf der Tonrolle saß, erzwang die konstante Synchro- drehzahl des Tonrollenantriebs. Die Anleitung für das Gerät¹¹⁸⁴ empfahl die Überprüfung dieses Betriebszustands durch leichtes Abbremsen der Tonrolle (Abbildung 180, Seite 158, hervorstehend und mit geriffelter Oberflä- che): Wenn die Drehzahl dabei konstant blieb, war die Synchrohdrehzahl „eingerastet“. Andernfalls konnte

über den Taster „Anlauf“ (S4 in Abbildung 185) kurzzeitig eine höhere Spannung auf den Motor 4 gegeben werden. Seinen Aufbau zeigt die Abbildung 188: der Synchronmotor ist an den Magnetzähnen zu erkennen. Er arbeitet als Verlängerung der Tonrolle. Auf dieser sitzt auch die große Schwungscheibe, auf die Mo4 mit einem Gummizwischenrad sein Drehmoment abgibt. Der Mo4 ist in dem rechteckigen Abschirmgehäuse zusammen mit den zugehörigen Entstörmitteln eingebaut. Am äußeren Umfang der Schwungscheibe griff noch eine Bandbremse an, die nur im „Vorlauf“ entlastet wurde – und dies rein mechanisch vom Betriebsartenschalter aus über flache Stangen, die unten in Abbildung 188 an den einstellbaren Rückholfedern zu erkennen sind.

Das Umspulen des Tonbandes besorgte Motor 3, angeschlossen an der gleichen Anzapfung des Spartransformators wie Mo4. Damit war auch sichergestellt, dass bei niedriger Tonrollen-Drehzahl das Tonband mit reduzierter Geschwindigkeit gewickelt wurde. An der Taste „Anlauf“ (S4) war ebenfalls der Wickelmotor angeschlossen, so dass auch er beim Betätigen der Taste kurzzeitig schneller lief. Zusätzlich konnte in diesem Betriebszustand der Bandzug mit einem trimmbaren Vorwiderstand P9 erhöht werden, wenn das Band nicht fest genug gewickelt sein sollte – zum Beispiel bei kaltem Wetter. Die mechanische Kraftübertragung zwischen Motor und Spulenteller übernahmen, wie bei den Tonschreibern üblich, Metall- und Gummirollen sowie Zahnräder (Abbildung 156 und Abbildung 158, Seite 147), wobei die Drehübertragung auf den ersten Blick kompliziert schien: wie beim Ton.S.d saß auch beim Ton.S.b (L) der Motor zum Umspulen mittig unter einem runden Deckblech zwischen den beiden Bandwickeln (Abbildung 157). Sowohl zum rechten wie zum linken Spulenteller arbeitete ein identischer Rädersatz, der im Normalzustand außer Eingriff war. Erst, wenn der Kugelgriff des Hauptschalters (Rücklauf – Halt – Vorlauf) zum Beispiel auf Vorlauf gestellt wurde (für Rücklauf gilt sinngemäß das Gleiche), wurde der Rädersatz zur rechten Wickelspule aktiviert, indem ein Rezzess am Ende der Steuerwelle, ebenfalls unter dem runden Deckblech, die Halterung einer Gummiwalze so weit frei gab, dass sich diese an die Welle des Motor anlegte und von deren Drehung fest zwischen Motorwelle und eine weitere Metallwalze hineingezogen wurde; damit wurde die Drehung auf die Metallwalze übertragen. Zwischen diesen drei Walzen war infolge von Friktion ein Schlupf möglich, der letztlich die Zugkraft am Bandwickel bestimmte. Zwischen Metallrad und Wickelteller konnte kein Schlupf stattfinden, weil sie über Zahnräder miteinander verbunden waren.

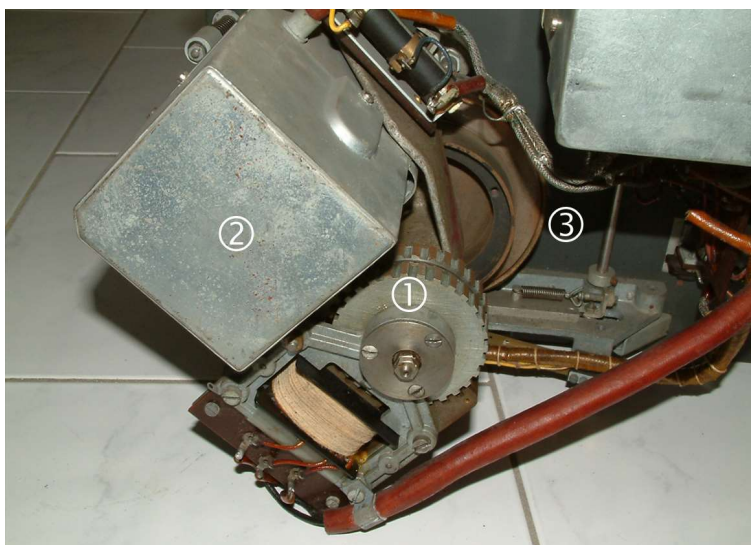


Abbildung 187 (LINKS): Die Generator-Endstufe (Bandantrieb) eines Tonschreibers b (Ton.S.b2 (V)). Die Endstufe mit zwei militärischen Leistungsrohren LS 50 in Gegentaktschaltung (hinten) wurde von einer klingarmen Stahlröhre EF 12k angesteuert. Alle Röhrensockel waren gedämpft schwingend befestigt. – Diese Ton.S.b-Variante ist *nicht* identisch mit dem Nachkriegs-Magnetophon Type b2 (Seite258) ,vielmehr dürfte es sich um eine spätere Sonderanfertigung handeln.

Abbildung 188 (RECHTS): Tonschreiber b2, Laufwerk (Ton.S.b (L)), Synchronantrieb der Tonrolle. – Otto Janzen, Inhaber der Firma SAJA, hatte einen kleinen, leichten, sehr modernen Schrittschaltmotor entwickelt, erkennbar an den beiden Rädern mit versetzten Zahnreihen ①. Seine Antriebsspule war direkt mit dem Frequenzgenerator verbunden, Störungsabschirmung war nicht nötig. Auf die gleiche Welle arbeitete auch der Hauptschlusmotor (②, Mo 4), der gegen Störstrahlung gekapselt in dem viereckigen Gehäuse lief und mit Friktion das Schwungrad ③ antrieb.

Der Hauptschalter gab über die Steuerwelle nun nicht nur die Drehbewegung zum rechten Wickelteller frei, sondern betätigte auch über Zug- und Druckstangen die Bremsen des linken Tellers, so dass deren Bandbremse ganz öffnete und dafür eine Backenbremse am Umfang angriff, die den Bandzug zwischen linker Rolle und Tonkopf bestimmte (Abbildung 158). Die mechanische Auslegung des Backenbremsenträgers stellte sicher, dass diese Bremse in der einen Drehrichtung ein höheres Bremsmoment erzeugte (sie zog sich selbst fester) als in Gegenrichtung, was Schlaufenbildung des Tonbands in Umschaltssituationen verhinderte. Diese Technik wurde in den folgenden Gerätegenerationen weiter verfeinert.

Eine charakteristische Besonderheit der Tonschreiber b und b 1 war der Dehnerkopf (bisweilen auch Dehnkopf genannt), ein steckbares, gewissermaßen aus vier Wiedergabemagnetköpfen zusammengebautes, mit ein-

stellbarer Drehzahl rotierendes Zusatzteil nach dem schon genannten Schüller-Patent von 1938. Anstelle eines üblichen Tonkopfes wurde ein rotierender Zylinder verwendet, auf dessen Außenfläche vier Tonköpfe im Abstand von 90° integriert waren. Das Band wurde so um diesen zylindrischen Teil geführt, dass die Umschlingung etwa 90° betrug, so dass immer nur eines der vier Kopfsysteme „im Eingriff“ war. Im einfachsten Fall, also wenn der Dehnerkopf stillstand, wirkte er wie ein ortsfester Einzelhörkopf. Wird eine Aufzeichnung – beispielsweise ein schnell gesprochener Text – langsamer abgespielt, um damit eine „verständlichere“ Wiedergabe zu bekommen, sinkt mit jeder Halbierung der Bandgeschwindigkeit die Tonhöhe um eine Oktave ab, das Klangbild ist vollkommen verfremdet: wird Sprache nur um 10 % langsamer wiedergegeben, kann sie schon unverständlich werden.¹¹⁸⁵ Rotiert aber der Dehnerkopf (entgegen der Bandlaufrichtung) etwa so schnell, dass die Kopf-Band-Relativgeschwindigkeit etwa gleich der ursprünglichen Aufnahme-Bandgeschwindigkeit ist, geben die vier Kopfsysteme hintereinander kürzeste Stücke der Aufzeichnung mehrfach wieder, so dass die Wiedergabe zwar in „originaler“ Tonhöhe erscheint, aber auf die Hälfte verlangsamt – und damit verständlich – abläuft.¹¹⁸⁶

Ein rotierender Mehrfachkopf kann eine Aufzeichnung bei gleichbleibender Tonhöhe prinzipiell auch „beschleunigt“ wiedergeben, wenn das Band schneller läuft als bei der Aufnahme: es entfallen regelmäßig kürzeste Aufzeichnungsteile, wenn das sinngemäß als „Staucherkopf“ wirkende Aggregat in Bandlaufrichtung dreht. Arbeitete der Tonschreiber b ohne Dehnerkopf, wurde an dessen Stelle ein Blindkopf, das heißt, eine Umlenckrolle, eingesetzt.¹¹⁸⁷

Dieses Grundprinzip wurde genutzt, um etwa Funksignale, die per Schnelltelegrafie gesendet worden waren, mittels Verlangsamung zu dechiffrieren. Dazu wurde das mit hoher Bandgeschwindigkeit aufgenommene Signal mit langsamerer Bandgeschwindigkeit abgespielt. Nun wäre normalerweise die Frequenz des eigentlichen Signals, zum Beispiel eines Funkspruchs, so niedrig, dass es allenfalls schwer zu verstehen gewesen wäre. Der Dehnerkopf transponierte das Signal in einen höheren, im besten Fall den ursprünglichen Frequenzbereich, so dass es einfacher zu erkennen war. Im Prinzip funktionierte das bis etwa zum Verhältnis 1:4 (d. h., die Originalaufzeichnung konnte auf vierfache Dauer gedehnt werden). Den Dehnerkopf trieb der Motor 2 unmittelbar an, dessen Drehzahl ja variabel war (P2). Die Konstanz dieser unregelmäßigen Drehzahl reichte für die vorliegende Aufgabe offenbar aus. Durch Wahl der beiden Geschwindigkeiten konnte die Relativgeschwindigkeit zwischen Band und Kopf vergrößert oder verkleinert werden.

Das Rückspulen des Bandes war Aufgabe des Motors 3. Anders als beim Vorspulen lag er jetzt allerdings nicht an variabler Spannung, sondern an maximalen 235 Volt, außerdem wurde die Drehrichtung durch Umpolen des Rotors umgekehrt. Der hier wirksame Vorwiderstand war ab Werk fest eingestellt (bei Vorlauf war eine Einstellung über „Bandzug“ möglich). Des weiteren wurde beim Umschalten (Kugelgriffschalter) der Motor rein mechanisch von der rechten auf die linke Magnetbandspule umgekuppelt. Konsequenterweise musste jetzt die rechte Spule gebremst werden, was wieder sinngemäß so erfolgte, wie beim Vorlauf beschrieben.

Weitere Einsätze des Tonschreibers b während des Zweiten Weltkriegs

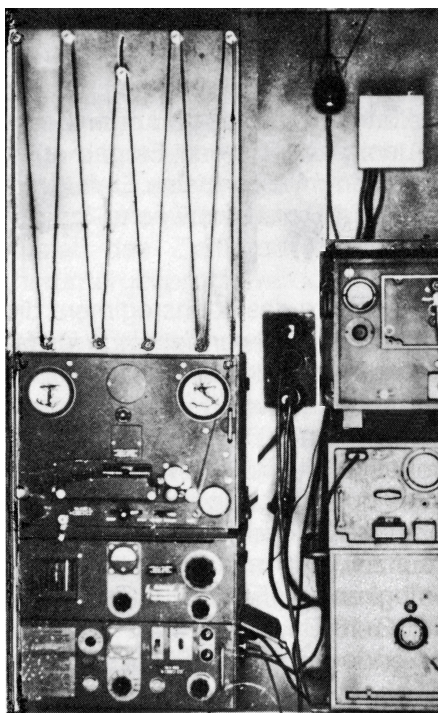


Abbildung 189: Ein modifizierter Tonschreiber b (im Bild links) als Daueransage-Gerät.

Außer den ursprünglich für die Tonschreiber geplanten Aufgaben fanden sich in unterschiedlichen Technologien, die im Fortgang der Kriegshandlungen neu entwickelt wurden, auch weitere Einsatzgebiete. So berichtet gerade Trenkle, der in seiner bereits genannten Monographie „Die deutschen Funknachrichtenanlagen bis 1945“¹¹⁸⁸ nur relativ knapp die ursprünglichen Aufgaben der Tonschreiber beschrieben hat, in seinen anderen Werken immer wieder einmal, meist eher beiläufig, über Einsätze von Tonschreibern im weiteren Fortgang des Zweiten Weltkrieges. Besonders in „Die deutschen Funkführungsverfahren bis 1945“¹¹⁸⁹ erwähnt er mehrmals zivile und militärische Verfahren, bei denen parallel zu der eigentlichen Führung, etwa von Flugzeugen auf Leitstrahlen, Zusatzinformationen zum Wetter, zur vorgegebenen Landerichtung und so weiter per „Tonbandansage“ durchgegeben wurden. In einem Kapitel über eine UKW-Schlechtwetter-Landeanlage für Jagdflugzeuge belegt er das mit dem Bild der ausgeführten Anlage, in der ein umgebauter Tonschreiber b arbeitet: die beiden Bandspulen ersetzte eine auf dem Laufwerkskoffer stehende Konstruktion aus neun Rollen, über die eine fast 6 m lange Tonband-Endlosschleife läuft (im linken Teil der Abbildung 189 zu sehen; die links unten stehenden Geräte sind anhand der Abbildung 180, Seite 158 als Tonschreiber b zu identifizieren).¹¹⁹⁰ Dieses Gerät war mit den für die Landung erforderlichen Werten wie Anfluggrundlinie, Luftdruck und Wolkenuntergrenze besprochen, so dass der Pilot die aktuellen Werte im Anflug hören konnte und den Funkverkehr nicht zusätzlich mit der Abfrage dieser Werte belastete. Auch für Störsendungen wurden Tonbandgeräte eingesetzt: so

sendete man aufgezeichneten gegnerischen Sprechverkehr, der inhaltlich längst überholt war, um den Gegner zu täuschen.¹¹⁹¹

Bei den meisten dieser Beispiele scheint es, als sei insbesondere der Tonschreiber b mit seinen speziellen Fähigkeiten unter seinem technischen Niveau eingesetzt worden. Bezeichnender Weise fanden sich bisher in keinem deutschen Archiv systematische Dokumente zur Konzeption eines technisch so aufwendigen Geräts, die also seine konkreten Einsatz-Zwecke und -Gebiete definieren würden. Dementsprechend vage scheint die Aufwands-Nutzen-Abwägung gewesen zu sein.

Ein in dieser Hinsicht aufschlußreicher Bericht stammt von Peter K. Burkowitz (Seite 434), der sich in einem autobiographischen Interview *„Lebensbilanz / 80 Jahre Klangaufzeichnung“*¹¹⁹² kritisch zum Tonschreiber-Einsatz äußert. Vor allem habe der ältere Teil der militärischen Führungskräfte überhaupt nicht verstanden, welche Möglichkeiten ihnen diese brandneuen technischen Geräte gaben, obwohl – im Ergebnis vergleichbare – Techniken bei gegnerischen Kräften längst im Einsatz waren. Erst gegen Kriegsende avancierten sowjetische Funkagenten zu konkreten Einsatzzielen, die hinter den deutschen Frontlinien erfolgreich im Einsatz waren und mit ihren Leitstellen per Schnelltelegrafie verkehrten. Das Ausschreiben solcher Nachrichten und damit das Auswerten überhaupt zu ermöglichen, war einerseits die eigentliche Aufgabe des Tonschreibers b. Doch um die Agenten auszuheben, wären zweckmäßig ausgestattete Peiltrupps notwendig gewesen, und die gab es kaum oder gleichgar nicht. Zu schweigen von der Auswertung gegnerischer Erkenntnisse.

Burkowitz' erste Einsätze – er war damals 24 Jahre alt – beorderten ihn nach Ostpreußen, und mit den zurückflutenden Fronten wurde seine Funkleitstelle ständig weiter nach Westen verlegt. Schließlich, er war in Schleswig-Holstein gestrandet, schickte die übergeordnete Dienststelle nur noch Fahrbefehle, von denen er kaum mehr als den Eindruck von Beschäftigungstherapie hatte. Bei Kriegsende hat er alle Wehrmachtsgeräte unter seiner Verfügung entgegen weiterer Weisungen in einer Tenne auf einer nordfriesischen Hallig vergraben.

Die Nachkriegskarriere des Tonschreibers b

Ironischerweise stand dem Tonschreiber b (und „Zivilgeräten“, die die AEG aus Restbeständen der Tonschreiber b-Produktion seit 1947 produzierte, siehe Seite 251), noch eine bunte Nachkriegskarriere bevor, als sie sporadisch in ziviler Umgebung wieder auftauchten. Beim Bayerischen Rundfunk war um 1949 zumindest ein Tonschreiber b in der Nachrichtenredaktion beschäftigt (*„Das Magnetophon hat Nachrichten und Kommentare fremder Sender aufgenommen. Nun werden sie abgehört und zu Papier gebracht“*¹¹⁹³), und Heinrich Kluth, früher Förderer Pfeumers, jetzt Herausgeber der renommierten Zeitschrift *„Orion“*, benutzte noch anfangs der 1950er Jahre einen, vielleicht sogar eben diesen, Tonschreiber b für seine Diktate.¹¹⁹⁴

In einen denkbar ungewohnten Aufgabenbereich versetzt sah sich ein Tonschreiber b, der ab 1954 im Studio für Elektronische Musik des Westdeutschen Rundfunks Köln arbeitete. Weil er zu dieser Zeit das einzige Tonbandgerät war, das über variable Bandgeschwindigkeiten zwischen 9 cm/s und 120 cm/s verfügte, wurde er hier zur Transposition und Verfremdung von elektronisch erzeugten Klängen eingesetzt. Da der Tonschreiber beim Umbau einen neuen Kopfträger erhalten hat (vom Ü-Wagen-Magnetophon R 64?), dürfte er auch auf HF-Vormagnetisierung umgestellt worden sein; ob auch der „Dehnerkopf“ benutzt wurde, ist nicht bekannt.¹¹⁹⁵

Dieser Dehnerkopf erlebte die einzige Solo-Karriere der Tonschreiber b-Komponenten. Zwischen 1951 und 1961 meldete Dr.-Ing. Anton Marian Springer für die AEG-Beteiligungsgesellschaft Telefonbau und Normalzeit, Frankfurt,¹¹⁹⁶ zehn Patente an, die um das Thema Laufzeitregelung von Magnettonaufnahmen kreisten. Springer, der sich bereits bei der RRG intensiv mit dem „Magnetophon“ befasst hatte,¹¹⁹⁷ stellte 1956 einen „Magnetton-Laufzeitregler“ vor, zunächst für 76,2 cm/s, später für 38,1 cm/s, als „Vorbaugerät“ an ein Magnetophon T 9, schließlich auch eine Variante für das Magnetophon M 5 (Abbildung 190). Als Konsequenz war aus der einfachen Potentiometer-Drehzahleinstellung ein kompliziertes elektro-mechanisches Aggregat geworden:

Dazu verwendet das Gerät vier auf dem Umfang eines Kreises angeordnete Hörköpfe, die von dem gleichen Motor angetrieben werden wie das Tonband. Bei dem hierfür verwendeten Motor von 1500 U/min sind Ständer und Läufer drehbar. Der Ständer treibt die Köpfe, der Läufer das Tonband. Die relative Geschwindigkeit zwischen beiden Motorteilen bleibt stets konstant, aber es ist z. B. möglich, den Motor so laufen zu lassen, daß der Läufer mit 750 U/min in der einen, der Ständer mit der gleichen Drehzahl rückwärts läuft. Zum Steuern der Raffung und Dehnung dient ein Hilfsmotor mit einem stufenlosen Getriebe.¹¹⁹⁸

Auf ein weiteres Springer-Patent geht das Spezial-Tonbandgerät „system 2002“ zurück, das die Heidelberger Firma Automation GmbH & Co 1969 vorstellte; hier ließ sich mit Hilfe eines Zwischenspeichers das Wiedergabetempo bei gleichbleibender Tonhöhe stetig zwischen 75 % und 150 % der originalen Geschwindigkeit verändern.¹¹⁹⁹ Vertrieben wurde das Gerät von der BASF automation Heidelberg GmbH, mit der sich die BASF Aktiengesellschaft, letztlich erfolglos, im Bereich Unterrichtstechnik engagiert hatte.¹²⁰⁰

Schließlich ist noch an einen beinahe abenteuerlichen Umbau zu erinnern. In den ersten Nachkriegsjahren modelten die bekannten Lichtton-Spezialisten Hugo Lichte und Hermann Birkhofer im Berliner Mosaik-Filmstudio einen Tonschreiber b derart um, dass sie darauf nicht nur Magnetband (asynchron) abspielen, sondern auch 17,5 mm und 35 mm Magnetfilm synchron verarbeiten konnten.¹²⁰¹ Dieser „Alleskönner“, zu studieren auf Seite 473, dürfte allerdings bald von einem regelrechten Magnetfilmläufer abgelöst worden sein.

Tonschreiber e

Neben der Produktion der bekannteren Tonschreiber stand Anfang 1942 auf dem Entwicklungsprogramm der von Trenkle genannte „Tonschreiber e“, der die Zickzackschrift und den blattförmigen Tonträger übernehmen sollte. In der Dringlichkeitsliste rangierte er jedoch hinter Tonschreiber b und Tonschreiber d,¹²⁰² und so ging die Entwicklung des „Folienschreibers“ erst Anfang 1943 weiter, als die Luftwaffe einen Monatsbedarf von 200 bis 300 Stück anmeldete: hier war die Rede von einem „Kleingerät für Bordzwecke der Luftwaffe“.¹²⁰³ Es wird vermutet, dass es „zur Aufnahme von Daten und zur Aufklärung von Flugzeugabstürzen“ dienen sollte.¹²⁰⁴



Abbildung 190: Der Magnetton-Laufzeitregler, gebaut nach Patenten von Anton M. Springer von der Firma Telefonbau & Normalzeit (1956). Links die Ausführung zum „Vorbau“ an ein Magnetophon T 9, rechts die Variante für das Magnetophon M 5.

Technische Basis dieser Geräte waren Weiterentwicklungen des Dehnkopfs aus dem Tonschreiber b.



Im November 1943 erfuhr Agfa Wolfen – wo mittlerweile das Magnetophonband Typ C gefertigt wurde – weitere technische Einzelheiten: das Folienmaterial sollte 21 cm breit sein (wie das Papierformat DIN A 4), so dass es als ca. 30 cm langes Blatt auch Akten beigeheftet werden konnte; dazu sollte es eine Rund- und Langloch-Perforation bekommen. Die Zeilenbreite wird mit 2,5 mm, die Schreibgeschwindigkeit mit 18 cm/s angegeben, eine Art Kissen oder Polster sollte („von unten“) die Magnetköpfe an die Folie drücken.¹²⁰⁵

Schon Ende September 1943 waren allerdings Annullierungskosten für die Tonschreiber e angefallen, was heißt, dass die Luftwaffe den Auftrag storniert hatte; das gleiche galt für den Tonschreiber f¹²⁰⁶ – die Luftwaffe flog anscheinend bereits „auf Verschleiß“, setzte auf die stark beschleunigten „Jägerprogramme“ und war an zeitaufwendigen wissenschaftlichen Untersuchungen offenbar nicht mehr interessiert.

Tonschreiber f, Ton.S.f

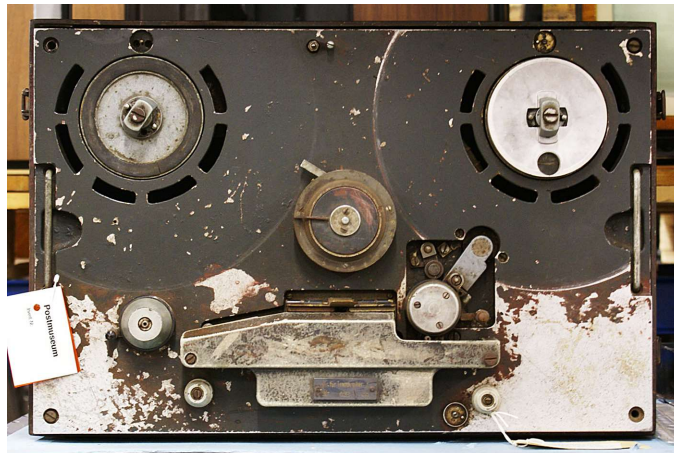


Abbildung 191: Nicht besonders gut erhalten ist dieses Exemplar eines Tonschreiber f-Laufwerks, das jedoch die wesentlichen Details zeigt. Die in einer Tonschreiber f-Anlage immer paarweise eingesetzten Geräte hatten weder Bedienungstasten noch Netzschalter oder dergleichen.

Der Tonschreiber f wird erstmals im Februar 1942 in einem „Verzeichnis der derzeitigen und geplanten Magnetophon-Typen“¹²⁰⁷ genannt, und zwar als netzgespeistes, aus dem Tonschreiber b entwickeltes, jedoch fernsteuerbares Gerät mit einem Frequenzbereich von 300 – 2.800 Hz. Es war bestimmt zum Abhören und Aufzeichnen von Telefonaten; nach militärischer Aufgabenstellung zum Mitschneiden von Agenten- und Partisanengesprächen. Dazu hätte auch die vorgesehene Bandgeschwindigkeit 26 cm/s ausgereicht, die für Hochfrequenzvormagnetisierung ausgelegte Magnetköpfe und Verstärker voraussetzt. Die damit erzielbare Qualität war wohl gefordert, damit schon normalerweise gestörte Telefonate verständlich würden. Diese Planung muss aber bald zugunsten eines aufwendigeren Geräts aufgegeben worden sein. Genaue Beschreibungen oder zumindest Schaltpläne des Tonschreibers f liegen

nicht mehr vor, und leider ist auch das einzige bekannte Exemplar, ausgewiesen durch ein Schildchen auf dem Kopfträger „Nur für Tonschreiber f“, stark ramponiert (Abbildung 191), dürfte aber im Original-Zustand vorliegen. Zu beachten ist allerdings, dass zu jedem Tonschreiber f zwei dieser Laufwerke gehörten sowie ein Verstärkersatz und das Steuergerät. Das Laufwerk des Tonschreibers f ist in einen militär-typischen tragbaren

Blechkasten eingebaut und zeigt – nach Vergleich mit dem recht mäßigen Foto in Rangers FIAT Final Report No. 923 – gewisse Ähnlichkeiten mit dem Magnetophon K 7. Im Gegensatz zum K 7 fehlen allerdings bei dem rein fremdgesteuerten Tonschreiber alle üblichen Steuertasten, Rangierhebel oder Schalter. Zwischen den Spulen ist auf beiden Photos ein Bandanzeiger (beschrieben auf Seite 101) zu sehen, der mit einem Tastarm, auf dem linken Bandwickel aufliegend, den ungenutzten Bandvorrat feststellte und rechtzeitig das Steuergerät veranlasste, auf das zweite Laufwerk umzuschalten (dieser Tastarm ist beim Gerät in Abbildung 191 abgeschraubt oder abgebrochen). Beim Bandwechsel würde dieser Tastarm stören, weil seine Feder ihn ja permanent gegen den Bandwickel drücken will. Deshalb wurde er über eine federnde Kugel gegen einen Anschlag der genannten Haltevorrichtung gedrückt, wobei die federnde Kugel den Arm in dieser Position hielt, bis er manuell wieder freigegeben wurde. Der austauschbarer Kopfträger besaß, wie bei Abhörgeräten üblich, keinen Löschkopf (der Bediener sollte keine Möglichkeit haben, Aufnahmen zu löschen). Wie beim K 4, hatte auch dieser Kopfträger keine Bandabhebe-Vorrichtung. Eine beim Umspulen zu benutzende Bandführung, bei einigen R 22-Exemplaren zwischen den Wickeltellern zu sehen, war beim Tonschreiber f nicht zu realisieren, weil an der entsprechenden Stelle der Bandanzeiger saß. Deshalb waren unterhalb des Kopfträgers zwei Bandführungs-Rollen montiert, über die das Band beim Umspulen zu führen war. Beim Bandwechsel wurde eine Haltevorrichtung benutzt, die am oberen Laufwerksrand zwischen den Wickeltellern zu sehen ist.

Tabelle 2: Tonschreiber im Überblick	Höhe	Breite	Tiefe	Gewicht	v	Ø
	cm	cm	cm	kg	cm/s	mm
Tonschreiber a, Laufwerk (= K 4)	48	32	47	57	77	10
Tonschreiber b, Laufwerk	46	35	25	31,9	9 – 120	--
Tonschreiber b, Verstärker-Tornister	46	35	25	35	--	--
Tonschreiber b, Zubehör-Tornister	46	36	25	30,5	--	--
Tonschreiber c, Aufnahmeteil	21	34	22	12	18	37
Tonschreiber c, Spulen-Tornister	20	34	20	9,6	--	--
Tonschreiber c, Wiedergabeteil	22	34	22	12,5	18	7
Tonschreiber c, Zubehör-Tornister	20	34	22	7,7	--	--
Magnetophon K 6 (Magnetofon R 23)	34	50	20	35	77	
Magnetophon K 6, Verstärker V 6				7	--	--
Tonschreiber d, Laufwerk	44	34	25	32	77	
Tonschreiber d, Sammler (Akkumulator)	21	34	22	30	--	--
Tonschreiber d, Zubehör-Tornister	24	34	22	14	--	--
Tonschreiber d, Vorratsspulen	25	49	22	25	--	--
Tonschreiber f	52	34	39	--	26 / 36	4,8
Kleinstübertragungsgerät R 26	23	34	23	15	18	7
– R 26, Batterietornister				20	--	--

v = Bandgeschwindigkeit, Ø = Tonrollen-Durchmesser

Das zum Tonschreiber f gehörende Steuerteil konnte offensichtlich am Wechselstromnetz (110 bis 240 V) genau so betrieben werden wie an 12 V-Batterien. Die für beide Einsatzfälle erforderlichen Komponenten (Gleichrichterröhre EZ 11 beziehungsweise Wechselgleichrichter) waren integriert. Dieses Steuergerät arbeitete auf zwei Laufwerke. Ob diese wechselseitig umgeschaltet wurden, wenn ein Tonband voll bespielt war, oder ob die bis zu fünf Verstärker entsprechend maximal fünf Telefonleitungen, die mit einem Ton.S.f abgehört werden konnten, parallel auf zwei gleiche Tonschreiber geschaltet wurden, damit zumindest zwei Gespräche gleichzeitig abgehört werden konnten, lässt sich aus den vorhandenen Unterlagen nicht feststellen. Vielleicht konnten sogar beide Varianten gewählt werden. Wahrscheinlicher ist jedoch, dass die erste Variante eingesetzt wurde, wie es auch bei der Zwilling-Apparatur (siehe unten) der Fall war. In jedem Fall waren die beiden Laufwerke über Vielfachstecker mit dem Steuergerät verbunden. Die im Steuergerät vorhandenen fünf Verstärker konnten wahlweise auf den ersten oder auf den zweiten Tonschreiber geschaltet werden, ebenso bei Wiedergabe der "Fernhörer" (also ein Kopfhörer). Als Aussteuerungskontrolle wurden erstmalig Anzeigeröhren verwendet, sogenannte magische Augen. Ein weiterer dreistufiger Verstärker übernahm Wiedergabeverstärkung und Entzerrung.

Die Steuerung des Laufwerks übernahm die automatisierte Fernsteuerung: Der Anlauf erfolgte selbsttätig, wenn auf der überwachten Leitung telefoniert wurde; nach dem Gespräch schaltete sich das Gerät wieder aus. Dass diese Steuerung mit Relais erfolgte, wie sie in der damaligen Heb-Drehwählertechnik verwendet wurden, ist nicht weiter bemerkenswert. Im Routinebetrieb wurden auch diejenigen Funktionen, die nicht vom Telefonat gesteuert werden konnten, wie Rücklauf, Wiedergabe und so weiter über (fernsteuernde) Steuerkästen vorgenommen.

Geplant waren für 1942 / 1943 150 Stück zu je RM 3.500. Ein Jahr später, Februar 1943, lag ein Auftrag über 400 Stück vor; das kurz vor Fertigungsanlauf stehende Gerät wurde hier etwas kryptisch als „Ablösung der bisher hilfsweise für Chiffrierstellen benutzten kommerziellen Type FT 4“ beschrieben. Dreißig Geräte sollten in der zweiten

Jahreshälfte 1943 ausgeliefert werden, ihre Fertigung bis 1945 weiterlaufen. Doch wie beim Tonschreiber e waren auch die „f“-Aufträge Ende schon im September 1943 storniert.¹²⁰⁸ Zumindest ein Exemplar wurde Anfang 1946 von englischen Spezialisten untersucht. Der einschlägige BIOS-Abschlussreport stellt nach „flüchtiger Inspektion“ fest, dass der Ton.S.f „is evidently intended as a dictating machine and in this sense is a successor to the FT 3“ oder auch des Magnetophons FT 4. Allerdings wurde bereits bei dieser flüchtigen Prüfung gleich erkannt, dass das Gerät mit Hochfrequenzvormagnetisierung arbeitete.¹²⁰⁹

Die Magnetophon-Zwillings-Apparatur

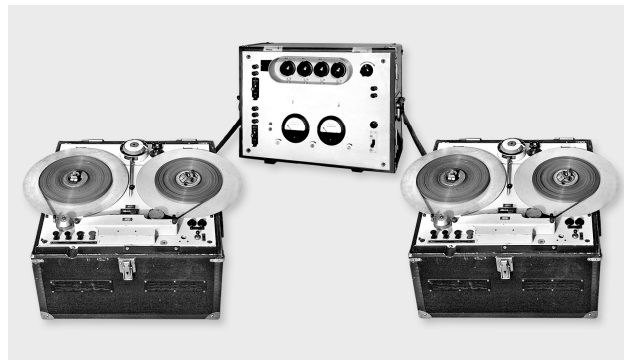


Abbildung 192: Magnetophon-Zwillings-Apparatur RPF K 4 spez., hier in einer Rekonstruktion der Anlage. In der Mitte die Kombination aus Verstärker und Schalteinheit (vergleiche Abbildung 153, Tonschreiber RE 3)
© Roland Schellin

Die „Magnetophon-Zwillings-Apparatur RPF K 4 spez.“ (auch RPF R2h genannt) gehört genau genommen nicht zu den Tonschreibern, wird aber hier vorgestellt, weil sich ihr Aufgabengebiet mit dem der „Magnetophone im Tornister“ überschneidet oder zumindest berührt. Sie diente nach heutigem Verständnis dubiosen Aufgaben im Graubereich zwischen postalischen, politischen und militärischen Interessen, und war für den rein ortsfesten Einsatz im Auftrag und nach Spezifikationen der Reichspost gebaut.¹²¹⁰ Wie die Postbezeichnung andeutet, geht es um modifizierte Magnetophon-K 4-Paare, die eine Schaltapparatur so steuerte, dass längere ununterbrochene Aufnahmen möglich wurden. Auch Farbgebung und Verstärkerbeschaltung entsprachen den Postvorgaben. Der Forschungsstelle der Reichspost oblag ja, wie auf Seite 140 beschrieben, verantwortlich die technische Ausrüstung für die Überwachung von Telefonie- und

Funkverbindungen. So zeichneten allein in der Forschungsstelle der DRP in Eindhoven (Niederlande) „acht von der Firma Telefunken <sic; soll heißen: AEG> entwickelte Magnetophonbandgeräte“ Funkgespräche auf.¹²¹¹

Wie bei Abhöraufgaben üblich, wurden mehrere Tonbandgeräte – beim Zwillingsgerät also zwei Magnetophone – an einem Steuergerät eingesetzt, wobei das Einschalten des Laufwerks automatisch durch das Anwählen des überwachten Telefonanschlusses geschah. Beschreibungen dieser Gerätekombination werden zum Beispiel von den Siegermächten gebracht.¹²¹² Auch dort wird berichtet, dass es sich um drei Geräte handelte, zwei praktisch identisch mit dem Gleichstrom-K 4, das dritte ein separates Steuergerät. Auch bei diesen Laufwerken sind zwischen den Spulen Bandanzeiger mit Fühlhebel und Umschaltkontakten montiert. Die Zwillings-Magnetophone waren so ausgelegt, dass ein Gerät unmittelbar einsatzbereit war, das heißt, der Tonmotor mit Tonrolle lief dauernd. Wenn jetzt der ausgewählte Telefonanschluss angewählt wurde, musste nur noch der Andruckmagnet für die Gummiandruckrolle aktiviert werden.

Das Steuergerät enthielt auch den Verstärker sowie die Gleichstromversorgung für die Magnethöpfe. Der Vormagnetisierungsstrom wurde am rechten Strommesser eingestellt, der linke erlaubte die Messung der Aussteuerung der Verstärker. Der Verstärker war so ausgelegt (Ausgangsspannung, Abschlusswiderstand), dass das abgehörte Telefonat über eine Telefonleitung weitergeleitet und abgehört werden konnte. Der Frequenzgang war – wie bei Telefonen üblich – auf den Bereich von 300 – 2.700 Hz begrenzt. Wie bei anderen Abhörgeräten (RE 3, Tonschreiber f) auch, wurde die automatische Funktion der Geräte über Relaiskreise, Sicherheitsabschaltungen mit Alarmklingeln, automatischen Umschaltungen und dergleichen mehr realisiert.



Abbildung 193: AEG-Telefunken Magnetophon M 36, alias „Tonschreiber Fernmeldeaufklärung, Band M 36“.

Nachspiel: Tonschreiber bei der Bundeswehr

Als die 1956 gegründete Bundeswehr Tonaufzeichnungsgeräte für ihre Fernmeldeaufklärungs-Aufträge suchte, war sie zunächst auf Magnetplatten-Diktiergeräte angewiesen, da seinerzeit handelsübliche Heimtongeräte und Drahtton-Diktiergeräte die Anforderungen nicht erfüllen konnten. Erst 1963 beschaffte die Bundeswehr in großem Umfang Uher-4000 Report-Geräte in Zweispurausführung, die jedoch den harten Einsatzbedingungen, etwa in geländegängigen Fahrzeugen, nicht ganz gewachsen waren. So beauftragte die Rüstungsabteilung des Verteidigungsministeriums AEG-Telefunken Konstanz mit Entwicklung und Produktion des zweikanaligen „Tonschreiber Fernmeldeaufklärung, Band M 36“, der auch bei stärkeren „Beschleunigungsänderungen“ noch gute Gleichlaufeigenschaften zeigte. Das konsequent zweikanalig ausgelegte Magnetophon 36 war ausschließlich für den Bordnetzbetrieb mit 24 V ausgelegt, also ungeachtet seiner mit den Nagra-

Modellen vergleichbaren Qualitäten und Abmessungen kein „transportables“ Gerät. Wegen der exakten Übereinstimmung seiner beiden Kanäle konnte Magnetophon 36 aufgenommen auch Stereoprogramme aufzeichnen, im Einsatz diente die zweite Spur jedoch in erster Linie zum – teils nachträglichen – Aufzeichnen von Kommentaren, Zeit- oder Suchmarkierungen, die die spätere Auswertung vereinfachten und beschleunigten. – Zum Auswerten des Funkverkehrs auf Richtfunkstrecken setzte die Bundeswehr Varianten des Saba-Modells 600 SH ein. – Es zeigte sich schließlich, dass der Bandwechsel bei einem Spulentonbandgerät doch zu viel Zeit brauchte, und so wechselte die Bundeswehr seit 1979 zu Kassettengeräten, die die Weikersheimer Firma Elektron lieferte (wie übrigens auch die Sprachlehranlagen der Bundeswehr). Diese Compact-Cassetten-Recorder (Typbezeichnung C3/20) dürften die letzten bandgestützten Aufzeichnungsanlagen der Bundeswehr gewesen sein.¹²¹³

Kurioses, Sackgassen, Rätsel

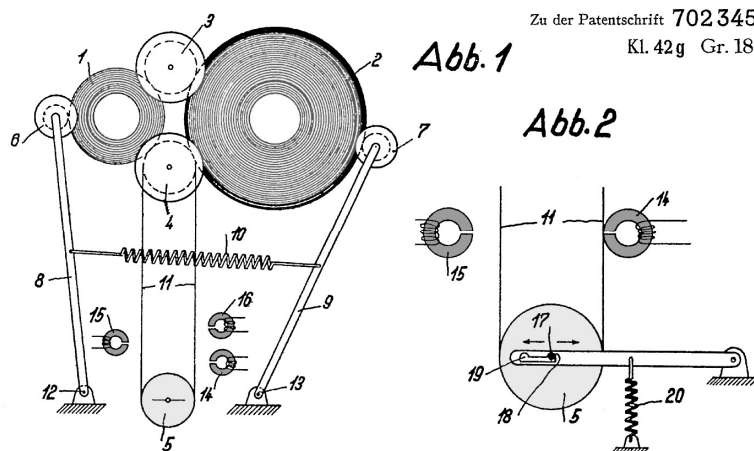
Betreten ideenreiche Konstrukteure technisches Neuland, können sie kaum vermeiden, in die eine oder andere Sackgasse zu laufen. Manchmal überschätzen sie auch das Potenzial ihrer Arbeiten oder finden Lösungen, für die die Zeit noch nicht reif ist, das soll heißen: sie entwerfen Konstruktionen, die zwar an sich arbeitsfähig sind, für die aber die eine oder andere Komponente erst Jahre später überhaupt oder in der erforderlichen Qualität verfügbar ist. In den Erfolgsgeschichten großer Erfindungen werden solche halben oder ganzen Misserfolge in der Regel übergangen. Wenn aber die Idee zunächst so wertvoll schien, dass darauf ein Patent angemeldet wurde, finden sich nach Jahrzehnten gelegentlich Entwürfe, über die man teils lächeln, teils mit Respekt nachdenken kann – gelegentlich auch beides. Hier folgen einige Fundsachen, die es verdient haben, nicht ganz vergessen zu werden.

1936: Kontaktwickel-Antrieb

Wie schon gesagt, zielte die AEG auf den ersten Entwicklungsstufen zum Magnetophon eher auf den sogenannten Endverbrauchermarkt als auf kommerzielle Anwender. Aber noch 1936 hatte Schüller das „Volkstonbandgerät“ nicht aus den Augen verloren – schließlich hätte es eine attraktive Ergänzung zu den AEG-hauseigenen Rundfunkgeräten gebildet, denn deren Empfangsteil hätte genügend Anreize für Aufnahmen geliefert, die NF-Verstärkerstufe für die Magnetband-Wiedergabe mitbenutzt werden können.

Abbildung 194: Eduard Schüller, *Antriebsvorrichtung für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung*, Abbildungen 1 und 2 aus Patent DE 702 345 vom 6. Mai 1936. Das Band läuft vom Vorratswickel ② auf den Aufwickelkern ①. Näheres siehe Text.

Wenn der Motor, der die Rolle (4) antreibt, im Uhrzeigersinn rotiert, muss das Magnetband, entgegen üblicher Gewohnheit, von „rechts“ nach „links“ laufen.



Im Mai 1936 fand Schüller eine – im Prinzip – bestechend einfache Lösung für „die sehr wesentliche Aufgabe, ... den Magnetogrammträger mit konstanter Geschwindigkeit am Sprech- bzw. Hörkopf vorbeizuziehen“, nach der mit einem einzigen zentralen rotierenden Antriebsteil das Magnetband mit gleichförmiger Geschwindigkeit sowohl transportiert wie auf- und abgewickelt werden kann – siehe Abbildung 194, die den Vorrats-Bandwickel rechts zeigt.¹²¹⁴ Ein System aus drei Rollen, von denen die beiden äußeren ((6) und (7), federnd gelagert, aber nicht angetrieben) die beiden (im gleichen Drehsinn umlaufenden) Bandwickel an die „Antriebs-Reibrolle“ (4) drücken, übernehmen den kompletten Bandantrieb; ihre Umfangsgeschwindigkeit bestimmt die Bandgeschwindigkeit. Von der Antriebs-Reibrolle wird eine Schlaufe des Bandes abgehoben und über eine Spannrolle (5) geführt; an der freien Bandlänge (11) liegen, je nach der seitlichen Verschiebung der Spannrolle, die Magnetköpfe für Löschen und Aufnahme (14, 16) und Wiedergabe (15) an. Die Reibrolle (3) übernimmt das schnelle Umspulen des Magnetbandes. Die später geprägte Begriff für dieses Antriebsprinzip, „Kontaktwickel“, deutet auf einen von Schüller nicht genannten Vorteil der Anordnung: wo das Magnetband auf den Wickel aufläuft, wird es kraftschlüssig angedrückt, so dass ein von innen heraus kompakter und, soweit auch eine Band-Höhenführung vorgesehen ist, glatter Wickel entsteht.

Auf den zweiten Blick zeigen sich allerdings die Grenzen des Kontaktwickelantriebs: die Antriebs-Reibrolle rotierte bei praktikablen Kombinationen von Rollendurchmesser und gewünschter, niedriger Bandgeschwindigkeit nur sehr langsam (zum Beispiel für 5 cm Ø und 50 cm/s mit nur 191 U/min), beim damaligen Stand der

Technik Garant für miserablen Gleichlauf (vergleiche die langsamlaufende Tonrolle im AEG-Magnetton-Ver- suchsgerät 1 von 1933). Zudem ist der Bandzug vor den Magnetköpfen nicht eindeutig definiert.¹²¹⁵

Seine Stärken konnte das Kontaktwickelprinzip erst ausspielen, als recht hohe Band-Kopf-Geschwindigkeiten verlangt wurden, nämlich bei der Daten- oder Videosignal-Aufzeichnung. So erlebte der Kontaktwickel ein Menschenalter nach seiner Erfindung eine kurze Renaissance: Um 1975 wollte BASF Aktiengesellschaft, auf Entwicklungen des amerikanischen Ingenieurs Chester W. Newell aufbauend, ein eigenes Video-Aufzeichnungssystem namens Longitudinal Video Recording (LVR) einführen (Seite 577), ohne dass auch nur einer der Beteiligten das Geringste von der Vorerfindung geahnt hätte. Schüllers Anlauf scheint sich mit der Patentschrift erschöpft zu haben; BASF brach 1978 das Projekt LVR im allerletzten Augenblick ab.

1937: Magnetbandgeräte zur Richtungsbestimmung von Schallquellen

1934 hatte der AEG-Mitarbeiter Carl Braband eine als „*Verfahren und Einrichtung zum Aufzeichnen sehr kurzzeitiger Schwingungsvorgänge, wie z.B. des Knalles eines schweren Geschützes, insbesondere zur Ermittlung des Ortes der Schallquelle*“ hinlänglich genau beschriebene Erfindung angemeldet.¹²¹⁶ Die Patentschrift ist insofern interessant, als sie komprimiert die Theorie des Verfahrens mitliefert. Den Zusammenhang mit der Magnetbandtechnik stellt der „*endlose Zeichenträger*“ her, ein nicht näher beschriebenes magnetisierbares Stahlband. Man wird kaum fehlgehen, hier eine Auftragsarbeit militärischer Dienststellen anzunehmen.

Im Herbst 1936 arbeitete Schüller ebenfalls an einem „*Gerät zur Bestimmung der Richtung oder Entfernung von Schallquellen*“,¹²¹⁷ selbstverständlich jetzt mit einer Magnetbandschleife als Träger, jedoch mit vielspuriger Aufzeichnung. Eine Abbildung der Patentschrift DE 949 337 zeigt nicht weniger als jeweils acht über die Bandbreite verteilte Aufnahme-, Lös- oder Wiedergabe-Köpfe, wobei letztere in Bandlaufrichtung gegeneinander verschiebbar angeordnet sind. Zeitlich passt genau ins Bild, dass Friedrich Matthias bereits Ende Mai 1936 „*eine Rolle Filmband von 13 mm Breite*“ nach Berlin schickte¹²¹⁸ und Schüller Ende November 6,5 mm und 13 mm breites Magnetband mit „*normaler Eisenschicht*“ von 50 µm Gesamtdicke „*für endlose Bandapparatur*“ und zusätzlich 100 µm Dicke bestellte, angeblich „*für Perforierungsversuche*“.¹²¹⁹ Das normaldicke 13 mm-Band wurde am 21. Dezember geliefert, der Guss der dickeren Ausführung für die letzte Woche des Jahres angekündigt.¹²²⁰

Mit der „*Bestimmung ... der Entfernung*“ dürfte sich Schüller schwer getan haben, wie der einschränkende Titel seiner Patentschrift „*Richtungsermittlung von Schallquellen mittels Tonaufzeichnungsgerätes*“ von Ende August 1937 zeigt.¹²²¹ Die Anordnung verwendet ebenfalls ein endloses Magnetband, umgeht jedoch den Mechanik-Aufwand der früheren Ausführung zu Lasten höherer Ansprüche an die auswertende Person. Beide Patente, DE 949 337 (angemeldet 28. Oktober 1936) wie DE 934 334 (angemeldet 27. August 1937), wurden erst 1956 und 1955, rund zehn Jahre nach Kriegsende, ausgegeben. Ob ihre Veröffentlichung aus Geheimhaltungsgründen zurückgestellt worden ist, lässt sich derzeit nicht entscheiden.

1936: Vorschläge für alternative Ausführungen des Magnetträgers

Was einige AEG-Mitarbeiter bewog, auch dann noch Alternativ-Verfahren für die Produktion von Magnetbändern auszuarbeiten, als bereits die große Gießmaschine in Ludwigshafen im Probetrieb lief, ist nur zu vermuten. Ein Pfeleumer-„*Verfahren zur Herstellung bandförmiger magnetisierbarer Lautschriftträger*“¹²²² regte bei der AEG offenbar Willi Patzschke und Max Nippold zur Untersuchung an, ob sich der Träger des Magnetbandes nicht auch aus Glaswolle oder Glasgespinsten mit Fäden von weniger als 10 µm Durchmesser herstellen lasse; vorteilhaft gegenüber Celluloseacetat-Band sei die relativ hohe Festigkeit bei gleicher oder geringerer Dicke.¹²²³

Zwei weitere Erfindungen aus dem Haus AEG machen eher den Eindruck von Sperrpatenten – es wäre daran zu erinnern, dass Siemens im Mai 1936 in zweiter Instanz die Nichtigkeit von DE 500 900 durchsetzte.¹²²⁴ DE 746 940 beschreibt Eisen-Nickel-Kupfer-„*Legierungen für Magnetogrammträger*“, die bis zu einer Dicke von 20 µm herab auswalzbar seien und sich somit als mechanisch widerstandsfähiger Ersatz für Magnetogrammträger mit einer aus „*Papier oder Cellulosederivaten aufgebaute[n] Unterlage*“ empfehlen.¹²²⁵ Einen Schritt weiter gingen Heinz Lübeck und Willi Patzschke, die gleiche Legierungen voraussetzten, aber Folien von weniger als 20 µm Dicke mit Hilfe nichtmagnetischer Stoffe versteifen wollten, „*indem man sie in einen Filmstreifen einbettet, mit einer dünnen Papierschicht beklebt oder mit einer Lackschicht überzieht*.“¹²²⁶ Sinn geben solche Entwicklungen nur, wenn man (militärisches?) Interesse an besonders wärmefesten Speichermaterialien voraussetzt.

Die Vermutung, dass es sich bei diesem „Sandwich“-Magnetband um ein Sperrpatent handelt, bestärkt Lübecks nächstes Schutzrecht. Vermutlich als Resultat der seiner Dissertation zugrundeliegenden Untersuchungen postulierte er einen „*Magnetogrammträger mit sehr kleiner Permeabilität*“,¹²²⁷ einer magnetischen Kenngröße, die für das Zusammenwirken mit dem Schüller'schen Ringkopf besonders vorteilhaft erscheint. Kleine Permeabilität ist bei metallischen Legierungen eher unwahrscheinlich, ergibt sich aber bei Fe₃O₄- und Fe₂O₃-Pigmenten gewissermaßen von selbst, und so stand noch 1950 offen, ob sich „*der patentrechtliche Wert [dieser Erfindung] erhärten*“ ließe.¹²²⁸ Eine erkennbare Rolle hat keines dieser Patente gespielt.

1941: Aufzeichnen durch Löschen

Wenn Entwickler abseits des Hauptstrangs ihrer Erfindungen nach Anwendungen suchen, führt das gelegentlich zu Entwürfen, die selbst auf den zweiten Blick nicht erklärungsbedürftig sind – und mit Glück als

interessant kuriose Patentschrift überdauern. So auch Schüllers Patent DE 881 056 von Ende 1941, das auch deshalb zunächst Rätsel aufgibt, weil die zugehörigen Zeichnungen nur „symbolisch“ zu verstehen sein sollen.

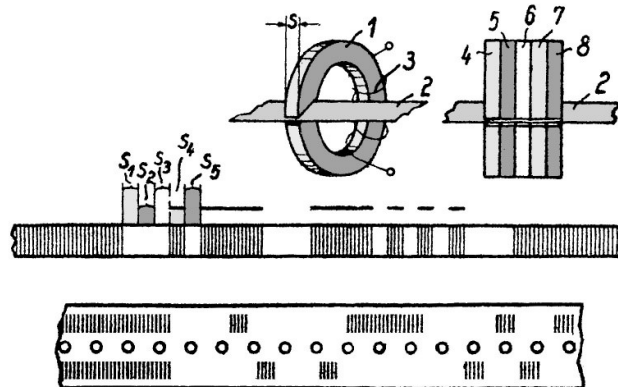


Abbildung 195: Zeichnungen aus Schüllers Patent DE 881 056: Prinzip, Anordnung von fünf Kopf-„Scheiben“, symbolisch als zweispurige Aufzeichnung auf vorbeschriftetem Magnetband dargestellt.

Immer hin stellt Schüller hier das Konzept der magnetischen Schallaufzeichnung auf den Kopf: das magnetische (rundloch-perforierte) Band ist „mit einer sich gleichmäßig über seine Länge erstreckenden Wechselmagnetisierung beschriftet“, auf der „die Impulse nicht aufgeschrieben werden, sondern durch exakt begrenzte Löschungen entstehen.“ Besonders vorteilhaft, schreibt Schüller, seien die Magnete mit hochfrequentem Wechselstrom zu betreiben. Dazu läuft das Band quer durch den Spalt des – ja nun, Aufzeichnungs- oder Löschkopfs? „Die Bildung der Impulsfolgen kann ... durch eine Tastvorrichtung ähnlich der Schreibmaschinentastatur ausgelöst werden, wie dies beispielsweise auch bei der Fernschreibmaschine geschieht.“ Hier steht, wie sich zeigt, das Lösungswort: Schüller skizziert das magnetische Pendant zum Lochstreifen, dem Informationsträger der Fernschreibtechnik (siehe die Lemmata beispielsweise in

Wikipedia). Ein gutes halbes Jahr später reichte er übrigens die beiden Patente „Magnetkopf für Zweispuraufzeichnung“ und „Magnetkopf für Mehrspuraufzeichnung“ ein.

Und um die Merkwürdigkeiten voll zu machen: Patent DE 881 056 wurde erst am 25. Juni 1953 ausgegeben. Eine Anwendung ist nicht bekannt geworden.¹²²⁹

1942: Tonbildschau mit Diaprojektor und Magnetton

Agfa Wolfen meldete im Frühjahr 1942 zwei Patente „Stehbildwerfer (bzw. Bildwerfer) mit ein- oder angebaute Magnettonwiedergabegerät“¹²³⁰ an, also einen Dia- beziehungsweise Filmprojektor „zur Wiedergabe von auf Tonbändern aufgenommenen Erläuterungen der projizierten Bilder. Das Magnettonband kann in besonders bequemer Weise auch von Liebhaber-Lichtbildnern besprochen werden und dann der Begleittext zu der selbst aufgenommenen Stehbildfolge wiedergegeben werden“ – eine vorweggenommene, genaue Beschreibung der späteren „Tonbildschau“ sowie der „Zweistreifen-Vertonung“ mit Schmalfilm und (wünschenswerterweise) synchronlaufendem Tonbandgerät. Die von Wolfen skizzierten Geräte sind vermutlich in dieser Form nie gebaut worden.

1942: Doppelseitiges Magnetophonband

Das Patent DE 750 777¹²³¹, angemeldet am 12. Februar 1942 unter dem Titel „Magnetogrammträger“, fällt schon deswegen auf, weil „Die Angabe des Patentinhabers und Erfinders unterbleibt (VO. vom 15.1.44 – RGBI. II S. 5)“ – eine der chaotischen Verfügungen im deutschen Patentwesen gegen Ende des II. Weltkriegs, wozu auch die Ausgabe am 30. Januar 1945 passt – also „tausend Jahre“ nach der „Machtergreifung“ 1933. DE 750 777 stammt von Hans Joachim von Braunmühl und Walter Weber, wie das Aktenzeichen B 197119 zeigt, das auch in einer AEG-Aufstellung erscheint.¹²³² Der technische Inhalt gilt einem beidseitig beschichteten Magnettonträger mit magnetisch abschirmender Mittelschicht. Da die Spuren – natürlich nur bei Aufzeichnung mit Hochfrequenzvormagnetisierung – nicht über 1 mm breit sein müssen, verlängert sich die Spieldauer erheblich, vor allem, wenn der Träger „mit um 180° verschränkten Enden zu einer fortlaufend beschriftbaren Schleife“ zusammengefügt wird – voilà, das „magnetische Tefiphon“, an das auch schon Fritz Pfeumer gedacht hatte (Seite 51). Und der Clou: selbst „Zweikanalaufzeichnung zwecks Wiedergabe mit plastischer Wirkung“ wird möglich, „indem die zugeordneten Tonspuren auf gegenüberliegenden Stellen des Bandes aufgezeichnet werden“ – leider ist über eine geeignete Kopf-Konfiguration nichts gesagt. Letzte Kuriosität: in der Patentschrift erscheint zweimal der Ausdruck „Pfeumer-träger“, der also seinerzeit gebräuchlich gewesen sein muss.

1943: Das Kassetten-Gerät der Reichspost

Den vorstellbar hohen Aufwand, den die „Magnetophon-Zwillings-Apparatur RPF K 4 spez.“ bei Überwachungsaufgaben verursachte (Seite 168), wollte die Reichspost ab 1943 mit Kassetten-Tonbandgeräten zum stationären Einbau in Verstärkergestelle verkleinern. Diese schon 1941 geplanten Geräte sollten mit Zwei-Spulen-Kassetten „von der Größe eines ordentlichen Kuchenblechs, in denen die beiden 1.000 m-Spulen aufbewahrt wurden“ arbeiten – „man konnte sie als Ganzes auf die Maschine aufsetzen, blitzschnell wechseln, eine zweite aufsetzen“. Von diesem mit RM 10.000 ausnehmend teuren Geräten sollte die AEG 10 Exemplare pro Monat bauen. Entstanden sind wohl nur Mustergeräte; die Entwicklung war ersichtlich nicht ausgereift, „viel zu teuer, viel zu groß“, und in der zweiten Kriegshälfte war an die Serienfertigung ohnehin nicht mehr zu denken.¹²³³ Unklar ist, ob die Deutsche Reichspost diese Kassetten-Geräte in eigenen Dienststellen einsetzen wollte oder ob sie dem „Forschungsamt“ überstellt wurden. Erfahrungen mit diesem Gerät dürfte AEG beim Kassettengerät KL 1 (Seite 275) verwertet haben.

1943 bis 1945: Drei apokryphe Tonschreiber

Selbst Fritz Trenkles Aufstellung der für die Wehrmacht gebauten Tonschreiber (Seite 138) weist Lücken und Unklarheiten auf. Andere Berichte nennen nämlich weitere Tonschreiber-Versionen:

Tonschreiber e (... der zweite ...): Recht detailliert beschreibt der TBK-Bericht „*Untersuchung der in Deutschland entwickelten elektro-magnetischen Methode der Tonaufzeichnung (Magnetophon)* ...“ einen „Tonschreiber Erna“,¹²³⁴ den die AEG für die Physikalisch-Technische Reichsanstalt Berlin (PTR, Vorgänger der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Braunschweig) gebaut hat. Die PTR wollte ihn für einen nicht näher beschriebenen „Spezialzweck“ einsetzen, vielleicht steht auch hier das Heereswaffenamt im Hintergrund. „Erna“ arbeitete mit einem Tonschreiber d-Laufwerk, besaß aber einen Aufnahmeverstärker mit Hochfrequenzvormagnetisierung (im Gegensatz zum passiven „Aufsprech-Netzwerk“ der Normalausführung) und erreichte damit den bemerkenswerten Frequenzumfang von 40 Hz bis 20 kHz. Allerdings sind außer Schaltbild und Stückliste keine weiteren Details bekannt, also weder das Baujahr noch die gebaute Stückzahl. Der nächstliegende Zweck war wohl, als erstrangige Voraussetzung zur „*Entwicklung akustischer Minen und akustisch gesteuerter Torpedos*“ das Schallfeld fahrender Schiffe zu analysieren.¹²³⁵

Der Hochfrequenz-Aufnahmeverstärker war mit drei Röhren EF 12 bestückt, vermutlich als Weiterentwicklung des HF-Aufnahmeverstärkers V 7b, der seinerzeit mit drei Leistungspentoden EL 11 sicherheitshalber überdimensioniert worden war.¹²³⁶ – Möglicherweise geht auf diese „Erna“ das Gerücht von den Tonschreibern Dora-HF zurück, die die RRG zwar schon 1943 geplant hatte,¹²³⁷ aber erst nach Kriegsende beim NWDR und dem Berliner Rundfunk verwirklicht wurden.

Walzenapparatur, alias **Tonschreiber e** (... der dritte ...): Seit Herbst 1940 und noch 1944¹²³⁸ arbeitete die AEG an einem „kleinen Diktiergerät“, auch „Walzenapparatur“ genannt, das zwar in der Drontheimer Straße entwickelt, aber im Olympia-Werk Erfurt produziert werden sollte.¹²³⁹ Diese „Walzenapparatur“, bald die Basis des von der Luftwaffe geforderten Tonschreibers e (Seite 146), fand nach der Auftrags-Stornierung zu ihrem zivilen Ursprung zurück: „*Als sich der Krieg allmählich dem Ende näherte, überlegten wir, daß wir nun etwas für zivile Anwendung bräuchten. Das mußte in aller Heimlichkeit entwickelt werden, weil das Heereswaffenamt davon nichts wissen durfte.*“ Also benutzte man dessen Nomenklatur still und leise zu Tarnzwecken weiter ... Für diesen Gerätetyp war ein vollkommen anderes Laufwerk geplant als für die Magnetophone: ein hin- und herschwenkender Magnetkopf sollte einen „blattförmigen Träger“ beschreiben. Hans Schießler sagte weiter dazu:

Wir ließen uns dabei von dem Hell-Schreiber inspirieren. Wir bauten ein schreibmaschinenähnliches Gerät mit einer Gummiwalze, und um diese wurde ein DIN A 4-großes „Blatt“ Magnetband herumgelegt. Dann hatten wir einen etwa 15 cm langen Schwenkarm. Zuerst waren es vier Schwenkarme, von denen jeder einen 90-Grad-Bogen auf das Blatt schrieb, das sich kontinuierlich langsam vorschob. Wenn der erste Arm nach 90 Grad am rechten Rand war, folgte von links der zweite und so weiter, bis wieder der erste an der Reihe war. So hatte man eine Spiral-Linie, aber viermal geschnitten und untereinandergelegt, vielleicht mit einem Zeilenabstand und einer Spurbreite von je einem Millimeter. Das war aber zu unhandlich, weil das Drehkreuz mit den vier Armen zu groß war. Wir sagten uns, daß ein Arm genügen würde, der aber wie bei der Bildabtastung blitzschnell wieder zurücklaufen und dann die nächste Zeile schreiben müsse. Also langsam vor, schnell zurück - die Schreibgeschwindigkeit lag vielleicht bei 20 cm/s. Damit konnte man gut schreiben. Es war allerdings etwas schwierig, die Zeile wiederzufinden - unangenehme, aber schließlich gelöste mechanische Probleme.¹²⁴⁰

Die AEG hoffte also, nach diesem Arbeitsprinzip und mit einem über das Kriegsende geretteten Mustergerät ein preiswertes Diktiergerät bauen zu können, was jedoch im Planungsstadium steckenblieb (Seite 255). Manche Übereinstimmung, vielleicht auch die geographische Nähe, könnte Indiz dafür sein, dass aus dieser Konstruktions-Idee etwa 1967 das Diktiergerät asint rols der Hamburger Firma Asint entstand,¹²⁴¹ was jedoch nicht zu belegen ist – ebenso gut wäre auch wieder einmal an eine Doppelerfindung zu denken. Die Tonträger für dieses Gerät, 10 cm breit und beiseitig perforiert, fertigte BASF bis etwa 1995, zunächst aus dem rot rückseitenmattierten Material für das Rundfunkband LGR beziehungsweise LGR 30 P, nach Auslaufen dieser Produkte aus dem weiß rückseitenmattierten LGR 50.

Ein **Tonschreiber z** wird nur ein einziges Mal Anfang 1942 als ein weiteres Entwicklungsprojekt der AEG namentlich genannt, die karge Beschreibung in einem „*Verzeichnis der derzeitigen und geplanten Magnetophon-Typen*“ lautet: „*Speisung mit 12-Volt-Sammler, ferngesteuert in Verbindung mit SAT-Tornister, entwickelt aus Tonschreiber „d“ – Aufnahme und Wiedergabe Bandgeschwindigkeit 40 cm/sec / Frequenzbereich ca. 300 – 4000 Hz*“.¹²⁴² Der gleiche Bericht nennt auch die Tonschreiber e und f, so dass es sich bei „z“ um ein eigenes Projekt gehandelt haben muss, das aber umgehend wieder in der Versenkung verschwand.

Schallaufzeichnung beim Rundfunk

Vom Vox-Haus ins „Haus des Rundfunks“

Als das Unternehmen Radio-Stunde-AG am 29. Oktober 1923 die erste öffentliche Rundfunksendung in Deutschland aus dem Vox-Haus in Berlin ausstrahlte, begann auch hierzulande, Jahre vor dem Tonfilm, das Zeitalter des Rundfunks. Das war nicht weniger als eine kulturelle, technische und wirtschaftliche Innovation, galt doch damals Rundfunk als Verkörperung fortschrittlicher Technik und genoss eine Publikumsakzeptanz, die heute kaum noch vorstellbar und in ihrer Breitenwirkung allenfalls noch mit dem Aufkommen des Fernsehens in den 1950er Jahren vergleichbar ist. Wie vor allem in den USA, gab die Verbreitung des Rundfunks den Elektrokonzernen enormen wirtschaftlichen wie technischen Auftrieb;¹²⁴³ Robert von Liebens Elektronenröhren-Verstärker war auch hier das Schlüsselement einer unerwartet stürmischen Entwicklung, die in Deutschland als Folge der Inflation freilich eher gebremst anlief.

Am 15. Mai 1925 schlossen sich die Sendeanstalten in Deutschland zur Reichs-Rundfunk-Gesellschaft m.b.H. zusammen, die zwanzig Jahre existieren sollte – die letzten zwölf bekanntlich nicht zuletzt als Propaganda-Instrument des Dritten Reiches, als es der NSDAP bis Mitte 1933 gelungen war, „sämtliche Geschäftsanteile in der Hand des Reichs bzw. des Reichsministeriums für Volksaufklärung und Propaganda“ – in Person des Joseph Goebbels – zu vereinigen.¹²⁴⁴ Ihren langjährigen Sitz hatte die Gesellschaft im 1931 bezogenen „Haus des Rundfunks“ in der Masurenallee, einem Meisterstück des Architekten Hans Poelzig (1861 – 1936).¹²⁴⁵

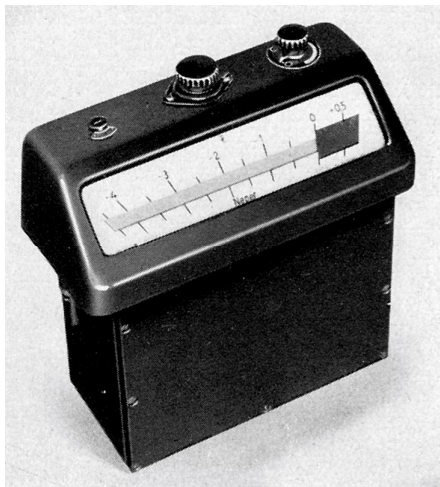


Abbildung 196: Lichtzeigerinstrument J 25 (LINKS, geeicht in Neper) und Tonmesser (RECHTS) von 1936, gebaut von Siemens & Halske AG Berlin, Braunbuchbezeichnung der RRG: U 10. ¹²⁴⁶ Spätere Ausführungen hießen „Aussteuerungsverstärker“ (U 21, U 70, U 71, U 80).

Vor und nach der „Machtübernahme“ wurden im „Haus des Rundfunks“ künstlerische wie insbesondere technische Leistungen erbracht, die noch lange über 1945 hinaus die Rundfunkarbeit in Deutschland prägten. Die „Technik“ nahm die neue Aufgabe, künstlerische Inhalte einem breiten, inhomogenen Publikum zu vermitteln, erstaunlich ernst. Das Zusammenspiel von künstlerisch aufgeschlossenen Technikern und Programm-Gestaltern, die sich dieser Technik adäquat zu bedienen wussten, macht wohl den verbindlichsten Zug der RRG aus (dass das NS-Regime den Rundfunk mit bemerkenswerter Gerissenheit für seine Propaganda missbrauchte, sei hier einmal ausgeklammert). Gerade diese Zusammenarbeit von Programm und Technik zeigte aber sehr bald: „Der Rundfunk als Überbrücker des Raumes benötigte ein Instrument zur Überbrückung der Zeit.“¹²⁴⁷

Hier ist auch ein eminent wichtiges Messgerät zu nennen, nämlich der Lichtzeiger-Tonmesser U 10, den die RRG 1936 eingeführt hat.¹²⁴⁸ Übliche Zeigerinstrumente folgen den schnellen Schwankungen der Signalspannungen nicht genügend genau, also nicht trägheitsfrei und daher nur mit unannehmbaren Einschränkungen, während die schnell reagierenden Tonmesser auch kurze Spannungsspitzen zuverlässig – und für den Benutzer ermüdungsfrei – anzeigen; sehr kurze Impulse werden zeitlich definiert verlängert dargestellt, ebenso wird der „Rücklauf“ verlangsamt. Diese exakte Anzeige ist praktisch überall notwendig, sei es für den Schallplattenschnitt oder für die Aussteuerung von Sendungen (etwa der Lautstärkebalance zwischen Ansage und Musikstücken) und den Sendeanlagen selbst, und so machte der Lichtzeiger-Tonmesser das optimale Aussteuern auch von Magnetbändern erst richtig möglich. Entsprechend ihrer Anzeigecharakteristik hießen derartige Geräte später (Quasi-)Spitzen Spannungsmesser; als bemerkenswert schwierig erwies sich noch Jahrzehnte später, angezeigte Werte und subjektive Wahrnehmung unterschiedlicher Programminhalte in volle Übereinstimmung zu bringen.

Verbesserungen bei den Sendern und an Empfangsgeräten

Zeitzeugen betonen, dass im Lauf der 1930er Jahre die technische Qualität der Rundfunksendungen merklich zunahm; abgesehen von ihrem Selbstverständnis, war die RRG auch deshalb zur permanenten Qualitätssteige-

rung verpflichtet, weil die Leistungsfähigkeit der Rundfunkempfänger von Jahr zu Jahr merklich stieg.¹²⁴⁹ Als Synonym für diesen Fortschritt könnte der Übergang vom „Kohlekörner-“ zum „Kondensator“-Mikrofon (seit etwa 1930) dienen: vom „systematischen Wackelkontakt“ mit problematischer Qualität zum anspruchsvollen „Schallwandler“ mit professionellen Übertragungseigenschaften.

Abbildung 197: Ein (Mono-)Lichtzeiger-Tonmesser modernerer Bauart. Der Bereich oberhalb 0 dB ist stärker gedehnt als bei der Erstausführung.¹²⁵⁰

Wenn der Lichtzeiger (im Bild bei -3 dB zu sehen) die Marke 0 dB erreicht, entspricht das der Signalspannung 1,55 Volt +6 dB. Auf korrekt eingestellten Tonbandgeräten war dann das Magnetband bis zum Bezugspegel (nicht bis zur Vollaussteuerung!) ausgesteuert. Der Übersteuerungsbereich (0 ... +5 dB) war rot unterlegt. Die Ansprechzeit lag bei 10 ms, die Rücklaufzeit des Lichtstrahls bis zum linken „Anschlag“ bei 1,5 s (beide am Aussteuerungsverstärker einstellbar). Wegen der logarithmischen Bewertung und einer entsprechenden Skala bildete das Gerät einen bemerkenswert weiten Amplitudenbereich ab. Der nach unten gerichtete Kasten nahm unter anderem das optische System auf.



RRG auf der Suche nach dem „idealen Aufzeichnungsverfahren“

1930 nahm bei der RRG ein Wissenschaftler seine Tätigkeit auf, den nicht zuletzt „eine überdurchschnittliche Allgemeinbildung und eine große Musikalität“ qualifizierten:¹²⁵¹ Hans Joachim von Braunmühl, später Oberingenieur und Hauptabteilungsleiter der Zentralleitung Technik der RRG.¹²⁵² Bald nach seinem Eintritt holte er einen jungen Ingenieur namens Walter Weber nach, den er im Zentrallaboratorium der Firma Siemens & Halske A.G. (Berlin) kennengelernt hatte.¹²⁵³ In den nächsten vierzehn Jahren arbeiteten beide bemerkenswert erfolgreich zusammen, und zu den Ergebnissen gehörte auch das seinerzeit „ideale Aufzeichnungsverfahren“¹²⁵⁴.

Seit ihrem Aufkommen in den 1920er Jahren waren Rundfunkanstalten von der Schallplattentechnik abhängig, denn so wichtig Direktsendungen waren und blieben, konnte ein Funkhaus doch kaum ohne „Tonkonserven“ existieren. Mit den Produktionen der Schallplattenindustrie allein konnte und wollte man die immer umfangreicheren Programme nicht gestalten; daraus ergab sich zwangsläufig, dass ein Funkhaus ohne eigene Schallaufzeichnungen kaum denkbar war. Doch Spielzeit und Qualität der Platten waren deutlich von dem entfernt, was sich Techniker wie Programmgestalter von einem „idealen Aufzeichnungsverfahren“ erhofften, denn die vielfältigen Aufgaben in einem Funkhaus konnten sie nur bedingt erfüllen:

Aufnahme von Proben zur Belehrung <sic> der Künstler über Mängel ihrer Darbietungen.

Kontrolle von Berichten vor der Sendung, insbesondere für Zwecke der Zensur.

Als Leitungersatz zu Aufnahme an Orten, nach denen keine Leitungsverbindung besteht. ...

Zeitverschobene Wiedergabe einer Darbietung, die zu einer festliegenden, jedoch für die Mehrzahl der Hörer ungünstigen Zeit stattfand.

Bessere Ausnutzungsmöglichkeiten prominenter Künstler, die zu den Hauptsendezeiten anderweitige Verpflichtungen haben. ...

Wiederholbarkeit von Sendungen, die ihrer Wichtigkeit wegen eine mehrmalige Ausstrahlung rechtfertigen.

Programmaustausch mit anderen Rundfunkorganisationen durch Versendung von Schallträgern anstelle der Benutzung unmittelbarer Leitungsverbindungen.

Archivierung wertvoller Aufnahmen zur Überlieferung an die Nachwelt.¹²⁵⁵

Wachsplatten, Schwarzplatten und das Überblendverfahren

Hier kann und soll nicht versucht werden, die Entwicklung der Schallaufzeichnungsverfahren beim deutschen Rundfunk detailliert nachzuzeichnen. Eine „Momentaufnahme“ des technischen Standes von 1938 muss genügen, als nämlich die technische Leitung der RRG beschloss, das Magnetophon nicht nur im Labor zu untersuchen, sondern auch im Betrieb einzuführen. Bis dahin hatte sich die Aufnahmetechnik der RRG hauptsächlich auf drei Varianten der Schallplatte gestützt: Wachsplatte (seit Juni 1929¹²⁵⁶), Schwarz- oder Schellackplatte und Schallfolie (seit Mitte 1932¹²⁵⁷). Allen Versionen waren der Durchmesser von etwa 30 cm, „Seitenschrift“ sowie die Spieldauer von 4 bis 4 ½ Minuten gemeinsam.

Die Wachsplatte mit ihren 31,5 cm Durchmesser war eine durchschnittlich 3 ... 5 cm dicke und (mit Schutzkarton) 2 kg schwere Scheibe mit exakt planparallelen Oberflächen und einem zentrischen Mittelloch. Hauptbestandteil der Plattenmasse war lange Zeit Carnauba-Wachs, das eine in Brasilien wachsende Palmenart liefert, es ist relativ spröde und besitzt einen hohen Schmelzpunkt.¹²⁵⁸ Eine mineralische Alternative war Ceresin, das im Wesentlichen aus Kohlenwasserstoffen besteht. In einem aufwendigen chemischen Prozess wird daraus „reines“, weißes und geruchsloses Ceresin mit einem Schmelzpunkt zwischen 62 und 80 °C.¹²⁵⁹ 1941 kostete eine

Wachsplatte RM 10, das Abdrehen jeweils RM 0,50, was teilweise die enormen Ausgaben der RRG für Schallaufzeichnungsmaterial erklärt.¹²⁶⁰

In einem Wärmeschränk auf 30 °C vorgewärmt, wurde die Wachsplatte auf einer Schallplatten-Schneidemaschine bespielt, die sie in absolut gleichförmige Umdrehungen (78 Upm) versetzte. Sowie die Aufzeichnung beginnen sollte – also „geschnitten“ wurde –, senkte sich ein Saphirstichel auf die Oberfläche, den ein elektromagnetisches Antriebssystem in mikroskopisch kleine Seitwärtsbewegungen versetzte, die dem aufzuzeichnenden „Schallereignis“ entsprachen. Stichel und Antrieb, vereinigt in der „Schneiddose“, wurden radial über die Plattenoberfläche verschoben, so dass sich dort eine Spirallinie ausbildete. Vorschub und Schnitttiefe waren genau definiert, was erstens die Spielzeit, zweitens die Aufzeichnungs-Qualität (mit)bestimmte.

Nach dem Schnitt mussten Wachsplatten erst auf 20 °C abkühlen; bei dieser Temperatur war das Material zwar am stabilsten,¹²⁶¹ aber doch so weich, dass man es „mit gutem Gewissen“¹²⁶² nur ein-, höchstens zwei Mal abspielen konnte¹²⁶³ (und zwar erst, als seit 1932 leichte elektromagnetische Tonabnehmer vorhanden waren, an deren Entwicklung von Braunmühl beteiligt war¹²⁶⁴). Wenn Musiker einen Eindruck von ihrer Darbietung haben wollten, war eine zweite, nur für das Kontroll-Abhören bestimmte Wachsplatte mitzuschneiden. Diese Umständlichkeit war allein dadurch gerechtfertigt, dass Wachsplatten seinerzeit qualitativ die besten Aufnahmen lieferten.

Zur Sendung kamen Wachsplatten also nur, wenn die Aufzeichnungen nicht erhalten werden sollten. Erledigte Platten wurden aber nicht etwa eingeschmolzen, sondern auf einer speziellen Wachsplattenabdreh-Maschine WB 32 (gebaut von Georg Neumann GmbH, Braunschweig-Bezeichnung Y 1) wieder plangedreht, also „gelöscht“, was sich mehrfach wiederholen ließ. Dass diese 180 kg schwere Maschine stolze RM 2.300 kostete,¹²⁶⁵ ist mit dem beachtlichen Aufwand zu erklären: im ersten Arbeitsgang wurde zunächst die Wachsoberfläche mit einem Stahlmesser abgezogen, dann mit einem geschliffenen Saphirmesser absolut eben und auf Hochglanz getrimmt.¹²⁶⁶

Waren die Wachsplatten-Aufnahmen jedoch für das Archiv oder zum Vervielfältigen bestimmt, wurden von ihnen mit industrieeüblichen Galvanik- und Pressverfahren „Schwarzplatten“ hergestellt, die zwar nicht ganz die ursprüngliche Qualität erbten, dafür aber relativ häufig abgespielt werden konnten.

Nun gibt es genügend Musiktitel, die kürzer sind als gut vier Minuten; wie aber wollte man von Schallplatten längere Stücke ohne Unterbrechung senden? Die RRG benutzte dazu ein Verfahren, das auch andere Rundfunkanstalten, wie die BBC, ähnlich handhabten. Voraussetzung dafür waren jeweils zwei Schneidemaschinen beziehungsweise Plattenspieler am gleichen Ort. Wenn während der Aufnahme die erste Platte bis auf etwa 30 Sekunden Restzeit bespielt war, schaltete der Techniker die zweite Schneidmaschine auf „Schneiden“ und vergrößerte gleichzeitig (mittels Handrad) für einige Rillen den Schneiddosen-Vorschub der *ersten* Maschine, die noch bis zum Endrillen-Durchmesser weiterlief. Damit waren also die letzten 30 Sekunden auf Platte 1 und die erste halbe Minute auf Platte 2 identisch; das Rillenbild der Platte 1 zeigte, wo die Überlappungs-Spielzeit begann.

Kritischer war das Abspielen solcher Aufzeichnungen. Erreichte die Abtastdose beim Abspielen der Platte 1 die mit größeren Vorschub geschnittenen Rillen, machte der Tonarm erkennbar einen kleinen, aber schnellen Schwenk. In diesem Moment war die Platte 2 zu starten, auf der zwar die Abspieldose schon auflag, deren Plattenteller aber erst jetzt anlief. Was von Platte 1 auf den Sender ging, hörte der Techniker über Lautsprecher, die Musik von Platte 2 über Kopfhörer. Seine Aufgabe war jetzt, durch beschleunigtes oder verzögertes Abspielen der Platte 2 einen Punkt zu finden, an dem von Platte 1 und Platte 2 das Gleiche zu hören war; in diesem Moment schickte er (mittels eines „Überblendreglers“) Platte 2 auf Sendung.¹²⁶⁷ Für die Überlappung blieben also nur etwa 30 Sekunden Zeit – das verlangte intensives Training und gute Nerven, wenn im Lauf einer einstündigen Sendung etwa 16 Platten hintereinander abgespielt werden sollten.¹²⁶⁸ Nebenbei waren ja auch noch die Platten aufzulegen und abzunehmen. Aber immerhin: die Überlappungs-Technik hatte den Rundfunk vom Diktat der kurzen Schallplatten-Spielzeit befreit, unter der die Schallplattenproduktionen nach wie vor litten, wenn Musikstücke mit längeren Spielzeiten bis hin zu Opern-Gesamtaufnahmen anstanden.

Die Schellackplatte war bekanntlich bis in die 1950er Jahre fast ausnahmslos der Tonträger, der in Musik-Tonstudios dominierte – mit gravierenden Einschränkungen. Viele ausübende Künstler sahen Schallplattenaufnahmen längerer Musikstücke nämlich aus eigener, eher skeptischer Perspektive: viereinhalb Minuten Spielzeit pro Plattenseite hieß für Dirigenten wie Musiker, etwa alle 270 Sekunden eine Zäsur zu finden, abzusetzen, zu warten, bis die Platten-Schneidmaschinen wieder aufnahmebereit waren, und dann auf Kommando unverzüglich und exakt in Tempo und Tonhöhe wieder einzusetzen.¹²⁶⁹ War abzusehen, dass für höhere Auflagen mehrere Pressmatrizen („Väter“) benötigt würden, mussten die Abschnitte auch mehrmals eingespielt werden, denn ein Wachsplatten-Original überstand kaum einmal die nach dem Galvanisieren anstehende Trennung von der Metallschicht. So war es üblich, jeden Vier-Minuten-Abschnitt sicherheitshalber mehrfach hintereinander aufzuzeichnen – jeweils zu Lasten der Musiker. Oft waren auch kleinere Eingriffe oder Ergänzungen in den Notentext erforderlich, damit sich der Plattenseiten-Schluss beziehungsweise -Anfang nicht allzu abrupt anhörte.

Die Hochfrequenzvormagnetisierung hob nun nicht nur die Qualität von Magnetbandaufnahmen deutlich über das Niveau der Wachsplatte und bot damit willkommene Reserven für die folgenden Schellackplatten-Produktionsschritte. Vielmehr konnte man das Magnetband beliebig oft ohne jede Qualitätseinbuße abspielen. Es genügte also, die *eine* perfekte Aufzeichnung zu archivieren, um davon bei Bedarf wieder Wachs- oder Lackplatten schneiden zu können. So lange die Schellackplatte dominierte, war dementsprechend für jedes Teilstück eine entsprechende Magnetband-Teilaufnahme zu erstellen. Es spielt dabei keine Rolle, ob es mehrere Einzelbänder gegeben hat oder einen Gesamt-Wickel, auf dem die Abschnitte zur farblichen Kennzeichnung mittels

„Weißband“ getrennt waren. Als die Langspielplatte erlaubte, ältere Aufnahmen von Sinfonien oder zumindest Sätze daraus lückenlos auf einer Plattenseite unterzubringen, müssen geschickte Tonmeister anhand von Tonband-Kopien die Übergangs-Teile teils entfernt, teils geschickt kaschiert und so eine „durchgehende“ Version erstellt haben.¹²⁷⁰

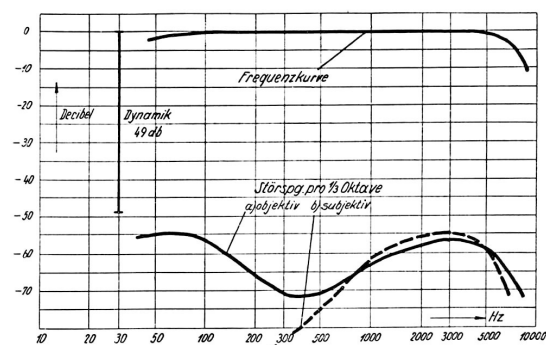
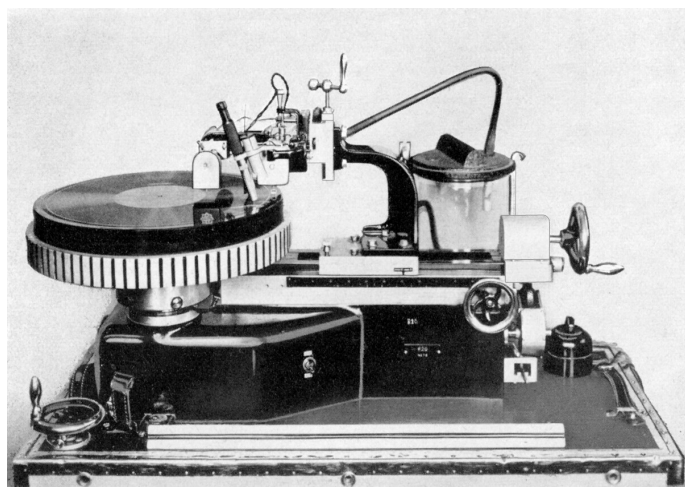


Abb. 1. Wachsverfahren

Aufnahmeformat: Spezialwachs; Stichel: Saphir; Schnittwinkel: 85°; Plattentellerumdrehungen: 78 Umdr./min; Rillenzahl: 40 pro cm; Max. Geschwindigkeitsamplitude: 12,5 cm/sec; Tonabnehmer: Spezialkonstruktion; Spieldauer: 4 1/2 Minuten

Abbildung 198 (LINKS): Die Wachsplatten-Aufnahmemaschine der Firma Georg Neumann, Berlin (die auch die bekannten Kondensator-Mikrofone fertigte), mit der Braunbuch-Bezeichnung R 20 der RRG. – Das Lineal (auf der Koffer-Oberseite) war 50 cm lang. (RECHTS): Die Wachsplatte lieferte eine deutlich höhere Dynamik als das Gleichstrom-Magnetophon (vergleiche mit Abbildung 205).

Schallfolien

Der kostspielige Transfer von Wachs- auf Schellackplatten dauerte durchaus Stunden oder Tage, so dass dieses Verfahren für die aktuelle Berichterstattung nicht in Frage kam. Hier sprang die Schallfolie ein:

Es sind dies dünne Scheiben aus Gelatine oder Kunstharz oder metallischem Träger mit einem schneidbaren Überzug, die einerseits weich genug sind, um von einem Aufzeichnungsgerät beschriftet zu werden, andererseits aber auch widerstandsfähig genug, um eine große Zahl von Abspielungen auf normalen Geräten zu vertragen. Die Aufzeichnung erfolgt grundsätzlich mit ähnlichen Mitteln wie bei den Wachsplatten, nur muß der elektromagnetische Schreiber der Härte des Aufnahmeformats angepaßt sein. Man verwendet zum Schnitt auch keine Saphirstichel, da diese infolge der Härte und durch die unvermeidlichen Unreinigkeiten der Folien zu leicht beschädigt werden würden, sondern zähe Stahlstichel.¹²⁷¹

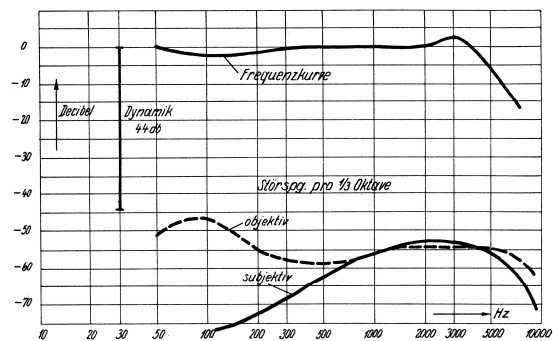
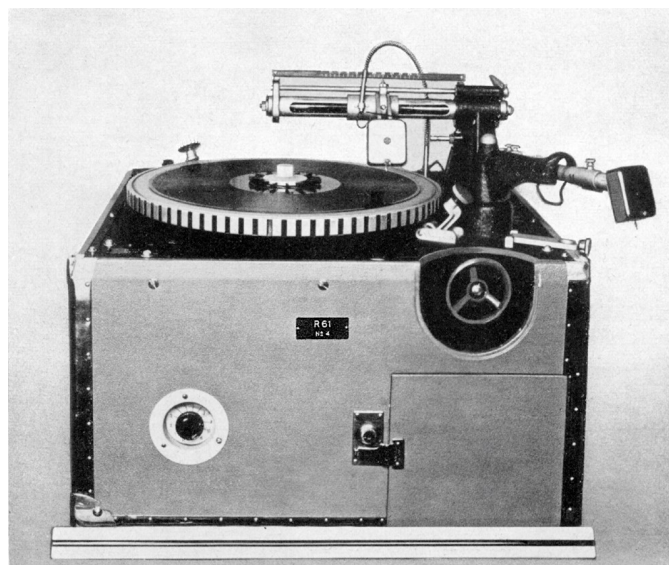


Abb. 4. Schallfolienverfahren

Plattenmaterial: Decelith (Kunstharz); Schneidstichel: Stahl; Schneidwinkel: 85°; Plattentellerdrehzahl: 78 Umdr./min.; Rillendichte: 35 Rillen pro cm; Max. Geschwindigkeitsamplitude: 12,5 cm/sec; Tonabnehmer: Elektrodynamisch mit Saphiradel; Spieldauer einer Platte: 4 Minuten

Abbildung 199: Diese Einheit besteht aus der Schallfolienaufnahmemaschine R 21 im Koffer R 61 mit den Komponenten Schallfolienreiber R 12b und dynamischem Tonabnehmer R 5 (nach rechts herausgeschwenkt). Hersteller: Georg Neumann GmbH, Berlin.

Schallfolien hatten einen Vorteil gegenüber Wachsplatten: Aufnahme- und Wiedergabegerät waren identisch, anders als Wachsplatten-Schneidemaschinen waren sie transportabel und konnten daher in Übertragungswagen für mobile Berichterstattung eingebaut werden, wenn sie auch, laut Friedrich Matthias, um 1935 noch so wenig betriebssicher waren, dass „besonders wichtige Reden ... 4- und auch 6-fach aufgenommen“ wurden.¹²⁷² Aktuelle Sendungen mit Schallfolien verlangten von den Tontechnikerinnen und Tontechnikern fast künstlerische Fähigkeiten, wenn nämlich, nach redaktionellen Vorgaben, an einer mit Farbfettstift markierten Rille der Tonabnehmer ange-

hoben und blitzschnell an der nächsten Markierung wieder abzusetzen war. Man mag sich vorstellen, welche Nervenkraft – „auf Sendung“! – derartige, keineswegs seltene „Stochersendungen“ erforderten.

Schallfolien namens „Decelith“¹²⁷³ produzierte übrigens der I.G. Farben-Betrieb Deutsche Celluloidwerke Eilenburg, weshalb es 1935 zu einer kurzen Diskussion kam, ob sich die I.G. mit dem neuen Produkt Magnetophonband nicht Konkurrenz im eigenen Haus mache.¹²⁷⁴ Unnötige Sorge: schon der große Bestand an Folienmaschinen bei der RRG sicherte die Nachfrage selbst noch bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs. Und dabei ging es um durchaus beeindruckende Mengen: allein während der Olympischen Spiele 1936 sollen 12.000 dieser Folien (nicht alle notwendigerweise vom Typ Decelith) geschnitten worden sein. Aufschlussreich auch eine Statistik aus dem Jahr 1937: in diesem Jahr verbuchte die RRG 15.500 „Schallwiedergabeaufträge“ für Wachsplatten, 16.555 für Schallfolien, 9.009 für Schwarzplatten und 3.978 „gemischte“ Aufträge.¹²⁷⁵ Im Sommer 1938, kurz nach der Magnetophon-Einführung, nannte die RRG als Monatsverbrauch etwa 10.000 Decelith-Schallfolien.¹²⁷⁶ 1939 lag der RRG-Jahresverbrauch bei 107.000 Schallfolien, dem standen allerdings nicht weniger als 161.200 Wachsplatten gegenüber.¹²⁷⁷ Leider sind keine Statistiken erhalten, wie sich diese Zahlen seit 1938 beziehungsweise 1942 geändert haben, als das Magnetophon viele Aufgaben von Platte und Folie übernahm.

Achtung Aufnahme – bitte schneiden!

Erstaunlich, dass eine Formalität aus den Zeiten von Schallfolien und -platten noch in heutigen Rundfunksendungen auftaucht: immer wieder ist von „Mitschnitt“ die Rede, wenn die Aufzeichnung einer Veranstaltung übertragen wird (sogenannter „Live-Mitschnitt“), und das, obwohl deutsche Rundfunkanstalten bis Ende der 1990er Jahre nur noch auf Magnetband aufzeichneten. Der Ausdruck wurde als Kommando der Reporter bekannt, die den Technikerinnen und Technikern an den Wachsplatten- oder Schallfolienmaschinen im Ü-Wagen oder Funkhaus mit den Worten „Achtung Aufnahme – bitte schneiden!“ den Beginn ihrer Berichte signalisierten. Wenn Ereignisse mit dem Mikrofon begleitet und auf Platte oder Folie aufgenommen wurden, hieß das eben „Mitschnitt“. Und so wird auch heute noch, inzwischen meist auf Festplatte oder Festkörperspeicher, „mitschnitten“, auch wenn der Begriff seine Entstehungsgeschichte schon lange überlebt hat – ganz ähnlich übrigens wie das „Drehen“ eines Spielfilms.

Bandförmige Träger in RRG-Betriebsversuchen

Stahlton-Bandmaschine (C. Lorenz AG)

Seit den frühen 1930er Jahren hat die RRG mehrere Verfahren gründlich untersucht, die mit bandförmigen Trägern arbeiteten. Da war zunächst die magnetische Aufzeichnung, vertreten durch die Stahlton-Bandmaschine (Beschreibung siehe Seite 42). Die RRG setzte das Gerät seit 1934 intensiv im Versuchsbetrieb ein, zunächst beim Reichssender Hamburg. Hier wuchteten die Techniker die 150 kg-Maschine in einen Eisenbahnwagen unmittelbar hinter der Lokomotive und machten während einer regulären Fahrt Aufzeichnungen im Führerstand ebenso wie im Abteil eines Personenwagens – das konnte bisher kein anderes Schallaufzeichnungsverfahren. Für Aufnahmen in einem 120 km/h schnellen Elektrotriebwagen der Hamburger Hochbahn wurde sogar ein Sonderzug eingesetzt, schließlich musste auch noch ein fahrendes Lastauto mit Holzvergaser erhalten.¹²⁷⁸ Anlässlich der Olympischen Sommerspiele 1936 stand der Übertragungswagen Nr. 26 („*Stahlbandwagen Ü 3001*“¹²⁷⁹) der RRG mit zwei Geräten im praktischen Einsatz.¹²⁸⁰ Bei anderen Gelegenheiten arbeitete die Stahlton-Bandmaschine an Bord von Flugzeugen und Dampfern, sogar vom Luftschiff „LZ 127 Graf Zeppelin“.¹²⁸¹

Ähnlich wie die BBC bei ihren Stahlbandmaschinen, monierte auch die RRG Störungen und Schwierigkeiten beim „*filmischen Schnitt*“ des mehrfach gehärteten, sperrigen Stahlbandes (mit einer Blechschere!) und erklärte es dafür rundweg als ungeeignet,¹²⁸² zumal auch keine „Musikqualität“ zu erwarten war – es reichte bestenfalls für Abhöraufnahmen von Orchesterproben, die, alsbald wieder gelöscht, passenderweise keine Materialkosten verursachten – die aus Schweden importierten Stahlbänder waren schließlich horrend teuer. Alles in allem konnte sich die RRG nicht für die Stahlton-Bandmaschine entscheiden: „*Das ganze Aufnahmeverfahren kam über den Versuchsscharakter nicht hinaus.*“¹²⁸³ Im Jahr 1937 blieben Beguns Maschinen noch ganze sechs „Schallwiedergabeaufträge“;¹²⁸⁴ der Stahlband-Übertragungswagen Ü 3001 wurde 1938 umgerüstet, als das Magnetophon bei der RRG einzog.¹²⁸⁵

Schallfilm (Klangfilm G.m.b.H.)

Nachdem sich der Lichtton beim Spielfilm durchgesetzt und in Deutschland die Klangfilm GmbH ausgereifte Verfahren entwickelt hatte, lag es nahe, eine „abgespeckte“ Version, den Schallfilm, auch auf seine Eignung für Rundfunkzwecke zu erproben. Agfa Wolfen gelang es im Herbst 1933, die RRG dafür zu interessieren und als Gerätekonstrukteur, wie naheliegend, die Klangfilm GmbH mit ins Spiel zu bringen.¹²⁸⁶ Seit etwa 1936 liefen Versuchsgeräte mit einem 5,83 mm breiten Film ($\frac{1}{6}$ der Kinefilmbreite 35 mm) und der Lichtton-Standardgeschwindigkeit 45,6 cm/s, benutzt wurde eine Vielzackenschrift mit nicht weniger als 14 Tonspuren. Als sich zeigte, dass die zunächst geplante Filmlänge 1.000 m – die eine Spielzeit von beachtlichen 36 min gebracht hätte – schwierig zu handhaben war und Gleichlaufprobleme verursachte, ging die RRG auf 300 m lange Filme über, beschränkte also die Laufzeit auf 11 min.¹²⁸⁷ Natürlich unterschieden sich Aufzeichnungs- und Wiedergabegerät ähnlich wie eine Lichttonkamera vom Projektor. Das System bot eine respektable technische Aufnahmequalität

(geradliniger Frequenzgang bis 5 kHz bei einer Dynamik von 41 dB). Allerdings hatte der Schallfilm Vor- und Nachteile des Bildfilms geerbt: zwar erlaubte er freizügige Schnitte und Montagen, war aber auf die zeitraubende fotochemische Entwicklung angewiesen, bot also keinen Zeitvorteil gegenüber der Herstellung einer sendefähigen Schwarzplatte, zudem war benutztes Material verloren. So summierten sich die Betriebskosten auf RM 3.- pro Minute. Schließlich ließ die RRG 1938 das Projekt kurz nach der Betriebseinführung des Magnetophons fallen, auch, weil die Schallfilmgeräte immer noch keine akzeptablen Gleichlaufwerte erreichten.¹²⁸⁸



Abbildung 200: Das Schallfilmgerät der Klangfilm GmbH, bei der RRG zwischen etwa 1937 und 1938 erprobt.

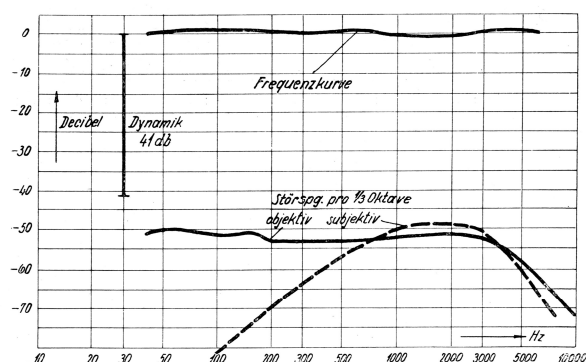


Abb. 10. Schallfilmverfahren

Aufnahmемaterial: Agfa TF4; Filmbreite: 5,83 mm; Spaltbreite: 0,008 mm; Filmgeschwindigkeit: 45,6 cm/sec; Aufzeichnungsverfahren: Vielzackenschrift m. 14 Tonspuren; Breite der Filmspur: 2,4 mm; Wiedergabedauer einer Spule: 11 Minuten

Abbildung 201: Eigenschaften und Leistungsdaten des Schallfilmgeräts. Bemerkenswert der glatte Verlauf des Frequenzgangs

Philips-Miller-System (Philips)

Deutlich bessere Chancen bei der RRG hatte zunächst ein weiterer Abkömmling des Lichttonfilms, freilich in einer durchaus eigenständigen Variante. Der Amerikaner James Arthur Miller hatte für die Spielfilm-Tonaufzeichnung im Herbst 1931 mit seinem Patent US 1,919,116, „*Sound Record and Method of an Apparatus for Making it*“, eine Mischform aus mechanischer Aufzeichnung und optischer Abtastung vorgeschlagen. Es hat sich allerdings gegenüber den etablierten Systemen nicht durchgesetzt, obwohl anzunehmen wäre, dass dieses reine, wenn auch aufwendige Tonaufzeichnungsverfahren qualitativ im Filmstudio einen beachtlichen Vorsprung vor dem fotochemisch arbeitenden Lichtton gehabt hätte.

Millers Vorschlag griff die niederländische Firma Philips 1932 / 1933¹²⁸⁹ auf und entwickelte ihn bis 1935 erfolgreich zur Anwendungsreife weiter – das Philips-Miller-Gerät war, was die Aufzeichnungsqualität betrifft, angesichts seiner Dynamik von rund 50 dB schon damals der annähernd gleichwertige Konkurrent des späteren HF-Magnetophons. Das Verfahren an sich ist leicht verständlich: auf eine durchsichtige, 125 µm dicke Nitrofilmunterlage ist zunächst eine relativ weiche, 60 µm starke Gelatineschicht, auf dieser eine nur 3 µm dünne, lichtundurchlässige Schicht aus schwarzem Quecksilbersulfid aufgetragen.¹²⁹⁰ Ein auf- und abgehender Stichel, gesteuert vom aufzunehmenden Schallereignis, schnitt aus der Deckschicht eine „Lichttonspur“ heraus (entsprechend der Doppelzackenschrift beim Lichtton), die von einem optischen System, vergleichbar dem in Lichtton-Filmprojektoren, abgetastet wurde. Als obere Grenzfrequenz wurden 8.000 Hz genannt.

Der ungewöhnlich flache Keilwinkel des Stichels, 174°, hatte zur Folge, dass ein Hub von 50 µm ausreichte, um eine (max.) 2 mm breite Spur auszuhebeln, und diese „mechanische, trägheitslose Vergrößerung“ galt als Kernpunkt des ganzen Verfahrens. Der augenfälligste Vorteil gegenüber dem fotochemischen Film ist allerdings, dass das lichtunempfindliche „PhilMil“-Band nicht eigens entwickelt werden muss, sondern sofort nach der Aufnahme wiedergabefähig ist. In der Tat hatten alle Philips-Miller-Geräte „Hinterband-Kontrolle“ (mit einer Verzögerung von etwa 200 ms), ein Betriebsvorteil, der sich nur beim Stahl- und Magnettonband wiederfindet.¹²⁹¹

Das PhilMil-Band lief mit 32 cm/s, war zunächst 17,5 mm breit (also halb so breit wie Kinefilm) und einseitig perforiert; schließlich kam man mit 7 mm Breite aus und verzichtete auf die Perforation, die Gleichlaufschwankungen verursacht hatte.¹²⁹² Eine 300 m-Rolle reichte nur für 15 min Spielzeit, weshalb stets zwei Laufwerke nebeneinander arbeiteten. Natürlich konnten PhilMil-Bänder geschnitten und montiert werden, doch das war bemerkenswert aufwendig, weil die Schnittstelle von Hand nachgeschwärzt werden musste. Besspielltes Material – unnötig, das zu erklären – war nicht wiederzuverwenden, der hohe Preis des Bandes machte den PhilMil-Betrieb ohnehin außerordentlich kostspielig.

In der Tonfilmproduktion konnte sich das Philips-Miller-Gerät paradoxerweise nicht durchsetzen. Die diamantgeschnittenen Konturen der Tonspur waren derart „scharfkantig“, dass es beim Kopieren auf das (optisch/ fotochemisch) immer etwas „körnige“ Normalfilmmaterial zu Störungen kam. Der Effekt kann hier nicht im Einzelnen erklärt werden, letztlich verhinderte offenbar gerade seine hohe optische Qualität den meistversprechenden breiten kommerziellen Erfolg des Philips-Miller-Systems.¹²⁹³

Dass sich PhilMil letztlich nicht gegen das Magnetband behaupten konnte, lag schließlich auch an der notwendigen Präzision der mechanischen Komponenten. So musste die Film-Transport- und Stützrolle unter dem Schneidstichel mit geringsten Toleranzen rund laufen, hätte sich doch jede Unrundheit der Schnitttiefe und damit der Rillenbreite überlagert. Die Schneidstichel-Geometrie beherrschten nur spezialisierte Diamantschleifer. Im Schreib-Betrieb traten Zugkräfte von „im Mittel 1 kg“ auf,¹²⁹⁴ was einen kräftigen, also schweren Antriebsmotor bedingte. Zudem war die Gesamtanlage ziemlich umfangreich und erwies sich im Betrieb als empfindlich, notwendig war auch absolut erschütterungsfreie Aufstellung.¹²⁹⁵ – Es hat sogar eine für Stereoaufnahmen geeignete Zweispur-Philips-Miller-Maschine gegeben, die eine niederländische Radiogesellschaft 1946 für einen Stereo-Sendeversuch – je ein Kanal über einen Mittelwellensender – benutzte.¹²⁹⁶

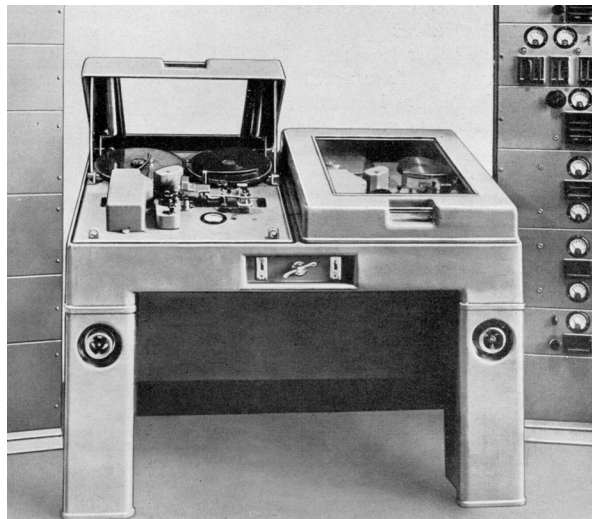


Abbildung 202 (LINKS): Die Philips-Miller-Maschine als Doppellaufwerk. Am Bildrand sind rechts und links Gestelle für die Speisungs- und Verstärkereinheiten zu erkennen.

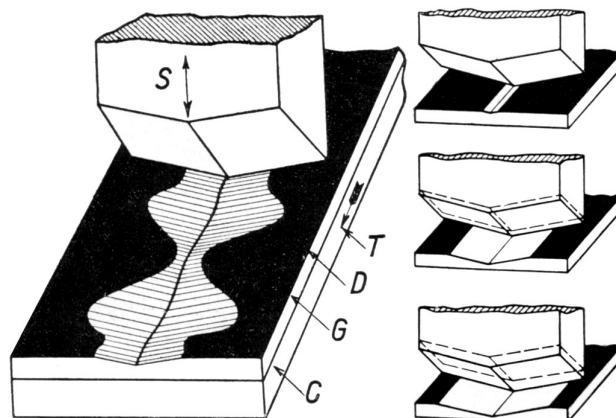


Abbildung 203 (RECHTS): Das Philips-Miller-Arbeitsprinzip: der Stichel S bewegt sich analog zu den Schallschwingungen senkrecht zur Filmebene auf und ab. Wegen des Keilwinkels von 174° genügt ein Hub von nur 50 µm, um von Ruhespurbreite (rechts oben) auf Maximalspurbreite 2 mm zu kommen. C Trägerfilm, G Gelatineschicht, D Deckschicht, T Laufrichtung.

Die RRG muss sehr früh über das Philips-Miller-Verfahren informiert gewesen sein, wie ein im November 1932 zum Patent angemeldeter Vorschlag zeigt. Anstelle einer einzigen Tonspur schlagen von Braunmühl und Weber nämlich als Analogie zur Lichtton-Vielzackenschrift den Schnitt mit Mehrfachstichel vor, womit vor allem die obere Grenzfrequenz weiter hinausgeschoben werden könne.¹²⁹⁷ Im April 1935, also schon vor der offiziellen Vorstellung 1936, stand ein Philips-Miller-Gerät im RRG-Labor,¹²⁹⁸ doch haben sich die Berliner Techniker nie richtig mit ihm anfreunden können, jedenfalls wurde es schon im Sommer 1938 nicht (mehr?) benutzt.¹²⁹⁹ Als das HF-Magnetophon optimiert war, machte die RRG unter bestens kontrollierten Bedingungen Vergleichsaufnahmen, die das Philips-Miller-Gerät auf den zweiten Platz verwiesen.¹³⁰⁰ Während des Zweiten Weltkriegs soll es noch bei der „Interradio AG“ in Prag für Musikproduktionen eingesetzt worden sein.¹³⁰¹

Ganz anders die BBC London: nachdem 1936 eine erste Maschine geliefert worden war, beschaffte sich die Gesellschaft bei Kriegsbeginn 1939 wenigstens drei weitere Anlagen. 1945 war der Bestand an Philips-Miller-Produktionen bis auf etwa 10.000 Stück angewachsen. Um Kosten zu sparen, hatte Philips eine halbspurige Version nachgeschoben und, für weniger anspruchsvolle Aufnahmen, als zweite Bandgeschwindigkeit 20 cm/s eingeführt. Bei der BBC dominierte allerdings die vergleichsweise preiswerte Plattenschneidetechnik. Nach dem Zweiten Weltkrieg lösten auch hier Magnetophone die Philips-Miller-Geräte ab, die letzten wurden 1952 / 1953 ausgemustert.¹³⁰²

Der Tatsache, dass auch die Rundfunkanstalt Nederlandse Radio Unie Philips-Miller-Maschinen benutzte, verdankt die Musikwelt die Aufnahme einer denkwürdigen Darbietung der Bach'schen Matthäus-Passion, die Willem Mengelberg am Palmsonntag, 2. April 1939, im Concertgebouw Amsterdam dirigierte. 1953 wurden die lang verschollenen 8.000 m PhilMil-Filme zunächst auf Magnetband und schließlich auf Schallplatten überspielt. Die Aufnahme ist heute noch auf CD erhältlich.¹³⁰³

Die PhilMil-Filme lieferte bis zum deutschen Einmarsch 1940 in Belgien überwiegend die Firma Gevaert aus Mortsel bei Antwerpen. I.G. Farben Werk Wolfen befasste sich kurz mit einem ähnlichen Spezialfilm, hat aber, wahrscheinlich wegen starken Patentschutzes, kein verkaufsfähiges Produkt entwickelt.

Selenophon

Zu den zahlreichen, eher kurzlebigen Tonaufzeichnungsverfahren gehört das in Österreich seit den 1920er Jahren entwickelte Selenophon aus Gruppe der Lichtton-Systeme. Für die Ton-Aufnahmen verwendete es fotografischen 35-mm-Kinefilm, auf den mehrere Tonspuren nach- und nebeneinander aufgezeichnet wurden (das heißt, nach jedem Durchlauf wechselte der Film automatisch die Laufrichtung). Nach dem Entwickeln und dem

Auftrennen in Einzelspuren wurde die Tonschrift auf 6 mm breite Papierbänder gedruckt, die in einem speziellen Wiedergabegerät episkopisch (in Aufsicht), also durch Umsetzung der Druckspur in elektrische Signale, abgespielt wurden.¹³⁰⁴ Die Selenophon-Qualität entsprach der einer Schellackplatte, als Vorteil bot das System eine mit etwa 20 Minuten relativ lange ununterbrochene Spielzeit. Dem standen die typischen Einschränkungen der Lichtton-Systeme gegenüber: keine unmittelbare Kontrolle der Aufzeichnung, grundsätzliche Unterschiede zwischen Aufnahme- und Wiedergabeapparatur, schließlich war fehlbenutztes Material nicht wiederzuverwenden. Alles in allem hatte das Selenophon zwar gegenüber dem Magnetophon auf dem Stand von 1937 / 1938 durchaus Vorteile, wäre aber gegenüber seiner Weiterentwicklung zum HF-Magnetophon chancenlos gewesen.

Musikhistorisch hat das Selenophon davon profitiert, dass Arturo Toscanini, als Dirigent als ebenbürtig mit Wilhem Furtwängler (Seite 198) betrachtet, von ihm dirigierte Opernaufführungen bei den Salzburger Festspielen 1937 ausdrücklich auf Selenophon-Band aufzeichnen ließ.¹³⁰⁵ Die Rekonstruktion der Originale erwies sich zwar als schwierig, war wegen der (relativ) beachtlichen Tontreue aber gerechtfertigt.

Als Entwicklung des österreichischen Rundfunks (RAVAG) war das Selenophon zunächst eine Art nationale Spezialität, die sich allerdings auch im internationalen Einsatz (etwa in Frankreich, der Schweiz und den USA) bewährt hat. Mit der Eingliederung Österreichs in das „Deutsche Reich“ 1938 endeten Entwicklung wie Einsatz, da die RAVAG alsbald in der RRG aufging und das Selenophon aus eher undurchsichtigen Gründen nicht mehr opportun erschien – „*seinerzeit [seien] für die Einführung nur persönliche Momente ausschlaggebend gewesen*“,¹³⁰⁶ eine verdeckte Anspielung auf den maßgeblichen Förderer des Selenophons, den RAVAG-Generaldirektor Oskar Czeija, der den neuen Machthabern nicht mehr tragbar erschien.¹³⁰⁷

Im Folgenden werden die Verfahren geschildert, die die RRG gründlicher erprobte. Weniger aussichtsreiche Entwicklungen, wie das Tefiphon, scheinen nicht näher untersucht worden zu sein, anders das verbesserte Textophon (Seite 34), das allerdings nicht für den Rundfunkbetrieb gedacht war.

Magnetophon-Erprobung und -Ersteinsätze im RRG-Betrieb

Plattenförmige Aufzeichnungsträgersysteme – Wachsplatten und Schallfolien, dazu als reines Wiedergabe-Medium die „gewöhnlichen“ Schwarzplatten – konnte die RRG gewissermaßen von der Stange kaufen; alle hatten den Nachteil der beschränkten Spieldauer von rund vier Minuten. Systeme mit bandförmigen Trägern und damit potenziell deutlich längerer Spielzeit und Montagemöglichkeit ließ die RRG, wie beschrieben, teils selbst entwickeln oder sie verfolgte ihre Entwicklung mit aktivem Interesse, wie beim Philips-Miller-Verfahren, der Lorenz-Stahlton-Bandmaschine und eben auch beim Magnetophon der AEG.

Magnetophon-Versuche bei der RRG vor 1938

Das Magnetophon K 1, „Schlager“ der Funkausstellung 1935, hatte Vertreter der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft an den AEG-Stand gezogen, auch den Präsidenten der (bald einflusslosen) Reichsrundfunkkammer, Horst Dreßler-André. Sehr von sich eingenommen, versicherte er der AEG, er stelle „*schon heute seine Dispositionen auf das Magnetophon ein. Die ihm nachgeordneten Stellen sind angewiesen, zusammen mit der AEG alle notwendigen Versuche zur Einführung des Magnetophons in den Sendebetrieb vorzunehmen.*“¹³⁰⁸ Bis das „Magnetophon“ (so die RRG-Schreibweise) tatsächlich seinen Dienst im Tagesbetrieb des Funkhauses Masurenallee antrat, sollten allerdings noch drei Jahre vergehen; kompetente Ingenieure der RRG waren erkennbar anderer Meinung als Dreßler-André, der zudem im April 1937 alle seine Ämter in der politischen Rundfunkführung verlor.¹³⁰⁹

Natürlich gehörte die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft zu den großen Wunsch-Kunden der AEG, gab sie doch jeden Tag etwa RM 10.000 bis 15.000 für Schallaufzeichnungs-Material aus,¹³¹⁰ und von diesem Kuchen sollte das Magnetophon ein möglichst großes Stück abbekommen. Und so strengte sich AEG an, einige Mustergeräte in die Masurenallee zu transportieren, wozu Hermann Bücher persönlich beitrug, sollten doch die Chancen des Magnetophons „*nicht etwa nur auf dem persönlichen guten Einvernehmen zwischen Herrn Hadamowsky [Eugen H., Direktor der Reichsrundfunkgesellschaft] und Herrn Geheimrat Bücher, sondern auf einer vorausgegangenen technischen Beurteilung des Apparates*“ beruhen.¹³¹¹ Ganz umfassend scheint man bei I.G. Farben hier nicht informiert gewesen zu sein, denn als Wolfener Wissenschaftler Mitte Dezember 1935 und Ende Januar 1936 nach dem neuen Gerät fragten, erfuhren die Ludwigshafener erstens, dass die RRG das schon seit längerer Zeit zugesagte Magnetophon Anfang Februar erwarte¹³¹² (und zweitens, dass Theo Volk die AEG verlassen habe – Seite 71). Erst im Juli 1936 fand Friedrich Matthias ein Magnetophon in den RRG-Labors,¹³¹³ nur wie um zu bestätigen, dass es zwar diktierbar, aber eben noch nicht rundfunkreif war.

Das „Käse“-Magnetongerät

Die RRG scheint bald sowohl ein ortsfestes Gerät für das Studio wie auch ein leichtes, vom Stromnetz unabhängiges Reportage-Gerät gewünscht zu haben. Es war – nach Schüllers Kommentar – nur ein „*Versuchsgerät (nur 1 Stück im Labor), ohne Interesse, einmaliger Versuch*“.¹³¹⁴ AEG lieferte daraufhin 1936, gewissermaßen als Handskizze zum Tonschreiber c, ein federwerkgetriebenes Magnetbandgerät für Außenaufnahmen,¹³¹⁵ das einige Probe-Einsätze absolvierte. Sein Entwickler, Hans Schießler, berichtet darüber:

Als Kompromißlösung kam ein Gerät heraus, das nach meiner Erinnerung mit 38 cm/s lief, jedenfalls hatte es 700 m-Spulen. Mit einer Handkurbel wurde ein Federwerk aufgezogen, das die Tonrolle drehte, und mit einer zweiten Handkurbel, die auf die Rückspulachse wirkte, konnte das Band nach der Aufnahme von Hand zurückgekurbelt werden.

Anoden- und eine Heizbatterie saßen im Gerät. Damit machte man die ersten Reportageaufnahmen. Die allererste war wohl die mit Käse's Rundfahrt durch die Friedrichstraße, wo wir Entwickler zu Hause besorgt vor dem Radioapparat saßen und beteten, das Band möge doch ja nicht reißen (weil es damals immer riß).¹³¹⁶

Schießers späte Erinnerung ist leider das einzige Zeitzeugnis zu diesem Gerät. Abbildung 204 zeigt es von vorn (!); das Band läuft zwar von links nach rechts, die (oder der?) Magnetköpfe sind jedoch an der abgewandten Längsseite montiert. Durchaus ungewöhnlich ist der Bandantrieb, er wird realisiert mittels der optisch beherrschenden Scheibe von 16,5 cm Durchmesser als Tonrolle und der weiter hinten sichtbaren Gummiandruckrolle. Den Antrieb der Tonrolle lieferte der erste, mit einer Handkurbel aufzuziehende Federwerksmotor (linke oder mittlere Lochmanschette in der Vorderfront). Die Stroboskopteilung (49 Marken) weist auf nicht mehr als 1 Umdrehung pro Sekunde hin (was angesichts der seinerzeit üblichen Federwerks-Plattenspieler, die bekanntlich mit 78 U/min drehten, plausibel erscheint - Federwerksmotore verursachen weder elektrische noch magnetische Störungen, vorteilhaft angesichts des gedrängten Aufbaus). Die Bandgeschwindigkeit läge damit im Bereich von 50 cm/s. Ein zweiter Federwerksmotor treibt die Aufwickelspule an. Die dritte Lochmanschette (rechts) nimmt die Kurbel auf, wenn das Band zurückgespult werden muss. Das Verhältnis von Wickelkern- zu Wickelteller-Durchmesser lässt auf eine Bandlänge von etwa 500 m und damit eine Spielzeit von 16 min schließen. – Als kaum befriedigendes Unikat ist das „Käse“-Gerät im Braunbuch nicht erwähnt.¹³¹⁷

Abbildung 204: Das erste federwerksgetriebene Magnetophon, von der AEG speziell für Rundfunk-Reportagen gebaut und zu Berichten von den Stadtrundfahrten des Berliner Unternehmens Käse eingesetzt.

Der Bandlauf führt von links nach rechts. Die drei ovalen Gebilde an der Vorderfront sind Kurbelloch-Verkleidungen, links war die Handkurbel zum Rückspulen des Bandes einzuführen, in der Mitte die zum Aufziehen des Laufwerks-Federwerksantriebs, rechts die für das Vorlauf-Federwerk.¹³¹⁸ © Roland Schellin



Verbesserte Muster-Magnetongeräte für die RRG

Ein weiteres „Spezialgerät“ dürfte Mitte September 1936 geliefert worden sein,¹³¹⁹ gegen Ende März 1937 attestierte von Braunmühl ihm aber keine besondere Qualität, Wolfener Besucher verglichen sie mit durchschnittlichen Tonfilmaufnahmen, ein nicht unbedingt überzeugendes Kompliment.¹³²⁰ Schließlich entwickelte AEG im Spätsommer 1937 ein weiteres Sondergerät, das im Oktober „in einigen Mustern in Betrieb genommen wurde“, außerdem „sei ein leichtes Reportagegerät mit Einmotorantrieb und Batteriespeisung im Bau“, ein Hinweis auf das Magnetophon K 6 oder, mit seiner RRG-Bezeichnung, R 23.¹³²¹ Diese Mustergeräte dürften die Technik der RRG endlich so weit überzeugt haben, dass sie Mitte Dezember 1937 „ganz positiv zum Magnetophon eingestellt ... und eine weitgehende Einführung beabsichtigt“ war;¹³²² die RRG-Erstbestellung umfasste nicht weniger als „20 große Qualitäts-Apparate und 20 Reportage-Geräte“¹³²³ im Auftragswert von schätzungsweise RM 80.000.

Für den Abend des 17. Januar 1938 hatte der Reichsintendant und Generaldirektor der Reichs-Rundfunkgesellschaft, Heinrich Glasmeier, führende Persönlichkeiten aus „Partei, Staat, Kultur, Wissenschaft, Wirtschaft und Presse“¹³²⁴ in den Großen Sendesaal des Funkhauses in der Masurenallee eingeladen. Den substantiellen Kern der Veranstaltung machte ein Referat von Braunmühls mit dem (mutmaßlichen) Titel „Die Schallaufzeichnungsverfahren des Deutschen Rundfunks“ aus.¹³²⁵ Fraglos zur großen Genugtuung von AEG und I.G. Farben nannte er das Magnetophon „das jüngste Kind der R.R.G. mit den größten Zukunftsaussichten“ und gab gleichzeitig bekannt, dass dessen Einführung jetzt beschlossene Sache sei.¹³²⁶ Was den pompösen Rahmen rechtfertigte oder voraussetzte – wahrscheinlich sollte die Bedeutung des Rundfunks im NS-Staat herausgestrichen werden –, ist nicht mehr festzustellen, wohl aber das Presseecho dieser Veranstaltung.

In drei Fachartikeln,¹³²⁷ unverkennbar auf die Januar-Veranstaltung zurückgehend und mit Bildmaterial der RRG illustriert, wird als Magnetophon eines der Mustergeräte gezeigt, die seit dem Späthjahr 1937 in RRG-Labors standen. Dieser vermutliche Prototyp steht halb und halb zwischen einem überarbeiteten K 2 (Abbildung 100, Seite 99) oder K 3 und dem Magnetophon K 4, zeigt jedenfalls einige seiner Merkmale; die RRG führte ihn unter der Sammelbezeichnung CR 11, reserviert für (Magnetton-)Versuchsgeräte. Dass von Braunmühl sein umfassendes Referat „Der heutige Stand der Schallaufnahmetechnik und ihre Anwendung beim deutschen Rundfunk“, erschie-

nen in der September-Ausgabe der „Akustischen Zeitschrift“,¹³²⁸ immer noch mit CR 11 illustriert (Manuskript-eingang Juni 1938), kann eigentlich nur heißen, dass bis dahin noch kein R 22 in der endgültigen Ausführung vorhanden war. Allenfalls der Zusatz „derzeitige Form“ lässt vermuten, dass weitere Arbeiten im Gang waren.

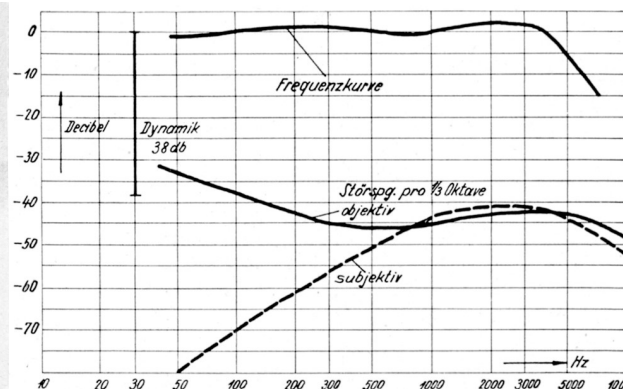


Abb. 12. Magnetophonverfahren

Aufnahmемaterial: Sicherheitsfilm m. einer Spezialeisenschicht;
Filmbreite: 6,5 mm; Filmdicke: 0,08 mm; Filmgeschwindigkeit:
ca. 77 cm/sec Wiedergabedauer einer Spule: 20 Minuten

Abbildung 205 (LINKS): Ein Magnetophon-Gerät der AEG, das noch Merkmale der Modelle K 2 beziehungsweise K 3 aufweist, Ende 1937 als Muster für die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft gebaut. Dass es sich hier um einen weiteren Entwicklung bedürftigen Prototyp des Magnetophon K 4 handelt, zeigen die „altmodische“ Form der Kopfräger-Abdeckung ebenso wie ein kleines Schild oben zwischen den Wickeltellern mit den Buchstaben „CR 11“; mit diesem Kürzel bezeichnete die RRG Versuchs-Tonaufnahmemaschinen für Stahl- und Magnetband.¹³²⁹ Das Lineal (vor der Geräte-Vorderkante) war 50 cm lang. (RECHTS): Leistungsdaten dieses CR 11, Stand 1938

CR 11 (von 1938) muss bereits Qualitäten der kommenden Gerätegeneration besessen haben, denn die genannten Aufsätze betonen seine Hinterband-Kontrollmöglichkeit, was die „ortsfeste“ Anordnung der Magnetköpfe und die „schwingende“ Entmagnetisierung von Lösch- und Aufnahmekopf voraussetzt. Ein Kontrollinstrument zwischen den Bandtellern und drei Klemmenpaare am rückwärtigen Teil der Laufwerksplatte deuten ebenfalls darauf hin, dass hier schon Schaltungen angewandt sind, die sich wenig später im Magnetophon K 4 wiederfinden. Abgesehen von Bildern und Beschreibungen aus RRG-Quellen ist vom CR 11 nichts Weiteres bekannt,¹³³⁰ nicht einmal, ob die Ankündigung eines (bezeichnenderweise namenlosen) neuen Koffer-Magnetophons in den „AEG-Mitteilungen“ vom März 1938 dem RRG-Mustertyp gilt.¹³³¹ Auch der Technik-Jahresbericht der RRG für 1938 gibt nur allgemeine Auskünfte:

Die Magnetofonaufnahmegeräte wurden unseren Anforderungen entsprechend gemeinsam mit der Herstellerfirma A.E.G. verbessert. Geeignete Meßmethoden sind festgelegt worden. Für den Einsatz im Betrieb wurden besonders die Fragen des Einbaus, der Markierungsmethoden, der Schnittmöglichkeit und der Klebverfahren bearbeitet.¹³³²

Im Lauf des Jahres 1938 war das Magnetophon für ganze zwei Übertragungen „erprobt“ und dafür „der Stahlbandwagen Ü 3001 ... versuchsweise mit einer fest eingebauten Magnetofoneinrichtung versehen“ worden.¹³³³ Schließlich nahmen „Ende des Jahres 1938“¹³³⁴ die ersten Magnetophone der RRG wohl eine Art Pilotbetrieb in der Berliner Zentrale auf. Das Foto des Magnetofons R 22 No. 3 (Abbildung 206, Seite 186) konnte bisher nicht datiert werden; erste Bilder des definitiven Magnetophons K 4, Rundfunkbezeichnung R 24, erscheinen nicht vor Frühjahr 1939.

Bei den Reichssendern dürfte es bis zur Magnetophon-Einführung einige Monate länger gedauert haben, denn im Regelfall soll die RRG ein neues Gerät erst in den Betrieb eingeführt haben, wenn die maßgebliche Braunschweig-Beschreibung vorlag. Die Ausgaben für das Laufwerk R 22, den Magnetophonverstärker V 7, den Sprechkopfsatz R 7 und die Einbautruhe R 63 stammen alle vom 1. Mai 1939. Was geschah also in den rund anderthalb Jahren zwischen forscher Ankündigung und unauffälliger Betriebseinführung? Die Antwort gibt Walter Weber 1944, nachdem er das hier Beschriebene zusammengefasst hat:

Das Magnetophonverfahren hatte jetzt [1938 / 1939] etwa die Qualität der Schallfolie erreicht.

Die Beurteilung neuer Verfahren mußte aber bereits nach strengerem Maßstäben erfolgen. Durch die Einführung neuer Mikrofone, durch die akustische Ausstattung der Sendesäle nach fortschrittlichen Gesichtspunkten und nicht zuletzt durch die im Durchschnitt wesentlich verbesserte Wiedergabequalität der Empfänger war eine bedeutend verbesserte Übertragungsqualität im Rundfunk erreicht. Die Sendetechnik durfte daher kein Zwischenglied einschalten, welches die aufgezählten Fortschritte wieder zunichte machte. Schon bei der zweifellos sehr hochstehenden Güte der Wiedergabe von Wachs wurden bei seinem Einsatz für hochwertige Zwecke kritische Stimmen laut. Die betrieblichen Vorteile des Magnetophonverfahrens wurden allgemein anerkannt, man schätzte die leichte Handhabung, die Erschütterungsunempfindlichkeit bei beweglichem Einsatz, den leichten und bequemen Schallträger und schließlich die einfache Schneid- und Klebmöglichkeit des Schallmediums. Doch von seiten der Programmgestalter konnte eine besondere Beliebtheit des Verfahrens nicht beobachtet werden, der Einsatz für Sendezwecke war damit entsprechend gering. Das hohe Grundgeräusch des Magnetophonverfahrens machte eben alle anderen Vorteile illusorisch.

Das traf uneingeschränkt nur auf die Musikaufnahme und Hörspiel zu, denn trotz ihrer bemängelten Qualität führte die Gerätezusammenstellung aus „Magnetophon-Laufwerk R 22“ und „Magnetophonverstärker V 7“ keineswegs ein Aschenputtel-Dasein:

Stärkeren Zuspruch im Sendebetrieb fand schon die Ende 1938 im deutschen Rundfunk eingeführte erste Ausführung des Magnetofons. [...] Die höhere technische Qualität der Wiedergabe und die einfache Schneid- und Klebemöglichkeit des Filmmaterials bieten gegenüber dem Stahlband bemerkenswerte Vorteile. 1939 und 1940 wurden die stationären Magnetophone im Programmdienst in 11.000 Fällen benutzt; es wurde 3.000 Stunden lang aufgenommen und 5.000 Stunden lang wiedergegeben. In diesen Stunden sind die Aufnahmen der Propaganda-Kompanien nicht enthalten. Im beweglichen Einsatz haben sich tragbare, erschütterungsunempfindliche Magnetophone, die mit Batterien betrieben werden, sehr bewährt.¹³³⁵

Wenig verwunderlich, dass Weber eine solche Einschränkung durchaus ärgerlich fand:

Im Laboratorium war man sich der Tatsache bewußt, welche Vorteile es dem Betriebe bringen würde, wenn es gelänge, den Rauschpegel des Magnetofons auf ein erträgliches Maß zu senken. Man stellte Überlegungen an, das aus dem Tonfilm bekannte Reinton- (Noiseless-) Verfahren, welches dazu dient, das Störgeräusch an den leisen Stellen abzusenken, auf das Magnetophonverfahren zu übertragen. In mühevoller Kleinarbeit wurden die Ursachen des Störgeräusches aufgedeckt, um gegebenenfalls daraus Möglichkeiten zu seiner Beseitigung abzuleiten. Man versuchte, den jungfräulichen Film unter Umgehung des Vormagnetisierungsstromes vom magnetischen Nullpunkt aus zu modulieren. Denn erst der Vormagnetisierungsstrom brachte durch die Verlagerung auf den gradlinigen Teil der Kennlinie das Störgeräusch in Erscheinung. Jeder, der um die Eigenart der magnetischen Kennlinie weiß, kann sich ein Bild machen, zu welchen Verzerrungen die gekrümmten Kurven ohne besondere Hilfsmittel führen.¹³³⁶

Kurz gesagt: die RRG insgesamt stand unter andauerndem Qualitätsdruck, also sollte die Technik endlich das „ideale Aufzeichnungsverfahren“ zuliefern. Dies erklärt, warum sich in der fraglichen Zeit zwischen 1938 und Mai 1939 die Anläufe mehren, die Magnetophon-Qualität zu verbessern. Ob sie, wie sich Weber erinnert, eben der Schallfolie entsprach oder doch eher der Schallplatte,¹³³⁷ machte nur einen graduellen Unterschied aus, wenn Kritik sogar an der Wachsplatte laut wurde. Nachdrückliche Aufforderungen gingen an die I.G. Farben, die daraufhin das verbesserte Fe₂O₃-Magnetophonband entwickelte (Seite 120). AEG und RRG versuchten sich ebenfalls an neuen Verfahren, die teils nur interessante Nebenprodukte abwarfen (wie der zum Stereo-Magnetkopf mutierte Gegentaktkopf Eduard Schüllers), schließlich aber doch den veritablen Hauptgewinn brachten: die Hochfrequenz-Löschung und -Vormagnetisierung. Das Haus des Rundfunks in der Berliner Masurenallee wuchs in dieser Zeit gewissermaßen zum dritten Entwicklungszentrum des Magnettons heran. Was hier versucht wurde und gelang, ist auf Seite 189 geschildert.

Ein weiterer Grund für die auffallend lange Zeit zwischen Magnetophon-Bestellung und -Einsatz bei der RRG könnte gewesen sein, dass diese Geräte und ihre Peripherie erst einmal in die RRG-übliche Betriebsweise eingebunden werden mussten – das heißt, sie waren der hier verbindlichen, aus dem Postbereich übernommenen „Denkschule“ anzupassen. Danach setzte sich beispielsweise ein Rundfunkstudio keineswegs aus einer individuellen Anhäufung von Mikrofonen, Reglern, Verstärkern, Aussteuerungsmessern, Lautsprechern ... zusammen, sondern es war nahezu für jede Funktion ein eigener, standardisierter „Baustein“ vorhanden. Als ihr Katalog fungierte das „Braunbuch“ mit der verbindlichen Angabe von „elektrischen“ (Art und Lage des elektrischen Aufbaus und der Anschlüsse) und praktischen Daten, wie Gehäuseform und -größe. In der Praxis führte das zur „Gestellbauweise“, wie sie bis in die 1950er Jahre die Technikräume der Rundfunkstudios prägte (Abbildung 208). So wurde auch das Braunbuch – im Rundfunkbereich dürfte der Name schon lange vor 1933 in Gebrauch gewesen sein – nach dem Zweiten Weltkrieg in der Bundesrepublik wiederum als *Braunbuch*, sein DDR-Pendant „Handbuch der Studioteknik“ als *Blaubuch* weitergeführt.¹³³⁸

Das Braunbuch fungierte demnach als Sammelwerk für die Beschreibungen aller bei den deutschen Rundfunkanstalten benutzten Geräte. Sie waren hier „nach Buchstaben in Gruppen unterteilt, die meist den Anfangsbuchstaben der Gerätearten (z.B.: M = Mikrofone, E = Empfänger, V = Verstärker, usw.) entsprechen. Die diesen Buchstaben folgende Ziffer unterscheidet innerhalb einer Gruppe die einzelnen Geräteserien.“¹³³⁹ Es dürfte also ein Zufall ohne Bezug zum englischen „record“ sein, dass die Schallaufzeichnungsgeräte den Gruppenbuchstaben „R“ erhielten. So finden sich in dieser Gruppe unter anderem der Wachsschreiber R 11, die Schallfolienschreiber R 12a und R 12b, die Wachsplatten-Aufnahmemaschine R 20 (alle vier von Georg Neumann), R 33, ein Schallplattenabspielgerät mit Saja-Motor und so erstaunliche Möbelstücke wie R 58, ein Kühl-Wärmeschrank für Wachsplatten. Dazwischen fanden auch die „Magnetophon-Laufwerke“ R 22, R 23 und R 24 ihren Platz.

Die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft begann in den 1930er Jahren mit der Festlegung von definierten Eingangs- und Ausgangspegeln (Spannungen) für alle in den Studios verwendeten Geräte, wie es heute noch, freilich wesentlich detaillierter, üblich ist. Die genaue Typisierung und die Definition der „Schnittstellen“ für die Übergabe elektrische Signale von einem „Baustein“ zum andern brachte eine ganze Reihe von Vorteilen, die allerdings einen finanziellen Aufwand bedingten, den sich eben nur Organisationen wie die Reichspost oder die von ihr technisch beeinflusste RRG leisten konnten. Da die „Trennstellen“ definiert sind, können ohne komplizierte Anpassungen verschiedene Mikrofone, Plattenspieler, Magnetophone oder was auch sonst vorgesehen ist, an die jeweiligen Geräte-Ein- und -Ausgänge angeschlossen werden. Jedes dieser Geräte muss nur so ausgelegt sein, dass seine Daten zu der definierten Trennstelle passen.

Zudem erlaubte die Standardisierung, größere Serien der jeweiligen Geräte in Auftrag zu geben und zu fertigen, und zwar in möglichst betriebssicherer und langlebiger Bauweise. Damit wurde die Anlagenplanung übersichtlicher; das galt sowohl für das Pegeldiagramm (die Spannungs- und Verstärkungsverhältnisse zwischen den Bausteinen) als auch den mechanischen Aufbau einer Anlage. In einer größeren Anlage erlaubte die Baustein-Bauweise, Fehlfunktionen gezielt einzukreisen und mittels Austausch einer defekten Einheit (deren indivi-

dueller Fehler danach von Spezialisten gesucht und repariert wurde) schneller und mit kürzester Betriebsunterbrechung zu beheben. Und schließlich konnten veraltete Ausführungen relativ leicht gegen verbesserte ausgetauscht werden. Dieses Prinzip wurde seit 1950 wesentlich konsequenter eingehalten als damals begonnen. Dazu kam, dass in den 1930er Jahren international anerkannte Mess- und Bewertungsverfahren, etwa für Verzerrungen, Rauschen und Dynamik, in Kraft traten, so dass die Messwerte seither auch besser mit der subjektiven Beurteilung übereinstimmen. Ganz besonders wichtig war in diesem Zusammenhang, dass Verstärkungen und Dämpfungen (gewollte Abschwächungen oder ungewollte Verluste) nicht mehr als lineares Maß, sondern in logarithmischen Einheiten angegeben wurden. Dafür waren zwei Faktoren maßgeblich: erstens entsprechen derartige Einheiten besser dem subjektiven Höreindruck, zweitens lassen sich Verstärkungs- und Dämpfungswerte einfach addieren (statt der Multiplikation unhandlicher Zahlen). Posttypisch war eher die Neper-Skala (Np), die auf dem natürlich Logarithmus (ln, Basis e) aufbaute; international üblich und für den Rundfunk charakteristisch wurde das Dezibel (zunächst db, schließlich dB), aufgebaut auf dem dekadischen Logarithmus (log oder lg, Basis 10). Umrechnungen laufen nach der Beziehung 1 dB 0,1151 Neper; 1 Neper 8,686 dB.

Als Normalpegel hatte sich schon bei der RRG die Größe +6 dB durchgesetzt. Das sind 1,55 Volt, wenn man die in der Nachrichtentechnik übliche Bezugsgröße 0,775 Volt entsprechend 0 dB verwendet (definiert über eine Leistung von 1 mW an 600 Ohm; die Post verwendete den Postpegel, der +9 dB betrug).¹³⁴⁰ In der Anfangszeit waren diese Forderungen noch nicht so stringent; an Potentiometern konnten und mussten noch in Grenzen Anpassungen vorgenommen werden. In den folgenden Jahren wurden die Trennstellen immer weiter an die genannten +6 dB 1,55 V angenähert; zumindest galt das strenggenommen für alle Magnetophone. Bei heutigen Verstärkern sind die Ausgangswiderstände außerdem so klein und die Eingangswiderstände so groß, dass die Innenwiderstände kaum noch eine Rolle spielen.

Größere Abweichungen gegenüber den heutigen Normwerten waren anfangs besonders bei den Ausgangswerten der Verstärker zu verzeichnen; häufig war man schon mit Signalen im mV-Bereich zufrieden (20 beziehungsweise 50 mV-Technik). Dann wurden allerdings beim Zusammenschalten verschiedener Geräte Zwischenverstärker erforderlich, die den niedrigen Ausgangspegel des ersten Geräts an den Norm-Eingangspegel (+6 dB) der folgenden Geräte anpassten.

Was hieß das nun für das Magnetophon? Die AEG-typische Aufteilung auf Laufwerks-, Verstärker- und Lautsprecherkoffer war keineswegs studiotauglich, so günstig sie auch für autarke Geräte war (die also nicht in eine größere Anlage eingebunden werden sollten). Die RRG teilte das Magnetophon daher systematisch auf in das Laufwerk R 22, den Kopfträger R 7 und den kombinierten Aufnahme-Wiedergabeverstärker V 7. Damit entfallen im Studio-Tonbandgerät alle Einstellelemente (Lautstärke, Pegelmessung und so weiter) des „autarken“ Geräts, und alle aktiven Elemente in den Tonbandverstärkern haben nur zwei Aufgaben: sie müssen die vorhandenen Eingangsspannungen an die Aufnahmebedingungen anpassen und wiedergabeseitig die für den definierten Ausgang benötigten Signale zur Verfügung stellen. Dazu gehört allerdings auch, dass im Gerät verursachte lineare Verzerrungen so kompensiert werden, als seien sie nicht aufgetreten.

Es ist durchaus denkbar, dass das Nebeneinander der verschiedenen Verbesserungs-Anläufe und die Entwicklung und Typisierung der erforderlichen „Bausteine“ den Einsatz des Magnetophons bis Mai 1939 verzögert haben – und dass es trotzdem, laut Walter Weber, von den Programmgestaltern (also Text- und Musik-Redakteuren, Regisseuren – damals „Spielleitern“ – und maßgeblichen Ausführenden) keineswegs überschwänglich aufgenommen wurde.

Hans Joachim von Braunmühl (1900 – 1980)



Hans Joachim Edler von Braunmühl wurde am 13. September 1900 als Sohn eines Forstmeisters in Tarnowitz (Oberschlesien) geboren. Das Studium an den Universitäten Breslau und München mit der ungewöhnlichen Fächerkombination Physik und Kunstgeschichte schloss er 1926 mit der Promotion ab und arbeitete bis Sommer 1929 als Ingenieur bei Siemens & Halske in Berlin. Im August 1929 begann er seine Tätigkeit bei der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft (RRG).¹³⁴¹

Mitte der 1930er Jahre übernahm er die Gesamtleitung des Labors bei der Zentraltechnik der RRG. In dieser Funktion war er in nationalen und internationalen Normungsgremien tätig.¹³⁴² Als Fachautor lieferte er sprachlich wie inhaltlich bemerkenswert gut geschriebene Arbeiten, als bekannteste – zusammen mit seinem Mitarbeiter Walter Weber – die weitverbreitete „Einführung in die angewandte Akustik“. Für die Rundfunktechnik bedeutsam wurden die Arbeiten des Teams über Kondensatormikrophone und, was ihnen einen bevorzugten Platz in der Technikgeschichte sichert, die betriebliche Einführung der Hochfrequenz-Vormagnetisierung in die Magnettontechnik sowie weitere Anwendungen dieses Verfahrens bis hin zu ersten Stereo-Aufnahmen auf Magnetband.

Anfang 1944 wurden die Labors der RRG zuerst nach Kosten im Wartheland, später nach Speinshart bei Eschenbach, Oberpfalz (Umgebung von Bayreuth) verlagert;¹³⁴³ in den ersten Nachkriegsjahren entstand aus diesen Einheiten das Rundfunktechnische Institut (RTI), zunächst in Bad Homburg vor der Höhe angesiedelt.¹³⁴⁴ Braunmühl arbeitete zwischen 1947 und 1950 als Laboringenieur in London bei der British Acoustic Films, einer Tochtergesellschaft der

Rank Corp. Mitte 1950 trat er beim Südwestfunk Baden-Baden ein, überraschenderweise als Leiter der Hochbauabteilung. Natürlich hat von Braunmühl den Kontakt mit der Nachrichtentechnik nicht verloren; insbesondere hat er sich für die magnetische Bildaufzeichnung eingesetzt. Im wesentlichen auf seine Initiative hin wurden von der Firma Ampex gelieferte Geräte bei Siemens & Halske, Werk Karlsruhe, an das deutsche Fernsehsystem adaptiert und erstmals 1959 beim Südwestfunk Baden-Baden im Programmbetrieb eingesetzt. 1960 übernahm er die Technische Direktion des Südwestfunks, die er bis zu seiner Pensionierung 1967 leitete. – Hans Joachim von Braunmühl starb am 19. April 1980, fast 80jährig, in Baden-Baden.

Walter Weber (1907 – 1944)

Walter Weber, 1907 in Gelsenkirchen geboren, erhielt seine technische Grundausbildung von 1925 bis 1927 an der Ingenieur-Akademie in Oldenburg. Während seiner ersten Berufsjahre bei Siemens & Halske lernte er Hans Joachim von Braunmühl kennen, der ihn im Sommer 1931 zur Reichs-Rundfunkgesellschaft (RRG) holte. Seine weitere Ausbildung eignete sich Weber nebenberuflich an: so holte er Ostern 1932 das Abitur nach, studierte drei Semester an der Technischen Hochschule Charlottenburg und vier Semester an der Universität Berlin. 1938 schloß er dieses Studium mit der Promotion zum Doktor der Philosophie bei dem bekannten Akustiker Friedrich Trendelenburg ab.¹³⁴⁵ Die Dissertation „*Das Schallspektrum von Knallfunken und Knallpistolen mit einem Beitrag über Anwendungsmöglichkeiten in der elektroakustischen Meßtechnik*“ galt als „eine besonders wertvolle Arbeit, die das Interesse vieler Fachgenossen wachrief“.¹³⁴⁶



Vor und neben der Dissertation hatte Weber schon fundierte Arbeiten für die RRG ausgeführt, unter anderem die Doppeltonmethode ausgearbeitet, Grundlage seiner Publikation über die „*Störfähigkeit nichtlinearer Verzerrungen*“ – besonders anspruchsvoll wegen des schwierig zu bewertenden subjektiven Eindrucks.¹³⁴⁷ 1935 entwickelte Weber ein Kondensatormikrofon mit umschaltbarer¹³⁴⁸ kugel- und nierenförmiger Richtcharakteristik, das später die Berliner Firma G. Neumann produzierte.¹³⁴⁹ von Braunmühl und Weber veröffentlichten 1936 die „*Einführung in die angewandte Akustik*“¹³⁵⁰ – das Buch wurde „bald ein ständiger Begleiter für alle, die mit der Rundfunktechnik zu tun hatten.“¹³⁵¹ Das V. Kapitel, „Schallaufzeichnungsverfahren“, schließt:

„Neuerdings ist es gelungen, die kostspieligen und schweren Stahlbänder durch filmartige Schallträger zu ersetzen, auf denen eine magnetisierbare Schicht angebracht ist. Es hat den Anschein, als ob die dadurch bedingten Verbesserungen der Qualität bei gleichzeitiger Verringerung des Umfanges der Apparatur der magnetischen Schallaufzeichnung neue Aufgabengebiete erschließen würde.“¹³⁵²

Nach ersten Ansätzen 1938,¹³⁵³ die Qualität des Magnetophons zu steigern, führte eine marginale Betriebsstörung Weber im April 1940¹³⁵⁴ auf den Weg zur entscheidenden Verbesserung, der Hochfrequenzvormagnetisierung, die den Magnetton mit einem Sprung an die Spitze aller Aufzeichnungsverfahren brachte. In Zusammenarbeit mit der AEG entstand eine Geräte-Generation,¹³⁵⁵ die „uneingeschränkt die Zustimmung des Betriebes, vor allem von Seiten der Programmgestalter“¹³⁵⁶ fand: 1944 war der deutsche Rundfunk „ohne Hochfrequenzmagnetophon schlechthin nicht mehr denkbar“.¹³⁵⁷ Weber und von Braunmühl gelang eine Reihe weiterer Erfindungen und Pionierentwicklungen, so die stereofone Aufzeichnung auf Magnetband, erstmals 1942/1943 vorgeführt, sowie Vorschläge für die Synchronisation von Ton und Bild beim Kinefilm.

Einige Labors der RRG mussten um die Jahreswende 1943/1944 von Berlin nach Kosten im Wartheland, in der Umgebung von Posen, verlegt werden. Weber ging am Abend des 18. Juli 1944 nach einer Besprechung zum Schwimmen und brach, nachdem er das Becken verlassen hatte, mit einem Herzschlag zusammen. Auch sofortige ärztliche Hilfe kam für den erst 37jährigen zu spät.¹³⁵⁸ Seine technischen Leistungen würdigte sein kollegialer Vorgesetzter von Braunmühl: „Die deutsche Rundfunktechnik hat einen ihrer fähigsten Köpfe verloren, der in zwölfjähriger schöpferischer Produktivität eine Fülle von technisch verwertbaren Erfolgen erzielte, die ... heute überhaupt nicht mehr wegzudenken sind.“¹³⁵⁹

Das Magnetband-Verfahren ist im Wesentlichen von drei Berlinern perfektioniert worden: die Geräte von Eduard Schüller bei der AEG, das Magnetband von dem gebürtigen Berliner Friedrich Matthias bei I.G. Farben in Ludwigshafen; seine vier Jahrzehnte konkurrenzlose Qualität verdankt es der Hochfrequenz-Vormagnetisierung Walter Webers aus dem Berliner Haus des Rundfunks.

Magnetofon R 22 und seine Peripherie

Die ersten, 1938 entwickelten Magnetton-Geräte übernahm die RRG 1939 in zwei Versionen; einmal unter der Braunbuch-Bezeichnung R 22,¹³⁶⁰ zum anderen unter R 24.¹³⁶¹ Diese Kennzeichnung hat, wie beschrieben, keine besondere Bedeutung; R bezeichnete alle Geräte zur Tonspeicherung und deren Zusatzgeräte, und die 22 beziehungsweise 24 ergaben sich einfach durch Nutzen freier Nummern. Für den zum R 22 gehörenden Kopfträger wurde die Bezeichnung R 7 vergeben.¹³⁶² Ein weiterer, 1939 / 1940 von der RRG übernommener Tonbandgerätentyp war das Magnetophon K 6, bei der RRG R 23 genannt. Die Nomenklatur zur Beschreibung der Magnetophone war damals allerdings durchaus noch nicht einheitlich; man tastete sich vor. In der RRG-Beschreibung „Laufwerk R 22“ hieß beispielsweise das Tonband noch „Magnet-Filmband“, der Kopfträger „Sprechkopfsatz“ – obwohl er doch Lösch-, Aufnahme- und Wiedergabekopf enthielt.

Was AEG als Magnetophon HTS (eine nicht sicher auflösbare Abkürzung, möglicherweise „handgesteuerte Truhe, stationär“), die die RRG als „Laufwerk R 22“ bezeichnete, war mehr oder minder nur das 30 kg schwere Laufwerk (Abbildung 207) mit dem austauschbaren Kopfträger R 7. Bei dem ortsfest betriebenen Studio-Gerät

R 22 handelte es sich um das nahezu identische Laufwerk der K 4, ohne das Anzeigeinstrument für den Vormagnetisierungsstrom, dafür mit einem rechts angesetzten Bandanzeiger. Über dessen Verwendung bei der RRG gibt es keine Berichte; man hätte damit an bestimmten Positionen des Bandes automatische Funktionen – etwa „Stopp“ – mit voreingestellten Kontakten auslösen können.¹³⁶³

Der Tonmotor übernahm auch hier wieder die Kühlung der anderen Motoren, indem sein Zusatzgebläse die Kühlluft durch die übrigen Motoren trieb (Abbildung 144, S. 133). Die angesaugte Luft gelangte durch eine Bohrung im Truhenboden in eine Vorkammer mit akustischer Dämpfung der Luftgeräusche, bevor sie in das Motorgebläse eintrat. Diese Magnetophon-Truhe war von Anfang an für die RRG-Studio-Magnetophone vorgesehen und erhielt auch schon am 1. Mai 1939 die Bezeichnung R 63. Sie wurde von der Berliner Firma Humig so gebaut, dass zwei Truhen mit entsprechendem zweiten Magnetophon und zugehörigen Einstell- und Überblendgliedern (zum Beispiel der Profilregler W 24) sowie einem Aussteuerungs-Instrument so zusammengestellt werden konnten, wie das im Studiobetrieb erforderlich war (Abbildung 208). Des weiteren waren die Truhen robust und servicefreundlich ausgelegt (herausklappbare Vorderwand, hochklappbarer Deckel mit Sichtfenster als Staubschutz, siehe Abbildung 206).

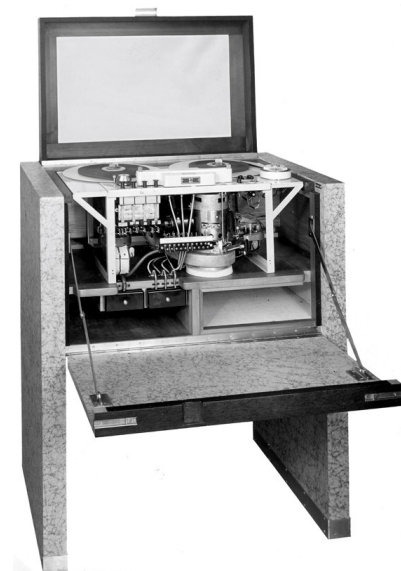


Abbildung 206: Das Magnetophon R 22 in der Truhe R 63, hier mit herausgeklappter Vorderwand.

Die Tonmotore der Magnetophon-Laufwerke R 22 (und später R 22a) waren anfangs, wie beim Magnetophon K 4, als reichlich dimensionierte Asynchron-Typen mit kapazitiver Hilfsphase ausgelegt. Der Verzicht auf teure Synchronmotore gleicher Leistungsfähigkeit rächte sich schließlich doch, denn je länger der Zweite Weltkrieg dauerte, desto häufiger kam es zu Spannungs- und Frequenzschwankungen der Stromversorgung, was zwangsläufig zu plötzlichen oder schleichenden Tonhöhen- und/oder Gleichlaufschwankungen bei Magnetofonen und Folienschneidgeräten führte (ein unabhängiges, stabilisiertes Funkhaus-Netz zumindest für den Sendebereich gab es nicht). Als entsprechende Beschwerden prominenter Hörer, unter anderen des Komponisten Werner Egk, über unvermittelte Tonhöhenänderungen im Sommer 1944 die Spitze des Reichspropaganda-Ministeriums erreichten, stellte von Braunmühl klar, dass diese Störungen keineswegs nachlässigen RRG-Technikern anzulasten waren. Vielmehr habe er schon lange zuvor darauf gedrungen, bei 150 Geräten die Asynchronmotore gegen Synchron-Ausführungen zu tauschen (deren Drehzahl bis herab zu einer Netzspannung von etwa 190 V exakt der Netzfrequenz folgt, darunter dann außer Tritt fällt), sei aber im Oktober 1943 auf Lieferzeiten von 15 ... 18 Monaten verwiesen worden. Immerhin sei der Austausch bei den Magnetofonen der Tonband GmbH bereits erfolgt. Dass ein Synchronmotor nichts gegen gleichzeitig auftretende Spannungs- und Frequenzänderungen ausrichten kann, überließ von Braunmühl dem Vorstellungsvermögen der Beschwerdeführer.

Zwei Folgerungen bieten sich an: es ist so gut wie ausgeschlossen, dass das Laufwerk R 22a *serienmäßig* mit Synchronmotor ausgeliefert wurde. Zudem dürfte die Stellungnahme von Braunmühs auch die verlässlichste Größenordnung angeben, wie viele Magnetofone insgesamt bei der RRG im Einsatz waren.¹³⁶⁴

Da das R 22 als Studiogerät ein reines Laufwerk war, wurden die für die Magnetköpfe wichtigen Versorgungsspannungen, die Anbindung an die Verstärker, die Signalverzerrung und so weiter in eigenen Einheiten erzeugt beziehungsweise vorgenommen. Deshalb hat dieses ortsfeste Studiogerät zum Beispiel auch kein Messinstrument, wie es etwa für autarke Gerät (z.B. das R 24) zur Einstellung des Vormagnetisierungs-Gleichstroms vorgesehen war. – Die „Einheit“ aus R 22, R 7 und dem Verstärker V 7 erreichte mit Gleichstrom-Vormagnetisierung einen Frequenzumfang von 50 – 6.000 Hz, eine Dynamik von 40 dB und eine Laufzeit von 20 min pro 1.000-m-Band.

Der Kopfträger R 7 („Sprechkopfsatz“) gehörte standardmäßig zum R 22 und war deshalb auch am 1. Mai 1939 in das Braunbuch aufgenommen worden.¹³⁶⁵ Es handelt sich grundsätzlich um den gleichen Kopfträger wie im „serienmäßigen“ Magnetophon K 4 (Abbildung 148, Seite 135). Ob und welche bedeutenden Unterschiede es gab, ist nicht dokumentiert. Nach RRG-Erfahrungswerten sollten im Aufnahmekopf ca. 2,5 mA Gleichstrom für die Vormagnetisierung und als Modulationsstrom des Nutzsignals maximal 1,4 mA fließen.

Wie für das Laufwerk R 22, gibt die Braunbuch-Beschreibung des „*Magnetophonverstärkers V 7*“ vom 1. Mai 1939 als Lieferanten die AEG, als Baujahr 1938 an.¹³⁶⁶ Es ist sehr wahrscheinlich, dass es sich um eine gemeinsame Entwicklung der RRG und der AEG handelt, nach der die AEG die Seriengeräte baute. Bemerkenswert sind die Ähnlichkeiten zwischen den einzelnen Stufen des V 7 und den entsprechenden Schaltkreisen im Laufwerkskoffer des Magnetophons K 4.

Den RRG-Vorstellungen entsprechend, hatte die AEG für das R 22 Verstärker in Einschubtechnik entwickelt, die in gesonderte Gestellrahmen so eingeschoben wurden, dass dabei über Messerleistenstecker die erforderlichen Verbindungen – etwa zum Laufwerk, zum Netzgerät und so weiter – hergestellt wurden. Zwei Verstärker V 7 sind in Abbildung 208 zu sehen (zweiter und dritter Einschub oberhalb des Klinkenstreifens mit den herab-

hängenden Verbindungskabeln). Im unteren Teil des V 7 saß der sogenannte Aufsprechteil, im oberen der Wiedergabeteil. Das Aufnahme-Netzwerk bestand ausschließlich aus passiven Bauteilen, enthielt also keine Verstärker. Der V 7 verlangte am Eingang ein Tonsignal von mindestens 1,3 V an 350 Ohm, im RRG-Sprachgebrauch „fertig ausgesteuerte Modulation“¹³⁶⁷ (also ein Tonsignal mit einem Spitzenwert von +6 dB 1,55 Volt, ggfs. frequenzgangkorrigiert und mit angepasster Signaldynamik), das zum Beispiel ein Mikrofonverstärker oder Mischpult zur Verfügung stellen musste. Diese Wechselspannung wurde von einem Eingangsübertrager potenzialfrei übernommen und anschließend über Relaiskontakte, die letztlich vom Laufwerk gesteuert wurden, und über weitere passive Bauteile dem „Sprechkopf“ zugeführt. Dabei wurde gleichzeitig der Gleichstromanteil („Vormagnetisierungsstrom“) überlagert, dessen Größe über einen Drehknopf (rechts unten) eingestellt und am Instrument (Mitte) abgelesen werden konnte. Hiermit war der Arbeitspunkt an den jeweiligen Aufnahmekopf und das verwendete Magnetband optimal anzupassen. Der Aufnahmeteil lieferte ebenfalls den Gleichstrom für den Löschkopf. Die Bauelemente waren so verschaltet, dass alle Schaltvorgänge, die Löscho- und Aufnahmekopf betrafen, von den Kontakten im Laufwerk-Tastensatz über Relais gesteuert wurden. Um Tonsignal-Störungen durch Schaltgeräusche auszuschließen, schalteten die Relaiskontakte zeitlich versetzt in einer vorgegebenen Reihenfolge.



Abbildung 207 (LINKS): Das „Laufwerk R 22“ der RRG. Links neben dem Netzschalter (Kippschalter) ist die „Gleichauftaste“ zu erkennen, mit der die Bandgeschwindigkeit kurzzeitig verändert werden konnte, um vor einer Überblendung von einem Band zum anderen Synchronlauf der Maschinen zu erreichen.



Abbildung 208 (RECHTS): Eine komplette Magnetophon-Einheit, bestehend aus zwei Magnetophonen R 22 in Truhen R 63 (rechts vorn) und einem Verstärkerstell, das unter anderem die Verstärker V 7 aufnahm. – Reichssender Hamburg, das Bild ist auf das Jahr 1939 datiert.

Wie bei allen Gleichstrom-Magnetophonen vermied eine Kunstschaltung, dass sich schädliche Remanenzen in den Tonköpfen (Gleichstromkreise von Löscho- und Aufnahmekopf) aufbauen konnten: eine abklingende Stromschwingung entmagnetisierte die Köpfe vollständig (Seite 135, ausführliche Erläuterung auf Seite 150).

Der Wiedergabeteil des V 7 arbeitete als aktive Einheit; er enthielt einen Verstärker mit zwei widerstandsgekoppelten Trioden vom Typ EC 2, auch dies Röhren mit den damals üblichen, erschütterungsfesten Außenkontakt-Sockeln. Damit die Röhren schnell ausgetauscht werden konnten, waren sie von der Frontseite aus zugänglich. Dazu benötigten sie allerdings eine Abschirmung, wie sie als Lochblech-Konstruktion damals Stand der Technik war (und wohl auch einen gewissen Berührungsschutz bot). Um den Verstärker potenzialfrei nutzen zu können, wurde im Eingang ebenso wie im Ausgang ein entsprechender Übertrager eingesetzt, der naturgemäß auch die Widerstandsanpassung an die vorhergehenden beziehungsweise folgenden Komponenten vornahm. Bei vollausgesteuertem Band lieferte der V 7-Wiedergabeteil etwa 20 mV an 200 Ohm, also einen Pegel, der deutlich unterhalb des Normpegels +6 dB 1,55 V lag; die weitere Pegelanhebung um 38 dB hatte daher der Hauptverstärker V 21 aufzuholen.

RRG-Magnetofon R 24 (AEG Magnetophon K 4)

Falls das Datum der Braunbuchbeschreibung – 1. November 1941 – für die Betriebseinführung des „Koffermagnetofons R 24“ relevant ist, müsste die RRG diese Geräte erst nach dem R 23 beschafft haben, und zwar zu einem Zeitpunkt, als in Berlin schon erste Studio-Archivaufnahmen mit Hochfrequenzvormagnetisierung gemacht wurden. Was also die Beschaffung zur „Schallaufnahme und Schallwiedergabe nach dem Magnetophonverfahren in transportablen Geräten in Kofferform“ rechtfertigte, ist nicht exakt rekonstruierbar; möglicherweise musste das seriengefertigte K 4 eine Verfügbarkeitslücke decken, während der das Magnetofon R 23 zum Tonschreiber d (Baujahr 1942) und damit zum Tornister-Magnetofon R 23a umkonstruiert wurde. Seinen Aufgabenbereich fand R 24 offensichtlich als tragbares Koffergerät in Übertragungswagen (Ü-Wagen) und bei ähnlichen Anwendungen, wo auch 220 V-Wechselstromanschluss vorausgesetzt werden konnte.

Genaugenommen ist unter R 24 nur der Laufwerkskoffer mit den Aufnahme- und Wiedergabefunktionen des Drei-Koffer-Magnetophons K 4 zu verstehen; weitere Unterschiede zwischen der zivilen und der Rundfunkversion sind nicht zu erkennen. Wie beim Magnetophon R 22 ist dem Kopfträger das Kürzel R 7 zugewiesen, was

nur bedeuten kann, dass auch hier einheitliche Ausführungen verwendet wurden. Die Beschreibung des Magnetophons K 4 gilt also weitgehend auch für das R 24 (Seite 187).

Magnetophon K 6 – Magnetofon R 23

Die zweite Position des RRG-Auftrags vom Januar 1938, „*zwanzig Reportagegeräte*“,¹³⁶⁸ erscheint als Leichtbaugerät Magnetophon K 6 erstmals 1939 in einem Pressebericht;¹³⁶⁹ wie wohl nach Vorgaben der RRG entwickelt, war es auch für den freien Verkauf gedacht, dies jedoch frühestens ab 1940, einem Termin, der wegen des Kriegsbegins nicht zu halten war.¹³⁷⁰ Bei der RRG ging das Magnetophon K 6 laut Braunbuchbeschreibung zum 1. Juli 1940 unter der kargen Bezeichnung „*Laufwerk R 23*“ offiziell in Betrieb.¹³⁷¹ Wie die RRG-interne Typisierung „*Ü-Wagen-Magnetofon*“ sagt, war R 23 in erster Linie zum „*stationären Gestelleinbau*“ in Übertragungswagen bestimmt, wo es auch am 12 V-Bordnetz betrieben wurde. – Ähnliche Aufgaben im „*Außendienst*“ konnte, wie oben gesagt, auch das Koffermagnetophon R 24 übernehmen, das allerdings ein 220 V-Netz brauchte und mit 57 kg um ein Drittel schwerer als R 23 war, dafür aber eine Aufnahmezeit von 20 min vorzuweisen hatte.¹³⁷²



Abbildung 209: Das AEG-Magnetophon K 6, bei der RRG R 23 genannt; (LINKS): Ansicht von vorn und (RECHTS) auf die Rückseite des Laufwerk-Tornisters mit Lendenwirbelpolster sowie Wiedergabeverstärker V 6 (oben).

(MITTE): zum Vergleich der Tonschreiber d (Seite 154, die Vergleichstabelle der beiden Versionen ist auf Seite 167 zu finden).



Für Magnetophon K 6 alias R 23 charakteristisch war die vertikale Montageplatte mit den übereinander angeordneten Spulen, offensichtlich gewählt, um das Gerät platzsparend senkrecht in Gestelle einbauen zu können. Einen Großteil des Gewichts wird auf die innerhalb des Gehäuses untergebrachte Batterie entfallen sein. Beim Laufwerk wurde Gewicht gespart: für das Umspulen der 462 m Band auf 20 cm-Spulen war nur *ein* Motor vorgesehen (Aufnahmedauer 10 min; jeder Markierungstreifen der typischen R 23-Spule zeigte einen Bandvorrat von zwei Minuten an). An die Stelle der Drucktasten beim K 4 trat ein „Kugelgriff“ genannter Bedienungshebel, mit dem auch die Wickelrichtung gewählt wurde. Die Drehzahl des Tonmotors hielt ein Fliehkraftkontaktregler konstant. Hatte das Band nach etwa 5 s Motor-Anlaufzeit seine Sollgeschwindigkeit 77 cm/s erreicht, war dies an einer Stroboskopscheibe am Ende der Tonrolle erkennbar (dazu musste aber eine mit 50 Hz-Wechselstrom betriebene Lichtquelle vorhanden sein). Die zugehörigen Kopfräger R 8, etwas kleiner als der R 7 von R 22, waren mit identischen Köpfen bestückt. Da R 23 zusammen mit der „Tornister-Übertragungseinheit“ V 39 arbeiten sollte,¹³⁷³ war im Gehäuse kein eigentlicher Aufnahme-Verstärker, sondern ein röhrenloser „Aufsprech-Entzerrer“ eingebaut (wie im Verstärker V 7 zum Magnetophon R 22). Der 7 kg schwere Wiedergabeverstärker V 6 bekam ein eigenes Gehäuse, bei Bedarf abzukoppeln; Hinterbandkontrolle war dann über einen Kristallkopfhörer möglich. Mit 34 x 50 x 20 cm (H x B x T¹³⁷⁴) und einem Gewicht von 35 kg recht kompakt, konnte R 23 wie ein Rucksack oder Tornister (mit Lendenwirbelpolster!) von einem Mann getragen werden. Der auch „leichter Übertragungsverstärker“ genannte V 39,¹³⁷⁵ sozusagen ein batteriegespeistes Klein-Mischpult (daher auch seine Wehrmachtsbezeichnung Mikrofonverstärker Anton, abgekürzt Mik. Verst. a) wog nochmals 21,5 kg und hatte mit 47 x 37 x 26 cm etwa das gleiche Volumen wie R 23 (Abbildung 172, Seite 155).

Trotz dieser erheblichen Gewichte durchaus noch mobil, konnten kleine Arbeitsgruppen so ausgefallene Reportagen wie „*Um und auf die Zugspitze*“ abliefern, für die Aufnahmen aus einem fahrenden Zug, einer Seilbahn, vom Gipfel und schließlich der Talfahrt mit der Zugspitzbahn zusammengestellt wurden.¹³⁷⁶ Weniger idyllisch ist ein typisches Titelbild der Zeitschrift „*Reichsrundfunk*“: es zeigt einen „*Rundfunkingenieur der PK* [Propagandakompanie] *bei der Aufnahme eines Original-Kampfberichtes im U-Boot auf hoher See*“.¹³⁷⁷ Sogar zu einer Spielfilmproduktion wurde R 23 herangezogen, den Tonaufnahmen des 1943/1944 gedrehten Films *DER ERBFÖRSTER*.

Späteren Quellen zufolge scheint der R 23-Wiedergabeverstärker V 6 wegen starker Einstreuungen auf den Eingangsübertrager aus dem Motorenbereich nicht zum Überspielen geeignet gewesen zu sein. Zudem war er

nur für den Anschluss eines hochohmhigen Kristall-Kopfhörers dimensioniert; schloss man einen magnetischen Kopfhörer an, brach der Frequenzgang um bis zu 20 dB ein.¹³⁷⁸

Übereinstimmend mit dem Auftritt des Magnetophon K 6 nennt die Braunbuch-Beschreibung R 23 als Baujahr 1939. Walter Weber arbeitete spätestens seit Januar 1940 am Manuskript der Braunbuch-Beschreibung „*Laufwerk R 23*“, es standen noch Messungen und weitere Versuche aus. Mitte April 1940 versuchte Weber dann, mit der „Blindkopf-Brückenschaltung“ die R 23-Qualität aufzubessern, und bei diesen Experimenten stieß er auf die Hochfrequenzvormagnetisierung. Mitte Juni stehen letzte Arbeiten am „*Magnetophon / Ü-Wagen-Ausführung*“ auf seinem Tagesplan, er hat damals wohl die Braunbuch-Beschreibung abgeschlossen.¹³⁷⁹

Wie bereits erwähnt, ist aus dem Magnetophon R 23 auf Veranlassung des Heereswaffenamtes der Tonschreiber entwickelt worden, der sich in einigen schaltungs- und aufbautechnischen Details von seinem Vorgänger unterscheidet (Seite 154). Auffallend ist besonders, dass R 23 noch keinen Synchronisations-Schalter besaß. Die Braunbuchbeschreibung des „Tornister-Magnetofons R 23a“ stammt vom 1. November 1944 – Anfang 1944 war das federführende RRG-Labor bereits nach Kosten im Wartheland verlagert worden, möglicherweise befand es sich Ende des Jahres schon in Speinshart in Franken.

Betriebliche Eignung und Beurteilung (Gleichstrom-Magnetophon)

Dass sich die RRG 1938 für das Magnetophon entschied, bedeutete für die AEG und I.G. Farben Bestätigung wie Erfolg. Es ging hier nicht nur um ein gutes Geschäft: Friedrich Matthias rechnete den Gesamt-Tonträgerbedarf der RRG für das Jahr 1937 auf 37.000 km Magnetophonband um und hoffte natürlich, künftig einen ordentlichen Anteil davon fertigen zu können. Die RRG-Entscheidung war vor allem als die öffentliche Anerkennung einer technischen Leistung zu sehen und bedeutete somit einen enormen Prestigegewinn.

Ohne Zweifel hatte das Magnetophonverfahrens das Potenzial, den Rundfunkbetrieb zugleich zu bereichern, zu vereinfachen und damit auch sicherer zu machen. Attraktiv waren:

- die Spielzeit von 20 min eines etwa 400 g schweren Bandes gegenüber der zehnmal so schweren Wachsplatte;
- weitgehende Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen im Betrieb;
- die sofortige Wiedergabemöglichkeit, auch als Hinterband-Kontrolle;
- wiederholtes Abspielen ohne Qualitätsverlust;
- mehrfache Verwendbarkeit des Magnetbands nach Löschen unbrauchbarer oder erledigter Aufnahmen;
- leichtes Montieren, sowohl durch Entfernen ungewünschter Aufnahmeteile als auch durch beliebige Anordnung von Teilaufnahmen wie beim Filmschnitt.¹³⁸⁰

Trotzdem konnte, wie Weber schreibt, „*eine besondere Beliebtheit des Verfahrens nicht beobachtet werden, der Einsatz für Sendezwecke war dementsprechend gering. Das hohe Grundgeräusch des Magnetophonverfahrens machte eben alle anderen Vorteile illusorisch.*“¹³⁸¹ Das Magnetophon dürfte also zunächst nur für aktuelle Reportagen, Kommentare und untergeordnete Sprachproduktionen eingesetzt worden sein, wie beim Reichssender Leipzig für Kinderfunksendungen.¹³⁸² Doch auch so kamen beträchtliche Betriebsleistungen zustande: eine RRG-Statistik spricht für die Jahre 1939 und 1940 von 3.000 Aufnahme- und 5.000 Wiedergabestunden,¹³⁸³ die die Magnetophone R 22 und R 23 bestritten. Wie viele der schätzungsweise 12.000 RRG-Sendestunden dieser Jahre bereits von Band kamen, ist fraglich, da wohl auch Abhörtermine und ähnliche Magnetophon-Einsätze mitgezählt sind.

Leider sind nahezu alle technischen Akten der RRG kurz nach Kriegsende verbrannt,¹³⁸⁴ so dass heute weder die Entscheidungsfindung pro Magnetophon noch seine ersten Einsätze im Einzelnen verlässlich zu dokumentieren sind. Es ist auch nicht bekannt, warum die RRG anstelle von „*Magnetophon*“ durchgängig „*Magnetofon*“ schrieb (diese Schreibweise ist nur in Zitaten beibehalten). – So weit absehbar, finden sich im erhaltenen RRG-Magnetband-Bestand auch keine Magnetit-Magnetophonbänder (Fe_3O_4).

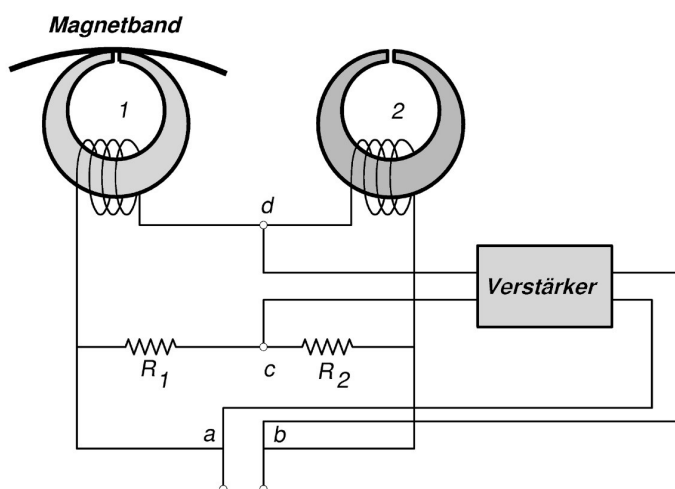
Qualitätssprung dank Hochfrequenz-Vormagnetisierung

Da stand sie nun, die vielversprechende Magnetofon-Maschine, seit Jahren von den Rundfunktechnikern erhofft, nur eines konnte sie nicht: qualitativ mit der heiklen Wachsplatte konkurrieren. Ein Hintergrundgeräusch, „*als liefe hinter einer geschlossenen Tür Wasser in eine Badewanne*“,¹³⁸⁵ schloss das Magnetofon von den anspruchsvollen Aufgaben Hörspiel- und Musik-Produktion, nicht zuletzt auch vom Sendungsdienst,¹³⁸⁶ aus – und daran rieb sich der Ehrgeiz der RRG-Techniker. Mehrfach unternahmen sie aufwendige Anläufe, um das System den Forderungen des Rundfunkbetriebs anzupassen. Dass Walter Weber als „*treibender Geist ... an allen Stadien der Verbesserung maßgeblich beteiligt war*“, bestätigen sowohl von Braunmühl als auch eine stattliche Liste von Patenten und Patentanmeldungen, die die Entwicklung des Magnetophons im folgenden Jahrzehnt begleiten.¹³⁸⁷

Verbesserungsansätze führen zum Haupttreffer

Den ersten Anlauf, unabhängig von der AEG die Dynamik und damit die Qualität des Magnetophons zu verbessern, nahm Weber schon um die Jahreswende 1937 / 1938, also kurz bevor die RRG ihre definitive Entscheidung für das Magnetophon bekanntgab (Seite 181). Er war auf eine ausgefallene Quelle für einen Teil des Störgeräusches gestoßen: die leidigen „Inhomogenitäten“, Ungleichmäßigkeiten der Magnetschicht, erzeugen auch im *Aufnahmekopf* regellose Induktionsspannungen, wenn das Band darüber läuft. Fatalerweise überlagern sich die Störungen dem Nutzsignal und werden mit ihm zusammen aufgezeichnet (dieser Qualitätsverlust entspricht dem Un-

terschied von etwa 3 – 4 dB zwischen „jungfräulichem“ und „betriebsmäßigem“ Rauschen). Weber versuchte, diese Störungen mittels „gegenphasiger Auslöschung“ zu eliminieren – das heißt vereinfacht, er wollte das Stör-signal mit einem genau gleich großen, aber elektrisch entgegengesetzt gerichteten (inversen) Signal auslöschen oder neutralisieren. Gängige Lösung hierfür war eine sogenannte Brückenschaltung (siehe Abbildung 210): der aktive Aufnahmekopf lag im einen Brücken-zweig, ein identischer Aufnahmekopf („Blindkopf“), jedoch ohne Bandberührung, im anderen. Als Ergebnis steht in der Brückendiagonale ein genaues Abbild der vom Band erzeugten Störspannung an. Ein einstellbarer Verstärker erzeugt die Kompensations-Spannung, die zusammen mit dem Nutzsignal den „effektiven“ Aufnahmestrom bildet.¹³⁸⁸ So zutreffend diese Theorie auch ist, ließ sich das Bandrauschen doch nur um 3 dB absenken,¹³⁸⁹ und das war keineswegs der erhoffte Durchbruch, schon gar nicht angesichts des Aufwands und der absehbar wartungsbedürftigen Kompensations-Einstellung. Durchaus „stabilere“ Resultate lieferte dagegen ein neues Ludwigshafener Oberflächen-Poliervverfahren, das, zur gleichen Zeit in der Magnetbandfertigung eingeführt, mit etwa 3 dB ungefähr den gleichen Gewinn brachte.¹³⁹⁰



Zu der Patentschrift 702 298 Kl. 42 g Gr. 10 a

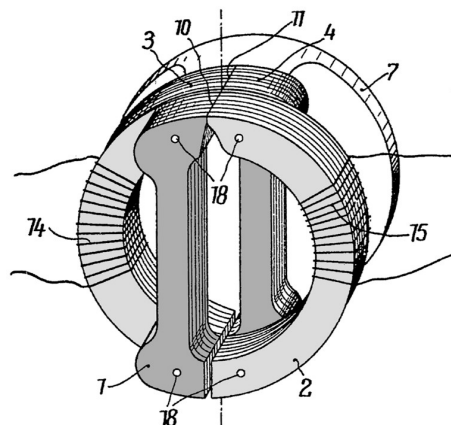


Abbildung 210 (LINKS): Mit dieser Brückenschaltung wollte Walter Weber bereits Anfang 1938 das vom Magnetband in den Aufnahmekopf induzierte Stör-rauschen kompensieren.

Abbildung 211 (RECHTS): Zwillings-Magnetkopf nach Eduard Schüller. Zeichnung aus dem Patent DE 702 298, später Grundlage für seine Stereomagnetköpfe von 1942, mit denen die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft die ersten Stereo-Aufnahmen auf Magnetband machte.

Gegenkopplung und Gegentaktverfahren sind gängige Mittel, um die Qualität von Verstärkern zu verbessern. In diesem Sinn hatte schon Fritz Pfelemer versucht, das Magnetband im Gegentaktverfahren zu besprechen, doch ohne nennenswerten Erfolg.¹³⁹¹ Eduard Schüller ersetzte die störanfällige Wandler-Anordnung Pfeumers mit der gleichen Absicht durch den „Zwillingskopf“, einer zweispurigen Version seines Ringmagnetkopfs, bei der als besonderes Kennzeichen beide Spalte exakt auf einer vertikalen Linie lagen.¹³⁹² Das Magnetband wurde damit der Breite nach in zwei Aufzeichnungsspuren geteilt.

Anfang 1940 stand auf Webers Arbeitsprogramm, neben einem beachtlichen Pensum von raumakustischen Messungen und Berechnungen, ein „Ü-Wagen-Magnetophon“,¹³⁹³ also das Gerät R 23. Mit dem Zwillingskopf der AEG versuchte er eine Analogie zum modernen Lautsprecherbau: er unterteilte den zu speichernden Frequenzbereich in zwei Teilbänder und zeichnete jede Komponente auf einer eigenen Bandspur auf.¹³⁹⁴ Das hatte den Vorteil, dass – mit modernen Begriffen – die Arbeitspunkte individuell einstellbar waren, damit die Verzerrungen und durch Entzerrungsoptimierung das Rauschen minimiert werden konnten. Jedoch entsprach, einem bemerkenswert trockenen Kommentar zufolge, „die erzielte Verbesserung ... nicht dem erforderlichen Aufwand.“¹³⁹⁵

(Wieder-) Entdeckung der Hochfrequenz-Vormagnetisierung

Mitte April 1940 griff Weber seine schon zwei Jahre alte Blindkopf-Brückenschaltung noch einmal auf, um damit die Leistung des R 23 aufzubessern. Im Lauf einer systematischen Versuchsreihe nahm er wahr, dass das Bandrauschen während längerer Passagen nahezu verschwand.¹³⁹⁶ Was zuerst wie ein banaler Fehler aussah, den man behebt und vergißt, erkannte der scharfe Beobachter als unerwarteten Effekt, den er analysierte und sich zunutze machte. Die Ursache war bald gefunden: der Verstärker in der Brückenschaltung produzierte unbeabsichtigt Schwingungen, so dass ein hochfrequenter Strom durch den Aufnahmekopf floss, was zur vollständigen Wechselstrom-Löschung des Bandes bis zum magnetischen Nullpunkt führte. Das ist allerdings nur möglich, weil ein weiterer Mitspieler aktiv war, nämlich Eduard Schüllers Horn-Löschkopf, der in der Prinzipskizze (Abbildung 210) fehlt. Aus ganz anderen Überlegungen heraus entworfen, hinterließ er nach dem Löschen eine verhältnismäßig niedrige Magnetisierung auf dem Band. Dass ein übersteuerter Aufnahmekopf, sozusagen als Wechselstrom-Löschkopf arbeitend, diesen „Rest“ neutralisieren kann, ist plausibel. Es wäre aber kaum vorstellbar, wenn das Magnetband, wie früher praktiziert, zwecks Löschung bis zur Sättigung magnetisiert gewesen wäre. So hat auch Schüller zu dieser bahnbrechenden Entdeckung einen Beitrag geleistet.

Abbildung 212: Die Einträge vom 18. und 19. April in Walter Webers Tagesmerkbuch 1940: *Untersuchungen am Magnetophon. Großen Aktenvermerk zusammengestellt* – erster Hinweis auf die (Wieder-)Entdeckung der Hochfrequenz-Löschung und -vormagnetisierung, die die Magnetbandaufzeichnung an die Qualitätsspitze aller damaligen Aufzeichnungsverfahren bringen sollte.

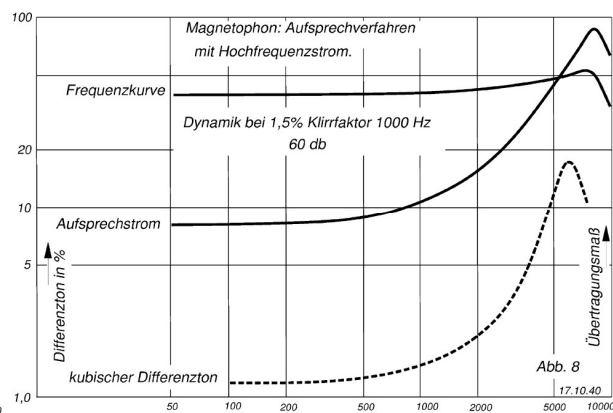
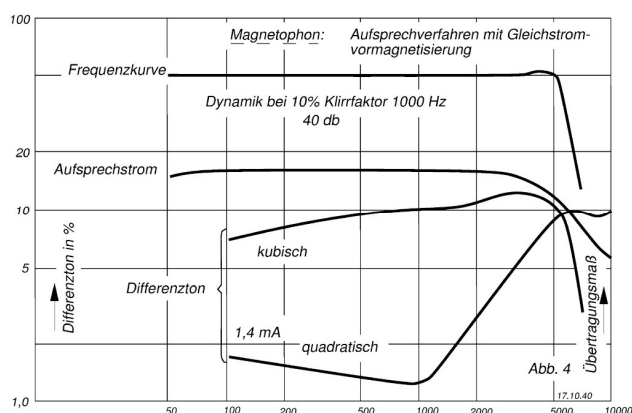
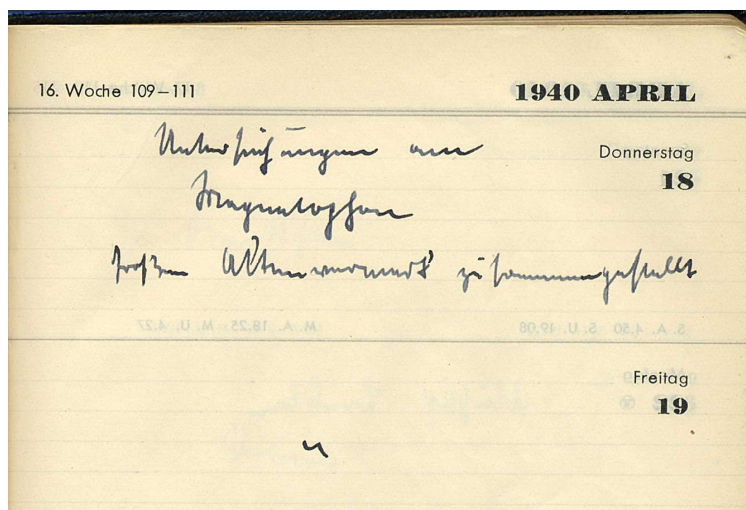


Abbildung 213: Gegenüberstellung der Magnetband-Betriebsbedingungen bei Gleichstrom- und HF-Vormagnetisierung.
 LINKS: Mit Gleichstrom-Vormagnetisierung reicht der Frequenzgang des Magnetophons nur bis etwa 5 kHz. Die Verzerrungen (siehe Kurven „Differenzton“) sind stark ausgeprägt. Der Aufnahmestrom muß zu den Höhen hin abgesenkt werden, um nicht noch stärkere Verzerrungen zu provozieren.
 RECHTS: Mit Hochfrequenzvormagnetisierung reicht der Frequenzgang bis 10 kHz bei deutlich niedrigeren Verzerrungen. Der Aufnahmestrom kann zu hohen Frequenzen hin angehoben werden, was letztlich die Dynamik um etwa 10 dB (zusätzlich zu den rund 10 dB Gewinn aus niedrigerem Bandrauschen) anwachsen lässt.

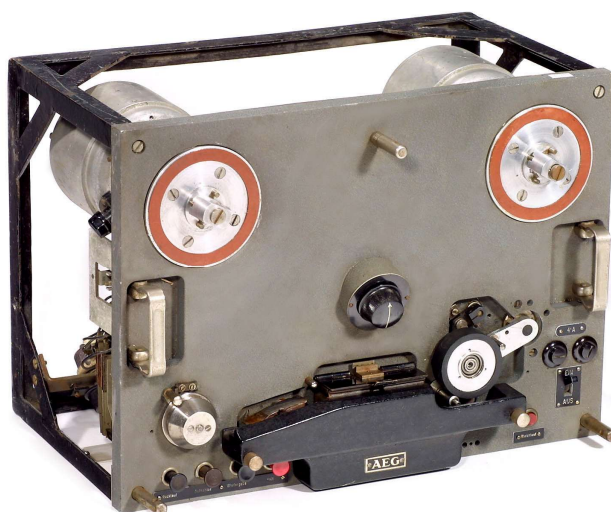


Abbildung 214: Magnetophon R 22a mit Kopfträger R 7a, Stand etwa von 1942. – Die Herkunft dieser Maschine ist unklar. Möglicherweise handelt es sich um ein nach Schweden exportiertes oder dort (um)gebautes Exemplar.



Abbildung 215: In diesem Gestell befinden sich (von oben nach unten) Wiedergabeverstärker V 5 (zwei Stahlröhren EF 12), Aufnahmeverstärker und HF-Generator V 7b (3x EL 11) und Netzgerät N 7b (Röhre EZ 12).¹³⁹⁷

Webers Kollegen bestimmten die Rückkopplungs-Frequenz und bauten eine Kombination aus Verstärker und Generator, gewissermaßen den Prototyp des späteren „Aufsprechverstärkers“ V 7b.¹³⁹⁸ Laut Weber wurde der erste Versuch

... so angestellt, dass Hochfrequenz und Niederfrequenz einfach gemischt auf den Sprechkopf gegeben wurden. Die Erwartung, dass eine Aufzeichnung der Niederfrequenz nicht stattfinden würde, trat nicht ein. Vielmehr wurde die Niederfrequenz sehr sauber und mit viel geringerem Störgeräusch aufgezeichnet. Durchgeführte Messungen ergaben eine Störgeräuschsenkung von 10 db bei einer Klirrfaktorverminderung von 10 % auf 3 %, bezogen auf gleiche Spannung am Hörkopf. Diese Erscheinung wurde weiter verfolgt. Sie führt im Endergebnis zum ... neuartigen Aufsprechverfahren. ... Bei einer Ausweitung der Frequenzkurve bis 10 000 Hz wird eine Dynamik von 60 db erreicht bei 1,5 % Klirrfaktor bei 1 000 Hz.¹³⁹⁹

Vier Jahre später (in einem nachgelassenen, in der letzten „Reichsrundfunk“-Ausgabe erschienenen Aufsatz) berichtet Weber allerdings auch von einer bedenklichen Komplikation:

Als nun zum ersten Male der Versuch gemacht wurde, Sprache aufzunehmen, stellte sich heraus, dass die hohen Töne nicht aufgezeichnet wurden. Die zuerst erwartete Löschwirkung der Hochfrequenz trat also bei den hohen Tönen ein, und zwar um so stärker, je höher der Ton war.¹⁴⁰⁰

Dieses irritierende Ergebnis dürfte wohl damit zu erklären sein, dass die – unvermeidlich zunächst nur geschätzte – HF-Stromstärke einfach zu groß war. In diesem kritischen Entwicklungs-Stadium halfen nur systematische Experimente weiter, die vor allem zeigten, dass sich die Aufzeichnung mit Hochfrequenz-Vormagnetisierung grundsätzlich und weitgehend von der mit Gleichfeld unterscheidet. Obwohl Weber dem Magnetophon nur Teile seiner Arbeitszeit widmen konnte, war hier also zeitaufwendige Grundlagenforschung zu leisten. Zunächst war einmal die HF-Stromstärke zu bestimmen, die optimale Aufnahmen lieferte, also der Arbeitspunkt zu definieren. Was Weber dann herausfand, besitzt unstrittig erfinderische Priorität, blieb aber wegen der unübersichtlichen Zusammenhänge lange ungewürdigt; auch den japanischen Vorerfindern der Hochfrequenz-vormagnetisierung blieb dies verborgen. Sie senkte nämlich nicht nur das Bandrauschen um 10 dB ab,¹⁴⁰¹ sondern bot insgesamt neue, vorteilhafte Aufzeichnungsbedingungen. Musste man nämlich bei Gleichstrom-Vormagnetisierung die Höhen vor der Aufzeichnung *abschwächen* (Abbildung 213, links), war es jetzt möglich, einen Teil der notwendigen *Höhenanhebung* in den Aufnahmevorgang zu verlagern. Das ermöglichte, den Frequenzgang von 5 kHz auf 10 kHz zu erweitern, ohne das Bandrauschen mehr als notwendig anzuheben.¹⁴⁰² Die optimale Balance beim Verteilen kann aber nur finden, wer die Amplitudenstatistik und ihre Bedeutung kennt (also die Intensitäts- oder Energieverteilung in tiefen, mittleren und hohen Tonlagen vor allem bei Musikdarbietungen) und die Gegebenheiten mit den vorhandenen Mitteln zu nutzen versteht. Als eindrucksvolles Gesamtergebnis verbuchte Weber eine Dynamikverbesserung von 20 dB, und zwar bei niedrigen Verzerrungen, und einem Frequenzgang, der um eine volle Oktave nach oben erweitert war.

Schließlich stellte sich noch heraus, dass auch der Löschkopf mit Hochfrequenz-Strom betrieben werden musste. Die neue Bauart sah äußerlich, abgesehen von einem breiten Spalt, dem Aufnahme- und Wiedergabekopf ähnlich.

Webers zweite große Leistung bestand also darin, dass er die überraschende Verhaltensweise des Magnetbands unter Hochfrequenz-Einfluss mit den von der Programmseite gestellten Aufgaben sinnvoll auszutarieren verstand und damit den praktischen Wert seiner Entdeckung sofort zielstrebig für die Praxis nutzbar machte. Weber und von Braunmühl erkannten schnell: sie waren auf dem besten Weg, das Magnetophon sprunghaft so weit zu verbessern, „dass die Wiedergabegüte nunmehr die aller bekannten Schallaufzeichnungsverfahren übertrifft.“¹⁴⁰³

Folgerichtig waren auch neue Verstärker zu konstruieren: V 5 hieß der Wiedergabe-, V 7b der neue Aufnahmeverstärker mit dem HF-Generator. Dank der Rauschminderung war jetzt ein Entwicklungsstand erreicht, bei dem „das Grundgeräusch des Magnetophons mit Hf-Aufzeichnung kleiner als das des in der Übertragungskette verwendeten Verstärkers“ gewesen sei soll¹⁴⁰⁴ – daraus ist wohl zu folgern, dass rauschärmere Röhren auch in der Magnetophon-Anlage selbst noch weiteren Dynamikgewinn gebracht hätten. Für den kritischen Wiedergabeverstärker V 5 stand nur der Standardtyp EF 12 zur Wahl, und der V 7b mit seinen auch zur NF-Verstärkung eingesetzten, kaum auf Rauschen optimierten Leistungspentoden EL 11 war absichtlich mit Leistungsreserve gebaut.¹⁴⁰⁵ Auch die Lösch- und Aufnahmeköpfe waren den neuen Betriebsbedingungen anzupassen. Im „Kopfräger R 7a“ war ein Aufnahmekopf mit ca. 40 µm Spaltbreite eingesetzt, der 150 Windungen und eine nominelle Induktivität von 7 mHy aufwies (anstelle der beim Gleichstrom-Kopf vorhandenen 2 x 550 Windungen, Induktivität 70 mHy). Der Wiedergabekopf, Spaltbreite 20 µm, hatte 2 x 250 Windungen behalten, doch war die Induktivität auf 80 mHy heruntergesetzt worden. Die Braunbuch-Beschreibung übergeht den neuen, kompakteren Löschkopf,¹⁴⁰⁶ der die klobigen Schüller-Müller-Ernesti-Boliden ablöste: HF-Löschköpfe glichen seither weitgehend den jeweiligen Ringkopftypen, hatten allerdings einen wesentlich breiteren Spalt (etwa 200 µm) und waren wegen der hohen Löschströme mit dickerem Draht bewickelt.

Technisch-kommerzielle Auswertung

Wie so oft, folgte auch dem Glücksfund Hochfrequenzvormagnetisierung intensive Arbeit, darunter am 28. Juli 1940 die Patentanmeldung. Für den 19. August 1940 arrangierten von Braunmühl und Weber eine Vorführung vor AEG-Mitarbeitern,¹⁴⁰⁷ die nun ihrerseits kreativ wurden und eine Serie von Schutzrechten anmeldeten – wohl in der Absicht, die AEG-Position zu stärken, als abzusehen war, dass man mit von Braunmühl und Weber

über eine Lizenz verhandeln müsste. Diese meldeten im Gegenzug bis Ende Oktober 1940 acht Patente an, darunter einen Vorschlag für Magnetton- anstelle von Lichtton auf Bildfilm¹⁴⁰⁸ und einen ersten Hinweis auf die spätere Magnetfilmtchnik.¹⁴⁰⁹ Der Vertrag, also das Lizenzabkommen zwischen beiden Parteien, wurde am 21. Februar 1941 unterzeichnet.¹⁴¹⁰ Am wertvollsten erwies sich verständlicherweise die Anmeldung „Hochfrequenzbehandlung von Magnetogrammträgern“,¹⁴¹¹ das spätere Patent DE 743 411.¹⁴¹²

RRG: Betriebseinführung der Hochfrequenz-Magnetophone R 22a

Mit den ersten RRG-internen Vorführungen des „neuartigen Schallaufnahmeverfahrens“ konnte Weber schon am 19. August 1940 die erweiterte Dynamik wie den verdoppelten Tonhöhen-Übertragungsbereich eindrucksvoll demonstrieren: selbst die damalige Labor-Apparatur war mit diesen technischen Daten allen anderen Verfahren eindeutig überlegen.¹⁴¹³ An dieser Erst-Vorführung nahmen übrigens auch Friedrich Matthias von I.G. Farbenindustrie (und sein damaliger Chef Karl Holzach) teil, ohne dass sich zumindest in den erhaltenen Ludwigshafener Akten eine Reaktion darauf finden lässt.¹⁴¹⁴

Im November 1940¹⁴¹⁵ war in Zusammenarbeit mit der AEG eine erste praxistaugliche Anlage fertig,¹⁴¹⁶ sozusagen der Prototyp des „Magnetofon R 22a“ (Abbildung 214) mit zugehörigen Verstärkern (Abbildung 215). Die revolutionäre Neuerung wurde ab Sommer 1941 Zug um Zug bei der RRG eingeführt – sicher langsamer als zu wünschen gewesen wäre, denn da die AEG nur die jetzt benötigten, zahlreichen neuen Laufwerke liefern konnte, mussten die RRG-Labors die HF-geeigneten Wiedergabeverstärker V 5 und die Aufnahmeverstärker V 7b (mit HF-Generator für Löscho- und Vormagnetisierungsstrom) erst entwickeln und zumindest bis Anfang 1942 auch selbst bauen.¹⁴¹⁷ Entsprechend datierte und beschriftete Erstfassungen der V 7b- und V 5-Schaltpläne stammen schon vom April 1941.

Welchen Stellenwert die RRG inzwischen den HF-Magnetofonen zumaß, ist auch am Umfang der Unterlagen im Braunbuch ablesbar. Waren R 22, R 7, V 7 und V 5 nur als Einzelgeräte beschrieben, erschien Ende 1942 eine immerhin siebzehn Seiten starke Kombination aus Beschreibung und Betriebsanweisung für die „Magnetofon-Schallaufnahme R 22a“, zu der jeweils zwei Laufwerke R 22a mit den Kopfträgern R 7a, Aufsprechverstärkern V 7b, Wiedergabeverstärkern V 5 sowie diverse weitere Netzteile, Verstärker, Meß- und Schalteinrichtungen gehörten (nicht zu vergessen die Holztruhen R 63).

Da die Verzögerung vor allem am Verstärkerbau lag, fand die AEG schließlich den Ausweg, die Fertigung zu der bekannten Pariser Radiogerätfirma Eugène Ducretet zu verlagern (Frankreich war seit 1940 von Deutschland besetzt). Gegen Ende September 1943 musste die AEG allerdings feststellen, dass 154 von Ducretet gelieferte, für die RRG bestimmte „HF-Verstärker“ nicht einsatzfähig waren und umgebaut werden mussten – also möglicherweise 77 Verstärkersätze. Von den 160 verbesserten Magnetofon-Geräten R 22a mit ihren kräftigeren Ton- und Wickelmotoren,¹⁴¹⁸ die die RRG 1942 bestellt hatte (oder die ihr genehmigt worden waren), dürfte demnach ein beträchtlicher Teil nicht termingerecht in Betrieb gegangen sein (siehe dazu Tabelle 4, Seite 210).¹⁴¹⁹ Ausgerechnet mangelnde Verfügbarkeit bremste also den großen Durchbruch des HF-Magnetophons!

Ungeachtet dieser auch kriegsbedingten Verzögerungen verfügte der Rundfunk jetzt endlich über das „ideale Aufzeichnungsverfahren“¹⁴²⁰, und zwar ohne Wenn und Aber: „Noch kein Verfahren hat so schnell und uneingeschränkt die Zustimmung des Betriebes, vor allem von Seiten der Programmgestalter, gefunden“;¹⁴²¹ 1944 ist der deutsche Rundfunk „ohne Hochfrequenzmagnetofon schlechthin nicht mehr denkbar“.¹⁴²² Und das galt vor allem für die anspruchsvollsten Sendungen des Rundfunks: Musik- und Hörspielproduktionen. Hochfrequenz-Vormagnetisierung, dieses erste und wenigstens sechs Jahrzehnte lang angewandte System zur Rauschminderung und Dynamikverbesserung, hatte dem Magnetophon-System eine Qualitätssteigerung gebracht, die subjektiv am ehesten mit einem Sprung von der Schellackplatte zur CD zu vergleichen wäre. – Es ist natürlich vor allem den Zeitumständen zuzuschreiben, dass sich die keineswegs voll ausgereiften R 22a-Laufwerke bis Anfang der 1950er Jahre in deutschen Rundfunkanstalten behaupten konnten, meist nach Tausch des Tonmotors gegen einen Synchron-Typ. Offenbar sind nur wenige Exemplare erhalten geblieben.¹⁴²³

Hochfrequenz-Vormagnetisierung: Vor-Erfinder und Pechvögel

Dass die deutschen Patentschriften Erfinder in alphabetischer Reihenfolge anführen, hat zu vielen Spekulationen über den Anteil von Braunmühls an DE 743 411 geführt. Es ist mit großer Sicherheit so, dass zu seinem Part sowohl die Verhandlungen mit der AEG als auch diverse diffizile Aktionen im Verlauf der Patentprüfung und -erteilung gehörten. Zudem unterhielt er mit Weber eine (nicht vertraglich vereinbarte, doch offensichtliche) Autoren-Partnerschaft, der schon frühere Patente und Veröffentlichungen zu verdanken sind.

Vielfach bestätigt die Magnetbandtechnik das chaotische Gesetz, wonach jede gute Sache wenigstens zweimal erfunden werden muss. Nur folgerichtig, dass 1940 auch die Hochfrequenz-Löschung und -Vormagnetisierung, strikt patentrechtlich betrachtet, schon eine bekannte Sache war. An erster Stelle der Erfinderriege stehen zwei Angehörige der US-Marine, Wendell L. Carlson und Glen W. Carpenter, die am 26. März 1921 das US-Patent USP 1,640,881, „Radio Telegraph System“, anmeldeten.¹⁴²⁴ Sie führen darin aus, dass Störgeräusche, besonders bei hoher Wiedergabe-Verstärkung, das Erkennen auf Magnetdraht aufgezeichneter Morsesignale („radio telegraphy“) behindern. Durch Zufall oder aufgrund fast genialischer Inspiration erkannten sie, dass sie dem aufzuzeichnenden Morsesignal einen Wechselstrom hoher Frequenz – „preferably above 10,000 cycles per second“ – überlagern mussten, um zu besseren Aufzeichnungen beziehungsweise niedrigeren Fehlerquoten zu kommen:

„obtained to a greater degree and without the disadvantages encountered in the reproducing process, i. e., objectional noises“. Sie verminderten damit jenen Störpegelanteil, der „from the unevenly magnetized steel wire and the vibration of the wire as it passes the reproducing signal heads“ ausgeht. Einen Weg zu „hoher Wiedergabetreue“ haben Carlson & Carpenter damit zwar gefunden, aber dessen tatsächliches Ziel und Potential konnten sie nicht erkennen: ihre Aufzeichnungs-Materie war einfach ungeeignet. Dies hat ihnen den Blick auf die eigentliche Bedeutung ihrer Erfindung versperrt; vielleicht waren sie auch, wie weiland Oberlin Smith, ihrer Zeit zu weit voraus

Als nächster „Doppelerfinder“ ist Erwin Lehrer in Ludwigshafen zu nennen, der bereits 1934 bei seinen Untersuchungen an Magnetmaterialien mit Hochfrequenz gearbeitet hatte, aber zu keiner Patentanmeldung gekommen war; siehe den Arbeitsbericht auf Seite 84¹⁴²⁵

Ohne hier eine angemessene Zusammenfassung der japanischen Beiträge zur magnetischen Speichertechnik geben zu können, sind wenigstens einige herausragende Arbeiten zu erwähnen. In den 1930er Jahren forschten Kenzo Nagai und seine Mitarbeiter auf diesem Gebiet und kamen zu respektierlichen Erkenntnissen, die gewissermaßen im Patent „Magnetic Recording System using AC as Bias“ (JP 136 997, angemeldet am 3. März 1938) kulminieren. Eine gleichzeitige japanische Publikation von Kenzo Nagai, Siro Sasaki und Junosuke Endo, in englischer Übersetzung erschienen im November 1938, „Experimental Consideration upon the A.C. Erasing on the Magnetic Recording and Proposition of the New Recording Method“,¹⁴²⁶ schließt mit den Worten „Therefore rather to use high frequency for erasing action it is more useful to use high frequency for A.C. biasing to improve the recording.“ Damit war die Katze aus dem Sack: Hochfrequenzvormagnetisierung verbessert die Aufzeichnungsqualität. Leider ist nicht bekannt geworden, ob Nagai und seine Mitarbeiter hier lediglich Laborforschung trieben oder in welcher praktischen Anwendung sie ihre Erkenntnisse umgesetzt haben. Dass die Hochfrequenz-Vormagnetisierung eine vorteilhaftere Aufteilung der „Entzerrung“ auf Wiedergabe- und Aufnahmezweig erlaubt, scheint ihnen verborgen geblieben zu sein – Walter Weber hatte erkannt, dass er damit einen weiteren großen Dynamikgewinn erzielen konnte. Als Nebeneffekt befand sich Japan, als dort um 1950 die ersten Magnetbandgeräte mit Hochfrequenz-Löschung und -Vormagnetisierung gebaut wurden, patentrechtlich auf der sicheren Seite. – Wie gut man in Nippon mit dem europäischen Kenntnisstand vertraut war, zeigt eine Veröffentlichung Nagais von 1940, „On Magnetic Sound-Recording Materials“, die als Referenzen alle einschlägigen deutschen und englischen Veröffentlichungen von 1921 bis 1937 aufführt.¹⁴²⁷

Chronologisch Nächster in der Erfinderrunde ist US-Amerikaner Dean E. Wooldridge, der von 1936 bis 1946 in den Bell Telephone Laboratories (BTL) arbeitete. Am 29. Juli 1939 reichte er eine Patentschrift mit dem knappen, altmodischen Titel „Magnetic Telegraphone“ ein, und ebenso bündig umschreibt er den Zweck seiner Erfindung: „to extend further the useful volume range of telegraphone systems“, ohne sich näher darüber auszulassen, wie und wozu er diese Qualitätssteigerung nutzen will. Ein interessantes Detail: der HF-Generator soll eine starke Grund- und schwächere Oberwellen erzeugen; mit der stärksten Schwingung soll der Löschkopf gespeist und so der Träger gelöscht, eine schwächere soll dem Aufnahmekopf zwecks Vormagnetisierung zugeführt werden.¹⁴²⁸ – Bei der Patentrecherche stieß BTL übrigens auf das Carlson-Carpenter-Patent von 1927, was zwar die Hoffnung auf die Priorität bei einer wichtigen Erfindung zunichte machte, aber immerhin zu einer Reihe von weiteren Schutzrechten führte.¹⁴²⁹

Nach dem deutschen „Zwischenspiel“ 1940 / 1941 erscheint wieder ein Amerikaner, und zwar der spätere Doyen der Magnetspeichertechnik in den USA, Marvin Camras. Er reichte drei Tage vor Weihnachten 1941 – nicht weniger als ein halbes Jahr nach der Veranstaltung im UFA-Palast Berlin (siehe unten) – eine umfangreiche Patentschrift „Methods and Means of Magnetic Recording“ ein und wurde so zum vielleicht prominentesten, jedenfalls letzten Opfer der Doppelpatentierungswelle „Hochfrequenzvormagnetisierung“.¹⁴³⁰

Zu nennen ist auch ein „Geisterpatent“ vom 20. Oktober 1940, „Verfahren zur magnetischen Schallaufzeichnung“ (DE 973 824) von Heinz Lübeck und Eduard Schüller.¹⁴³¹ Sie versuchen in dieser Schrift, kurz gesagt, die optimalen Voraussetzungen der Hochfrequenzvormagnetisierung festzuschreiben. Als erstes liegt die Vermutung nahe, sie hätten hier mit einem Flankenangriff die Ansprüche des DE 743 411 schmälern wollen; es kann aber auch durchaus sein, dass die AEG den hohen materiellen Wert der Braunmühl / Weber-Entdeckung mit einer zweiten Verteidigungslinie gegen patentrechtliche Angriffe schützen wollte. Für beide Annahmen spricht, dass relevante japanische Arbeiten (siehe oben) aufgeführt sind. Allerdings ist damit nicht zwingend bewiesen, dass insbesondere das JP 136 997 im Oktober 1940 in Deutschland schon bekannt war. Die Erwähnung kann nämlich durchaus im Lauf des Patenterteilungs-Verfahrens eingeflossen sein; es zog sich bis zum 15. Januar 1960 hin, als längst niemand mehr ein Interesse daran hatte, das gut vier Jahre zuvor abgelaufene DE 743 411 anzugreifen.

Das vermutlich letzte Wort in Sachen Hochfrequenzvormagnetisierung hat das (offenbar nur in den USA eingereichte) Patent US 3,704,349 vom 18. Januar 1971: zwei japanische Ingenieure schlagen vor, die Amplitude des „eigentlichen“ Vormagnetisierungs-Stroms mit einer Schwingung weit höherer Frequenz zu modulieren, damit kurze Wellenlängen mit geringeren Verlusten aufgezeichnet würden – doch wie eine Patent-Revue bemerkt, „the explanations for this effect are obscure“, und die Erfindung dürfte auch nirgendwo angewandt worden sein.¹⁴³²

Als Nachtrag zum US-Patent „Magnetic Sound Recording System“ von James G. Alverson, angemeldet am 3. März 1931.¹⁴³³ Alverson moduliert das aufzeichnende Signal mit einer Hochfrequenzschwingung, „um das Tonfrequenzband in einen höheren Frequenzbereich zu transponieren, so dass die relative aufzuzeichnende Bandbreite kleiner ist als bei niederfrequenter Aufzeichnung. ... Es handelt sich hierbei also nicht um eine Überlagerung von

Hoch- und Niederfrequenz, sondern um eine Modulation des hochfrequenten Trägers.“¹⁴³⁴ Demnach hat dieses Patent mit Hochfrequenz-Vormagnetisierung nichts zu tun.

Fazit der Geschichte der Hochfrequenz-Löschung und -Vormagnetisierung: sie „ist ein typisches Beispiel für die Duplizität von Erfindungen, die an weit auseinanderliegenden Stellen vollkommen unabhängig voneinander gemacht werden.“¹⁴³⁵ Festzuhalten ist, dass die HF-VM-Erfinder vor von Braunmühl/Weber (Erwin Lehrer ausgenommen) mit „Vollmetall-Trägern“ gearbeitet haben. Wenn also Braunmühl / Weber ihre Entdeckung auf „gepulverte Magneto-grammträger“ beschränken mussten und angaben, aufgrund von Wirbelstrombildungen seien Bänder aus „Vollmetall“ nicht für die Hochfrequenzvormagnetisierung geeignet, so ist nicht mehr recht nachvollziehbar, auf welcher Grundlage das HF-Patent DE 743 411 erteilt werden konnte. Wie dem auch sei: mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit hat Weber seine Entdeckung selbständig gemacht und erfuhr erst im Lauf des Patentverfahrens von den Vorerfindern (auch da blieben Fragen: „zur Abgrenzung“ nennt DE 743 411 lediglich zwei nicht-relevante Patente). Anders als die Vorgänger haben freilich Weber und von Braunmühl erstens das Potenzial ihres Funds erkannt – siehe die rasche Folge der Patentanmeldungen im Herbst 1940 – und zweitens, noch wichtiger, energisch das Notwendige getan, um das neue Verfahren rasch, umfassend und wirkungsvoll für die Praxis nutzbar zu machen. Hierin liegen ihre eigentlichen Verdienste. Sie werden auch dadurch nicht geschmälert, dass die RRG besonders günstige Voraussetzungen bot, nämlich die betriebserprobten Gleichstrom-Magnetophone, die nur noch auf die entscheidende Verbesserung warteten.

AEG: neuer Ansatz für Magnetton-Filme

Man kann sich vorstellen, mit welchen Gefühlen Eduard Schüller jetzt an sein mißglücktes HF-Experiment vom Herbst 1934 dachte (Seite 84). Denn selbstverständlich hat eine derartig umwälzende Erfindung wie die Hochfrequenzvormagnetisierung nicht nur ihre technische Seite, also die RRG mit einigen Dutzend Magnetophon-Schallaufnahmen R 122 auszurüsten. Vielmehr erkannte die AEG (ebenso wie Weber und von Braunmühl) in der Weltspitzen-Qualität des Magnetophons ein beachtliches wirtschaftliches Potenzial, ging es doch um Lizenzen und Märkte auf den Geschäftsfeldern Rundfunk und Schallplattenindustrie, nicht zuletzt auch bei der Spielfilmproduktion. Wenn auch viele Handelsbeziehungen seit Kriegsbeginn abgeschnitten waren, zeichneten sich noch lukrative Export-Chancen ab, auch der Inlandsmarkt florierte vorerst. Folgerichtig machten sich AEG-Ingenieure bei der Filmtechnischen Zentralstelle (FTZ, „Generalbeauftragter für die deutsche Filmtechnik und Betreuer der reichsunmittelbaren Filmgesellschaften“, praktisch also für die Vereinheitlichung der Produktionstechnik aller deutschen Filmgesellschaften) über die speziellen Einsatzbedingungen für den Magnetton beim Kinefilm sachkundig.¹⁴³⁶ Zwei der interessantesten Resultate, Eduard Schüllers Patente DE 882 956 (10. Dezember 1940) und DE 883 836 vom 24. Dezember 1940, in dem er das später „Piloton“ genannte Synchronisations-Verfahren skizziert, sind im Zusammenhang auf Seite 213 näher beschrieben.

Kaum hatte sich also das Potenzial der Hochfrequenzvormagnetisierung in Fachkreisen herumgesprochen, meldete die deutsche Spielfilmproduktion lebhaftes Interesse an, den technisch etwas kritischen Lichtton zumindest schrittweise vom qualitativ überlegenen Magnetton ablösen zu lassen. Besonders aufmerksam verfolgte man die Neuigkeiten bei der UFA. So veranlasste Heinz Orlich, lange Jahre UFA-Tonfachmann, den FTZ-Leiter Richard Schmidt, zuvor leitender Agfa-Mitarbeiter, Kontakt zu AEG-Direktor Hans Heyne aufzunehmen, der auch prompt positiv reagierte.¹⁴³⁷

10. Juni 1941: Das Hochfrequenz-Magnetophon im UFA-Palast am Zoo, Berlin

Konkret schlug Orlich als Auftakt eine gemeinsame Veranstaltung der AEG und der UFA vor, um das neuartige System der Öffentlichkeit (also den Entscheidungsträgern aus Politik und Wirtschaft sowie weiteren potenziellen Interessenten) zu präsentieren. Die AEG scheint bemüht gewesen, den erfinderischen Anteil von Braunmühls und Webers eher herunterzuspielen. Allerdings war es schlecht möglich, die RRG zu übergehen, die ihre Bedeutung immer in Konkurrenz zu der der Filmproduktion (also der UFA) sah, sich diesem Medium wohl auch überlegen fühlte. Sich die spektakuläre Innovation einfach aus den Händen nehmen zu lassen, kam für die Rundfunkingenieure selbstredend nicht in Frage. Wie aus Andeutungen der Beteiligten herauszulesen ist, muss nun ein verwinkeltes Intrigenspiel eingesetzt haben, in dem die RRG anscheinend nicht alle Interessen durchsetzen konnte. Um es vorweg zu nehmen: bei der spektakulären Veranstaltung trat kein Vertreter der RRG auf, selbst die aufwendig gedruckte Einladung missfiel dem Technischen Direktor Hans Hubmann dermaßen, dass er den eigenen Aussendungen eine Klarstellung der RRG beilegen ließ (Abbildung 216).¹⁴³⁸ Immerhin hatte die RRG die Genugtuung, den abschließenden, unverkennbar zukunftsweisenden Musikbeitrag beizusteuern – ganz zu schweigen davon, dass das HF-Magnetophon seit der Jahreswende 1941/1942 zwar die Musikstudios eroberte, der Magnetfilm aber, ungeachtet vielversprechender Ansätze, vor allem der Zeitumstände wegen erst nach Ende des Zweiten Weltkriegs, also gegen Ende der 1940er Jahre, zum Zug kam.

Im Lauf wochenlanger Vorbereitungen einigte man sich schließlich Ende März, Anfang April 1941 auf den Termin 10. Juni 1941. Von Braunmühl hätte „aus technischen und gesellschaftlichen Gründen“¹⁴³⁹ den „Gloria-Palast“ vorgezogen, doch legten Richard Schmidt und die UFA Wert darauf, die Veranstaltung in ihren renommierten „UFA-Palast am Zoo“ zu holen, der Uraufführungsstätte so berühmter Filme wie DER LETZTE MANN (23. Dezember 1924), METROPOLIS (10. Januar 1927) und, schwere Jahre später, MÜNCHHAUSEN (5. März 1943), obwohl die Lautsprecheranlage in dem stark höhengedämpften Saal nicht mehr Stand der Technik war.¹⁴⁴⁰ Es ist immerhin

ungewöhnlich, wenn eine Firmenpräsentation „vor *kleinem Kreis*“, ¹⁴⁴¹ nämlich gut 2000 „Vertretern von Partei, Wehrmacht, Tonfilmindustrie, Rundfunk“ ¹⁴⁴² und mehr als 80 Journalisten, ¹⁴⁴³ im größten Kino des Landes ¹⁴⁴⁴ stattfindet, aber der Vorhang vor der Leinwand geschlossen bleibt. Die Tonbeispiele für die offizielle Premiere des „*neue[n] Magnetton-Verfahren[s] ... für besonders störräuscharme und hochqualitative Tonaufnahme und Wiedergabe*“ ¹⁴⁴⁵, das in Andeutungen seit Monaten bei Schallplattenfirmen und Filmstudios die Runde machte, stellten überwiegend die Studios der Gesellschaft Telefunkenplatte (die wenig später von Siemens zur AEG kam).

AEG

Die
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft

gibt sich die Ehre

zu der am Dienstag, dem 10. Juni, vorm. 11³⁰ Uhr, im

Ufa-Palast am Zoo

Hardenbergstraße 20

vor *kleinem Kreis* stattfindenden ersten Vorführung
ihres neuen Tonaufzeichnungs-Verfahrens einzuladen.

Das neue Magnetton-Verfahren wurde für besonders störräuscharme und hochqualitative Tonaufnahme und Wiedergabe entwickelt.

Vortragsfolge

- | | |
|---|--|
| 1. Begrüßung | Direktor Dr.-Ing. Heyne AEG |
| 2. „Les Préludes“ von Franz Liszt
(gespielt vom Orchester der Städtischen Oper, Charlottenburg)
Dirigent Staatskapellmeister Lütze | |
| 3. Technische Einführung | Dr.-Ing. Schepelmann AEG |
| 4. Aus „Dorfschwalben aus Österreich“ von Joh. Strauß
Aus der Arie aus „Linda di Chamounix“ von
Donizetti
(gesungen von Erna Sack) | |
| 5. Anekdote von Heinrich v. Kleist
(gesprochen von Heinrich George) | |
| 6. Über Anwendungsmöglichkeiten des Verfahrens im
Tonfilm | Dr. Richard Schmidt
Filmtechnische Zentralsstelle |
| 7. Aus dem „Forellenquintett“ von Franz Schubert
(gespielt vom Fehse-Quartett, Berlin, am Flügel F. Leitner) | |
| 8. „Mondscheinsonate“, letzter Satz, von L. v. Beethoven
(gespielt von Ferdinand Leitner) | |
| 9. Aus der 1. Sinfonie, 4. Satz, von Joh. Brahms
(gespielt vom Philharm. Orchester, Berlin)
Dirigent Wilhelm Furtwängler | |

Wiedergabe der Darbietungen mit dem neuen AEG-Magnetophon-Gerät

Durch langjährige enge Zusammenarbeit zwischen AEG und RRG ist es gelungen, die magnetische Tonaufzeichnung zum heutigen Spitzenverfahren auszubauen.

In seiner Grundform ist dieses Verfahren bereits seit einiger Zeit bei Reichssendern und Propagandakompanien in Betriebe eingeführt und hat sich bestens bewährt.

Die Direktion der AEG veranstaltet am 10. Juni 1941 eine erste allgemeine Vorführung des neuen Magnetofons. Wir erlauben uns, Ihnen anliegend hierzu eine Einladung zu übersenden.

Reichs-Rundfunk-Gesellschaft

Abbildung 216: Die gemeinsame Einladung der AEG und der UFA, dazu die Beilegekarte der RRG (RECHTS UNTEN), Mai / Juni 1941



Abbildung 217: „Erstes HF-Magnetophon K 4“ – jedenfalls laut Archiv-Unterlagen. Das Meßgerät für den (Gleichstrom-)Vormagnetisierungsstrom fehlt ebenso wie die Wiedergabekassette, die beim „Standard“-K 4 an der Rückseite des Koffers zu sehen ist

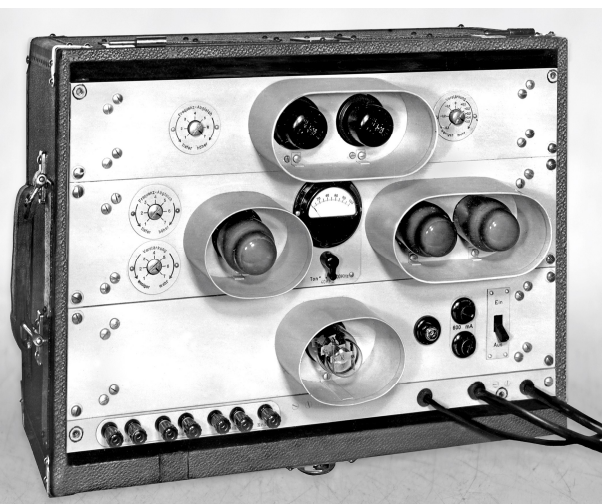


Abbildung 218: Der Verstärkersatz für das HF-Magnetophon. Von oben nach unten: Wiedergabeverstärker (V 5), Aufnahmeverstärker (V 7b), Netzgerät (N 7b). Die Buchsenpaare unten links dürften für Prüf- und Meßzwecke gedacht sein © Archiv GFGF

Richard Schmidt berichtete „Über die Anwendungsmöglichkeiten des Verfahrens im Tonfilm,¹⁴⁴⁶ ... wo es hauptsächlich zur Herstellung der „Primärbänder“ dienen kann ... Höchste Güte der Primärbänder und die betrieblichen Vorzüge des Magnettonverfahrens erleichtern die Aufnahmearbeit im Filmatelier“.¹⁴⁴⁷ Schmidt wusste nur zu genau, welche „Tonschwierigkeiten bei Anwendung des Farbfilms“¹⁴⁴⁸ die seit zwei Jahren laufende Produktion des ersten deutschen Farb-Spielfilms „FRAUEN SIND DOCH BESSERE DIPLOMATEN“ (Seite 213) behinderten,¹⁴⁴⁹ die die Hochfrequenzvormagnetisierung in absehbarer Zeit zu überwinden versprach. Einen weiteren Wortbeitrag lieferte Hans Schepelmann, bereichert um eine beeindruckende Demonstration: er unterbrach seinen Vortrag, und nach kurzer Pause waren seine letzten Worte über Lautsprecher zu hören – zum Erstaunen des Auditoriums war zwischen Original und Wiedergabe kein Unterschied wahrzunehmen¹⁴⁵⁰ (was beweist, dass die Vorführ-Magnetophonanlage auch aufnahmefähig war).

Am stärksten beeindruckt scheint das Publikum zunächst aber von einer wahrhaft „vollplastischen“ Heinrich-George-Rezitation der Kleist'schen „Anekdote aus dem letzten preußischen Krieg“ gewesen zu sein, besonders tagesaktuell nach dem erst kurz zurückliegenden Frankreich-Feldzug. Technisch anspruchsvoller waren die Musikbeispiele: „Les Préludes“ von Franz Liszt, Gesangsaufnahmen mit Erna Sack, Klaviersoli sowie der Variationensatz aus Franz Schuberts *Forellenquintett* mit (dem später als Dirigent bekannt gewordenen) Ferdinand Leitner als Pianist und dem renommierten Fehse-Quartett. Wie noch heute nachvollziehbar, war der Sprung auf ein seinerzeit unerreichtes Qualitätsniveau gelungen.¹⁴⁵¹

Die weitreichendsten Zukunftsaussichten eröffnete allerdings die abschließende Darbietung: der 17 Minuten lange Vierte Satz aus Johannes Brahms' Erster Sinfonie c-moll op. 68, gespielt von den Berliner Philharmonikern unter Wilhelm Furtwängler in der Alten Philharmonie. Und zwar, anders als bis dahin technisch notwendig, „ohne dynamische Regelung“, also Einengung. Selbstverständlich lief die Aufzeichnung ohne Unterbrechung, für damalige Schallplattenhörer keineswegs selbstverständlich: die nur viereinhalb Minuten Spielzeit der Schellackplatte hätten vier bis fünf Unterbrechungen für Seiten- und Plattenwechsel (dazu meist noch den Tausch der Abspielnadel) erzwungen.

Die Erste Brahms-Sinfonie hatte Furtwängler auf das Programm für drei Konzerte am 15., 16. und 17. Dezember 1940 gesetzt, zusammen mit der Erstaufführung des „Rondino giocoso“ von Theodor Berger (1905 - 1992) und Bachs Fünftem Brandenburgischem Konzert, bei dem er den Klavierpart übernahm.¹⁴⁵² Die RRG übertrug die erste Wiederholung vom 16. Dezember 1940, technisch betreut von Furtwänglers bald lebenslangem Freund, dem RRG-Tonmeister Dr. Friedrich Schnapp,¹⁴⁵³ und hatte sie im Funkhaus an der Masurenallee mit einem Labormuster eines Hochfrequenz-Magnetophons aufgezeichnet.¹⁴⁵⁴ Von der ersten Notiz Walter Webers bis zur weitgehenden Praxisreife war kaum ein Dreivierteljahr vergangen.

Das Magnetophon hatte mit einem Schlag öffentlich bewiesen, dass es frei von den ärgerlichsten Schwachstellen der Plattentechnik war: es bot merklich höhere Dynamik, deutlich weniger Rauschen, eine Laufzeit von gut 21 Minuten pro Band (1.000 m bei der Bandgeschwindigkeit 77 cm/s), es kannte keine Knackser, die Aufzeichnung konnte schon Zehntelsekunden nach dem Aufnehmen und dann beliebig oft ohne Klangeinbuße abgehört werden und, nicht zuletzt: Korrekturen mittels Band-Schnitt und –Montage eröffneten völlig neue Produktionsbedingungen (Seite 174).

Vermutlich als Sonderveranstaltung für Betriebsangehörige wiederholte die RRG die Vorführungen im UFA-Palast etwa sechs Wochen später im Haus an der Masurenallee;¹⁴⁵⁵ diese Reprise könnte durchaus eindrucksvoller gewesen sein, da der Große Sendesaal den UFA-Palast akustisch deutlich übertraf.

Dass sich die Presse über die Veranstaltung detailliert und durchweg begeistert äußerte, liegt keineswegs nur an der „Gleichschaltung“, also den verbindlichen Vorgaben aus dem Reichspropaganda-Ministerium. Die Veranstaltung wurde als glänzender Erfolg dargestellt und galt als „wichtigste derartige Vorführung der letzten 6 oder 10 Jahre“,¹⁴⁵⁶ was Beiträge in Fachzeitschriften wie der renommierten „Akustischen Zeitschrift“¹⁴⁵⁷ und der Tagespresse als „ein Spitzenverfahren der elektrischen Tonaufzeichnung“ würdigten, „das eine völlige Umwälzung in der Schallaufzeichnung [...] zur Folge haben wird“.¹⁴⁵⁸ Rund vier Dutzend Berichte sind nachweisbar, vom notorischen „Völkischen Beobachter“ über die Hauptstadtresse bis zu Provinzzeitungen. Die Magnetophon-Technik war also keineswegs ein Staatsgeheimnis, wie nach 1945 verbreitet wurde – etwa in der Art, Hitler habe die Erfindung befohlen, damit die Alliierten seinen Aufenthaltsort während seiner Rundfunkreden nicht ermitteln könnten, doch viel mehr als erste Ansätze hätten die Nazis nicht zustande gebracht.

Wie und wann übrigens die Neuigkeit Hochfrequenzvormagnetisierung nach Ludwigshafen gelangte und wie sie dort aufgenommen wurde, ist nicht dokumentiert, nicht einmal, ob der für die Bandproduktion verantwortliche I.G. Farben-Direktor Karl Pflaumer, Friedrich Matthias oder Paul Friedmann an der UFA-Palast-Vorführung teilgenommen haben.¹⁴⁵⁹ Lediglich eine dürre Notiz über eine Direktionsbesprechung der I.G. Farbenindustrie beweist, dass Pflaumer das Berliner Ereignis in Ludwigshafen zur Kenntnis genommen hatte, ohne dass der Eindruck entsteht, man habe seine volle Bedeutung erfasst.¹⁴⁶⁰ Dazu passt, dass ausgerechnet die für Ludwigshafen zuständigen NS-Presseorgane „Frankenthaler Zeitung“ und „NSZ-Westmark“ das Berliner Ereignis nicht zu würdigen wussten.¹⁴⁶¹ 1943, als der tatsächliche Wert der Hochfrequenzvormagnetisierung offensichtlich war, machte Pflaumer allerdings den – hoffentlich auch umgesetzten – Vorschlag, den Herren von Braunmühl und Weber einen „einmaligen Anerkennungsbetrag“ zukommen zu lassen.¹⁴⁶²

Wie bedenklich es allerdings wäre, die Matinee vom 10. Juni 1941 für eine unpolitische Veranstaltung zu halten, verdeutlicht, dass als Ouvertüre der Veranstaltung Franz Liszts Tondichtung *Les Préludes* diente. Niemand anderes als Goebbels persönlich hatte gerade in diesen Tagen das Hauptthema zur „*Siegesfanfare*“ zusammenstreichen lassen, die bald wieder und wieder als martialisches Leitmotiv Sondermeldungen des *Großdeutschen Rundfunks* und der Wochenschauberichte einleiten sollte. Als *Russland-Fanfare* gehörte sie zum Propaganda-Arsenal des von langer Hand geplanten Kriegs gegen Russland, der kaum vierzehn Tage später losbrechen sollte.¹⁴⁶³

Exkurs VI: Wilhelm Furtwängler (1886 – 1954)

Biographien von Musikern älterer Generationen verschweigen meist mehr oder weniger diskret, unter welchen technischen Bedingungen auf Tonträgern überlieferte Interpretationen zustande gekommen sind. Das gilt auch für Wilhelm Furtwängler, der bei Experten wie Laien als führender Dirigent seiner Epoche gilt, vielleicht sogar als Bedeutendster seines Fachs. So ist es mehr als nur ein glücklicher Zufall, dass gerade er und „sein“ Spitzenorchester, die Berliner Philharmoniker, als erste die Qualität des Hochfrequenz-Magnetophons und die gebotenen neuen Arbeitsbedingungen kennenlernten – und umgekehrt das Magnetophon im Dezember 1940 seine Vorteile anhand bestmöglicher Darbietungen als „Testmaterial“ beweisen konnte.

Es ist nicht zuviel gesagt, dass mit dem Konzert vom 16. Dezember 1940 (Seite 195) so etwas wie eine neue Epoche begann (wenn man den Beecham-Konzertmitschnitt vom 19. November 1936 (Seite 100) wegen seiner technisch unzulänglichen Qualität einmal außer Acht lässt). Der „Großdeutsche Rundfunk“ übertrug die Veranstaltung, ein Labor-Magnetbandgerät im Haus an der Masurenallee nahm zumindest Teile als betrieblichen Test auf. Hans Schießer, damals Laborleiter bei der AEG, erinnerte sich:

Furtwängler war von der Aufnahmequalität begeistert, er ließ sich die Aufnahmen immer und immer wieder vorführen. Er hatte noch nie erlebt, dass man während oder kurz nach der Aufnahme, und mit einer solchen Qualität, abhören kann.¹⁴⁶⁴

Schießer spricht damit eine weitere Schwäche der damaligen Schallplatten-Aufnahmetechnik an: Die zentimeterdicken Wachsplatten konnten zum Abhören allenfalls zwei Mal abgespielt werden, sonst waren sie für die „Schwarzplatten“-Produktion nicht mehr zu gebrauchen.

Furtwängler erkannte bei seiner ersten Begegnung mit dem Magnetophon intuitiv dessen wichtigste Vorteile. Mit seinem Einverständnis, die Brahms-Aufnahme im UFA-Palast vorzuführen, hat er dem neuen Verfahren gewissermaßen Praxisreife bestätigt, was bei der künstlerischen Potenz und dem Renomme der Interpreten umso schwerer wog. Braunnühls RRG-Labor hatte offensichtlich die Genehmigung, für eigene Zwecke Veranstaltungen mitzuschneiden, allerdings wurden diese Bänder im offiziellen Schallarchiv der RRG nicht registriert. Außer der Brahms-Aufnahme vom Dezember 1940 ist zumindest ein weiterer Teil-Mitschnitt nachgewiesen, nämlich vom ersten der drei Furtwängler-Konzerte vom 2., 3. und 4. Februar 1941, als deren Abschluss er jeweils Bruckners Siebte Symphonie dirigierte. Deren zweiter Satz beschloss am 21. Juli 1944 die Gedenkfeier für Walter Weber (Seite 185); dass von Braunnühl die Aufnahme in seiner Ansprache erwähnt, ist nahezu der einzige Beweis für ihre Existenz. Leider scheinen diese Bänder, wie vermutlich auch andere, verschollen zu sein.

Dass die offiziellen Magnetband-Konzertaufzeichnungen Furtwänglers erst 1942 einsetzten, liegt an seinem Skiunfall im Frühjahr 1941, dessen Folgen ihn monatelang an Auftritten hinderten.¹⁴⁶⁵ Die RRG ihrerseits musste bezeichnenderweise bis ins Spätjahr 1941 auf die ersten vier serienmäßigen HF-Magnetophon-Geräte für ihre Studios warten, weil die Produktionslinie der AEG weitgehend von Wehrmachtsaufträgen („*Tonschreiber*“) blockiert war.¹⁴⁶⁶

Es ist vermutlich kein Zufall, dass Furtwängler, nachdem er im Februar und März 1942 bei Live-Übertragungen der RRG die ungleich günstigeren Arbeitsbedingungen einer Magnetbandproduktion kennengelernt hatte, während des Zweiten Weltkriegs nur zu zwei größeren kommerziellen Plattenproduktionen zu bewegen war. Die Telefonplatte hat in ihrem damaligen Aufnahmestudio, dem Konzertsaal der Berliner Singakademie, das *Adagio* aus Bruckners Siebter Sinfonie (1. April 1942) ebenso wie Glucks Ouvertüre zur Oper *Alceste* (28. Oktober 1942) auf Magnetband festgehalten.¹⁴⁶⁷ Das *Adagio* erschien auf nicht weniger als sechs Schallplattenseiten – das heißt, auch diese Aufnahmen entstanden zu den Bedingungen der Schellackplatte (siehe Seite 174) und damit in sechs getrennten Abschnitten. Weitere Matrizen für diese sehr erfolgreiche Plattenproduktion dürften mit Hilfe der – ebenfalls verschollenen – Magnetbandaufnahmen geschnitten worden sein; die spätere, für die Langspielplatte kombinierte Fassung dauert 22'50".

Aus den Kriegsjahren 1942 bis 1945 liegen heute noch zahlreiche RRG-Aufnahmen Furtwänglers vor (teils mit den Berliner, teils mit den Wiener Philharmonikern¹⁴⁶⁸). Der Vergleich des Bestands mit einer umfangreichen Diskographie der Furtwängler-Aufnahmen zwischen 1942 und 1945 zeigt,¹⁴⁶⁹ dass ein beachtlicher Teil der entsprechenden Schallplatten-Veröffentlichungen letzten Endes auf diese Magnetbandaufnahmen zurückgeht (dazu mehr weiter unten). Und verblüffenderweise können auch die Mitschnitte der Stockholmer Furtwängler-Konzerte vom 25. November 1942, 12. Mai und 8. Dezember 1943 von Hochfrequenz-Versionen des Magnetophons K 4 stammen – Sveriges Radiotjänst hatte etwa zehn dieser Maschinen im Austausch für Lieferungen nach Deutschland erhalten, allerdings nur mit einer sehr knappen Erstausrüstung an Magnetbändern.¹⁴⁷⁰

Verloren sind auch Aufnahmen von den Bayreuther Festspielen 1944, bei denen Wilhelm Furtwängler einige Aufführungen der damals ausschließlich gespielten Wagner-Oper „Die Meistersinger von Nürnberg“ dirigierte. Die RRG hatte sie nicht nur mit ihrem Stereo-Ü-Wagen (Seite 206) in voller Länge aufgezeichnet, sondern auch Furtwängler in Ausschnitten vorgeführt.¹⁴⁷¹ Zeuge dieser für die meisten Beteiligten ersten Begegnung mit der Stereophonie ist niemand anderes als Wolfgang Wagner (eines der Enkelkinder des Komponisten), der auch Furtwänglers Faszination bezeugt hat – und das, obwohl der große Dirigent gegenüber allem Technischen meist eher skeptisch war.¹⁴⁷²

Vielleicht gibt es einen Zusammenhang zwischen diesem Stereo-Ü-Wagen und den fünf „*Magnetophonkonzerten*“ Furtwänglers vom Juni, Oktober und Dezember 1944, über deren Zustandekommen und Zweck bezeichnenderweise keine verlässlichen Angaben zu finden sind – einem ondit zufolge hatte Goebbels den Reichssender Wien veranlasst, diese Interpreta-

tionen aufzuzeichnen, denen wie anderen Dokumenten wohl „Ewigkeitswert“ zugesprochen wurde. Es wird nicht mehr festzustellen sein, ob der Stereo-Ü-Wagen im süddeutsch-österreichischen Raum verblieben und dort für diesen und vergleichbare Sonderzwecke mit angemessenen Aufgaben betraut worden ist. Die Original-Bänder der „Magnetofon-Konzerte“ scheinen nicht mehr auffindbar zu sein; ob es sich tatsächlich um Stereo-Aufzeichnungen gehandelt hat, lässt sich anhand der auf einen Summen-Kanal reduzierten Kopien nicht mehr feststellen.

Die Furtwängler-Aufnahme des Zweiten Satzes aus Anton Bruckners Siebter Symphonie (*Adagio*, siehe oben) der Telefunkenplatte ist in den Verdacht geraten, gewissermaßen als staats-offizielle Trauermusik in einer Rundfunksendung vom 1. Mai 1945 fungiert zu haben, als mit einem vollen Tag Verzögerung Hitlers Tod, tatsächlich: Selbstmord (30. April 1945), bekanntgegeben wurde. Wie die britische Zeitung Daily Mail am 2. Mai 1945 veröffentlichte, wurde eine etwa 28 Minuten lange Aufnahme des *Adagio* gesendet – das kann keineswegs die „nur“ 22'50“ dauernde Furtwängler-Aufnahme gewesen sein. Aller Wahrscheinlichkeit nach handelt es sich um eine Aufnahme mit Karl Böhm und den Wiener Philharmonikern vom Juni 1943 mit knapp 28 Minuten Laufzeit.¹⁴⁷³ Die ironische Pointe: Böhm hatte sich bekanntlich ostentativ mit dem Regime eingelassen, wohingegen Furtwänglers Verhältnis zur braunen Elite nach 1945 zwar anhaltend und kontrovers kritisiert wurde, aber letzten Endes nur unter den damaligen Verhältnissen verständlich ist.¹⁴⁷⁴

Die Geschichte der RRG-Aufnahmen Furtwänglers,¹⁴⁷⁵ die heute das Deutsche Rundfunkarchiv Frankfurt aufbewahrt, spiegelt Kriegs- und Nachkriegsgeschichte wider, denn aller Wahrscheinlichkeit nach lagen bei Kriegsende die größte Anzahl der Sendeband-Kopien noch in einem Schallarchiv des Funkhauses Masurenallee, das bereits am 13. Mai 1945, jetzt als „Berliner Rundfunk“, unter russischer Regie wieder auf Sendung ging. Um 1947/1948 suchte ein russischer Offizier etwa 1.500 Aufnahmen aus dem Schallarchiv zusammen und verbrachte sie nach Moskau, wo sie wie ein Staatsgeheimnis gehütet wurden. Als das verwüstete und ausgeweidete Berliner Funkhaus 1956 dem SFB übergeben wurde, war auch das 1946 noch gut bestückte Archiv leergeräumt.¹⁴⁷⁶ Es bleibt schon ein glücklicher Zufall, dass 1983 der Musikredakteur des SFB, Klaus Lang, bei einem privaten Besuch im damaligen Leningrad auf Furtwängler-Schallplatten russischer Produktion stieß, darunter Aufnahmen, die im Westen als verschollen galten, aber nur von RRG-Bändern stammen konnten.¹⁴⁷⁷

Es gehört zu Langs Verdiensten, dass er mit bemerkenswerter Ausdauer und Geschick einen großen RRG-Tonbandbestand geortet und seine Rückkehr nach Berlin erreicht hat. Eine erste „Rücklieferung“ 1987 umfasste bearbeitete Magnetbandkopien, erst 1991 kehrten 1482 sorgfältig verpackte RRG-Sendeband-Originale wieder ins Funkhaus Masurenallee zurück.¹⁴⁷⁸ Die technische Sicherung der Bandinhalte brachte die Nachfolger der Protagonisten von 1941 zusammen, freilich mehr als nur durch fünf Jahrzehnte und eine Generation von den damaligen Akteuren getrennt. Die Magnetbandsparte der BASF AG hatte 1987 bei AEG Olympia in Konstanz die Anpassung eines Magnetophons M 20 an die technischen Standards der RRG angeregt, einmal, um den älteren Bestand des eigenen Magnetbandarchivs überspielen zu können, vor allem aber, um ein passendes Abspielgerät zur Hand zu haben, wenn und falls die weitgehend verschollenen Stereo-Aufnahmen der RRG wieder auftauchen sollten (eine Hoffnung, die sich bisher nicht erfüllt hat). Diese Maschine wurde umgehend zum SFB gebracht, der damit in langwieriger Arbeit den gesamten Altbestand auf DAT-Kassetten überspielte – inzwischen sind die Aufnahmen auf zukunftssichere Träger transferiert. Der Furtwängler-Bestand ist 2019 in einer umfangreichen Neuauflage wiederveröffentlicht worden. Wenn man so will, standen also die historischen Furtwängler-Aufnahmen am Anfang wie am Ausklang der Hoch-Zeit der gut fünf Jahrzehnte dauernden Magnetband-Epoche.¹⁴⁷⁹

Magnetofon bei der RRG – Ambivalenz eines Tonträgers

Im Juni 1941 war der Zweite Weltkrieg knapp zwei Jahre alt, ein Jahr war seit der Kapitulation Frankreichs vergangen (22. Juni 1940), zwölf Tage nach dem UFA-Palast-Triumph überfiel die deutsche Wehrmacht die Sowjetunion (22. Juni 1941). Der Krieg verhinderte, dass die AEG und I.G. Farben ihren gemeinsamen Erfolg im zivilen Sektor auswerten konnten: in „normalen“ Zeiten wäre das Magnetophon geradewegs zum Exportschlager prädestiniert gewesen, gab es doch nirgendwo anders ein Schallaufzeichnungsverfahren mit einem so guten Preis-Leistungs-Verhältnis: ein System mit einem für Schnitt und Montage geeigneten Tonträger sowie transportablen Aufzeichnungsgeräten mit angepassten Verstärkern, vergleichsweise preiswert und weitgehend perfekt (vor allem dank der Hochfrequenzvormagnetisierung), dem qualitativ nichts Gleichwertiges gegenüberstand. Statt dessen reichte der zivile Anteil der Magnetophon-Produktion gerade, um die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft und einige bevorzugte Firmen zu versorgen. Als eine von unzähligen wirtschaftlichen Kriegsfolgen hatte die AEG, wie sich nach 1945 zeigen sollte, keine Chance, auf dem Weltmarkt die Position einzunehmen, die sie angesichts ihrer Entwicklungsleistungen verdient gehabt hätte.

Wenn auch diese Publikation vor allem die technische Entwicklung dokumentiert, so ist hier doch ein eklatantes moralisches wie kulturelles Paradoxon aufzuzeigen: da besaß nun der deutsche Rundfunk, potenziell auch die deutsche Schallplattenindustrie, das aktuell beste Aufnahmeverfahren und damit den Schlüssel, um ein breites Repertoire vorbildlicher Aufzeichnungen aufzubauen. Doch das unsäglich reaktionäre Regime, dem auch der Rundfunk unterstand, hatte hervorragende Musiker und Schauspieler teils außer Landes geekelt, teils an Leib und Leben bedroht; Komponisten von Weltgeltung wie Felix Mendelssohn-Bartholdy und Gustav Mahler standen aus absurden Gründen auf dem Index. Und diese wahnwitzigen Machthaber machten sich nun daran, ihren Musikgeschmack nicht nur Deutschland, sondern halb Europa aufzuzwingen.

Die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, wirtschaftlich und weisungsmäßig Joseph Goebbels' Reichsministerium für Volksaufklärung und Propaganda (RMVP) unterstellt, war alles andere als eine kulturelle oder technische Idylle, sondern stand in Diensten eines Regimes, das sich nicht zuletzt jeder technischen Neuerung in seinem Sinn zu bedienen wusste. Dass die RRG die mit dem Magnetophon gegebenen technischen Möglichkeiten sofort in ihre ideologisch-kulturpolitischen Vorstellungen einbezog, erfuhren hochrangige AEG-Mitarbeiter bald nach

der UFA-Palast-Demonstration vom Technischen Direktor der RRG, Hans Hubmann. Heinz Lübeck protokollierte eine Besprechung, an der auch von Braunmühl teilnahm:

Die Besprechung diente dem Zweck, eine sowohl den Belangen der RRG als auch denen der AEG gerecht werdende Lösung für das Problem Tonarchiv zu finden. Herr Dr. Hubmann führte eingangs aus, welche Tendenzen der Rundfunk in Deutschland bezüglich der Steuerung des Musiklebens verfolgt. Er deutete an, dass Bestrebungen im Gange sind, in Zukunft das gesamte deutsche Musikleben mehr oder weniger unter behördliche Kontrolle zu nehmen, um sicherzustellen, dass nach Möglichkeit nur die der politischen Führung genehmen musikalischen Darbietungen unter das Volk kommen. Die Tendenzen des Rundfunks insbesondere sollen dahin gehen, dass der Rundfunk sich immer mehr freimacht von der von der Industrie bezogenen Musikproduktion aus der Überlegung heraus, dass dem Rundfunk finanzielle Mittel zur Verfügung stehen zur Herstellung von höchstwertigen Schallkonserven, und weil die Erfahrung gezeigt hat, dass es – rundfunkseitig gesehen – durchaus rentabel ist, für die Zwecke grösste Mittel aufzuwenden. Es ist schon zur Zeit so, dass die grossen philharmonischen Konzerte, Festspiele usw. in weitem Maße von dem Rundfunk finanziert werden. Die RRG würde fernerhin infolge ihrer Führerstellung und zum Zwecke der Programmsteuerung im europäischen Rundfunk Wert darauf legen, von sich aus zu bestimmen, welche Musikwerke bei den verschiedenen Sendegesellschaften zur Darbietung gebracht werden. Mit anderen Worten wünscht die RRG die Vorherrschaft in der Steuerung der Programmgestaltung und des Vertriebes von Magnetogrammen an alle europäischen Rundfunksender zu haben.¹⁴⁸⁰

Derart ungeschminkt wird sich ein hoher Funktionär des Goebbels-Ministeriums wohl nur im kleinen Kreis geäußert haben. Es wäre eine Untersuchung wert, ob das RMVP diese Art Musikpolitik erstmals formulierte; in jedem Fall wurde sie fester Bestandteil aller Rundfunkprogramme unter totalitären Regimes.

Das „Einheitsprogramm“ der RRG

Von Einberufungen zum Heeresdienst nicht verschont, verlor die RRG mit Kriegsbeginn, zumindest auf Zeit, viele erfahrene Ingenieure und Techniker: ein Viertel der 5091 männlichen RRG-Angestellten war schon 1940 eingezogen, mit der Folge, dass ab Juni 1940 im Wesentlichen nur noch ein „Einheitsprogramm“ über die Sender gehen konnte.¹⁴⁸¹ Um den Betrieb aufrecht erhalten zu können, kreierte die RRG einen attraktiven Berufsausbildungsgang für Frauen, die als Tontechnikerinnen nach relativ kurzer Zeit Aufgaben übernahmen, bei denen es eher auf rasche Auffassungsgabe, manuelle Geschicklichkeit und Intelligenz ankam als auf eine theoretisch fundierte Ausbildung – in gewissem Sinn durchaus dem nationalsozialistischen Frauenbild entsprechend.



Abbildung 219: „Fräulein Käthe St.“ nach ihrer Umschulung zur Tontechnikerin, Bebilderung der niederländischen Ausgabe der deutschen Propaganda-Zeitschrift „Signal“. Mit im Bild: ein Magnetophon R 22 und (vermutlich) Magnetophonband Typ C

Die deutsche Propaganda-Zeitschrift „Signal“ erschien zwischen 1940 und 1945 mehrsprachig in großer Auflage und, damals eine Seltenheit, teilweise mit Farbfotos. In Deutschland selbst war sie nicht erhältlich.¹⁴⁸² Die Abbildung 219 erschien im Juni-Heft 1943 der niederländischen Ausgabe. Der Begleittext bezieht sich zugleich auf den neuen Rundfunk-Frauenberuf Tontechnikerin wie auf das ominöse Schlagwort „Ausdünnungsaktion“:

*Ihr neuer Arbeitsplatz. Fräulein Käthe St. war Sekretärin in einem Berliner Büro. Sie folgte dem Aufruf zum totalen Krieg. Fräulein Käthe wurde auf eigenen Wunsch technisch ausgebildet und arbeitet jetzt beim Rundfunk. Das Bild zeigt sie während einer Sendung bei der Arbeit mit einem Magnetophon. Dank ihrer Bereitschaft war es möglich, daß ihr Vorgänger sich als Funker bei der Luftwaffe melden konnte.“*¹⁴⁸³

Im Oktober 1944 forderte Hans Fritzsche,¹⁴⁸⁴ unter anderem „Generalbevollmächtigter für die politische Organisation des Großdeutschen Rundfunks“, in einem „Rundfunk im totalen Krieg“ überschriebenen Leitartikel, der Rundfunk könne

... noch einen beachtlichen Prozentsatz von Kräften der Rüstung und Wehrmacht zur Verfügung stellen, ohne dass die Qualität des Rundfunkprogramms dadurch herabgesetzt werden müsste. Eine rationelle Arbeitsweise im Sendebetrieb gewährleistet das Magnetofonaufnahmeverfahren, das der Großdeutsche Rundfunk bereits vor Jahren eingeführt hat, damals lediglich in der Absicht, die technische und künstlerische Qualität seiner Sendungen zu steigern.¹⁴⁸⁵

Mit anderen Worten: das Magnetophon als Mittel zur Rationalisierung und Personalfreisetzung, um auch beim Rundfunk die berüchtigten „Ausdünnungsaktionen“ noch rücksichtsloser weiterführen zu können. Was „Rüstung und Wehrmacht“ für Betroffene bedeutete, kann man sich ausmalen; welches Ausmaß solche Aktionen gegen Kriegsende erreichten, ermittelte ein Filmhistoriker für die UFA, einem nach Auftrag und Selbstverständnis mit der RRG vergleichbaren Betrieb: *Im sechsten Kriegsjahr kamen selbst die dem Propagandaministerium unterstellten Filmbetriebe nicht mehr an den Forderungen der militärischen Dienststellen vorbei und mussten weitere „Gefolgchaftsmitglieder“ freistellen. Der Babelsberger UFA verblieben nach diesen Ausdünnungsaktionen von 1879 nur noch 767 Mitarbeiter.“*¹⁴⁸⁶

Was die Frontberichte angeht, die die Propagandakompanien in großer Zahl lieferten: wenn es – was ja verständlich ist – nicht gelang, während der Kampfhandlungen selbst einen „Originalbericht“ aufzuzeichnen, griff man auf die zweifelhafte Form des „nachgestalteten Berichts“, wahlweise „aus eigenem / aus fremdem Erleben“ zurück,¹⁴⁸⁷ der natürlich dem gewünschten propagandistischen Zweck angepasst werden konnte. Auch hier scheu-

te man keineswegs selbst plumpe Fälschungen: in einer Reportage vom Sommer 1944 wird eine in Richtung England abgefeuerte Bombe V 1 angesprochen, die auch wie auf Stichwort anfliegt. Seltsamerweise sinkt aber im Moment des Vorbeiflugs die Tonhöhe ihres Antriebslärms keineswegs ab, wie das aufgrund des Doppler-Effekts bekanntlich bei allen bewegten Schallquellen der Fall ist. Ja, der „Berichter“ geht so weit, ein undefinierbares dumpfes Poltern als Einschlag der V 1 in London auszugeben – eine mehr als fragwürdige Behauptung. Denn selbst wenn die „Reportage“ auf dem London-nächsten Punkt Frankreichs gesprochen worden sein sollte, dürfte es unmöglich sein, aus diffusem Hintergrundgeräusch eine etwa 140 km entfernte Detonation herauszuhören, geschweige denn, sie auf die Sekunde genau „vorherzusagen“.¹⁴⁸⁸

Nun sind solche durchsichtigen Manipulationen noch harmlos im Vergleich zu den hetzerischen Lügen und Verdrehungen, die in der Propaganda des Dritten Reichs gang und gäbe waren. Sie sind zu bekannt, als dass hier darauf näher einzugehen wäre; das gilt auch für die Programminhalte der RRG. Die Fähigkeiten und technischen Leistungen ihrer Ingenieure und Wissenschaftler sind nicht zu bestreiten, wie ja auch die Lebensläufe vieler leitender Mitarbeiter von Rundfunk und Fernsehen der 1950er und 1960er Jahre zeigen. Auf den Grundlagen, die eben auch in der Masurenallee in den 1940er Jahren geschaffen wurden, entwickelte sich nicht zuletzt die magnetische Speichertechnik zum nahezu universellen Speichermedium für Töne, Daten, Messwerte und schließlich auch Videosignale. Ein beträchtlicher Teil unseres jüngsten kulturellen Erbes ist also auf Trägern festgehalten, deren entscheidende Entwicklungsphase in eine Zeit fällt, in der Akte beschämendster Unmenschlichkeit künstlerisch-technische und wissenschaftliche Höchstleistungen konterkarieren. Diese Ambivalenz kennzeichnet nicht zuletzt auch die Arbeit der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft.



Abbildung 220: Zwei Fassungen der gleichen Aufnahme: „Bei der Weihnachtsringsendung im Zentral-Regieraum in Berlin“. (LINKS) die Fassung auf der ersten Umschlagseite der Zeitschrift „Reichsrundfunk“ vom 10. Januar 1943, (RECHTS) aus der FUNKSCHAU vom Januar 1943. Dass es sich, wie bei der Sendung selbst, um eine Vorproduktion handelt, zeigt ein Vermerk auf der Rückseite der Vergrößerung: „Gesehen, 22. Dez. 1942“.¹⁴⁸⁹



Abbildung 221: Die Aufnahme stammt aus dem Mischraum des Hörspielkomplexes der RRG im Berliner Haus des Rundfunks. Links neben dem Mikrofon sitzt Helmut Krüger, der zusammen mit Dr. Ludwig Heck (schräg rechts hinter ihm stehend) auch die Stereo-Magnetbandaufnahmen der RRG betreute. Ganz links stehend Dr.-Ing. Gerhard Schadwinkel, neben ihm der Technische Direktor der RRG, Herbert Dominik. – Das „Reichsrundfunk“-Bild ist links beschnitten (vier Personen fehlen), eine weitere Person, die vor der schwarzen Fläche im Hintergrund steht, ist wegsturiert worden, damit entfiel auch das „Führer“-Bild unterhalb des Kontroll-Lautsprechers

HF-Magnetofon im Betriebsalltag der RRG

Wie schon gesagt, gingen die ersten HF-Magnetophone der RRG nicht vor dem Herbst 1941 in Betrieb¹⁴⁹⁰ (die Gleichstrom-Magnetophone waren demnach schon rund drei Jahre im Einsatz).

Der Umstieg der RRG auf das Magnetophon verlief noch eindrucksvoll genug. Zwar ist nicht bekannt, wie viele Magnetophonbänder die RRG vor 1942 verbrauchte, doch der Bedarf von 14.000 Bändern im Jahr 1943 – das entspricht einer Spielzeit von rund 4.500 Stunden – hatte sich 1944 mit 31.000 Bändern mehr als verdoppelt, und selbst im ersten Quartal 1945 gingen noch 11.500 Bänder an die RRG. Auch die Lieferungen an die Firma Tonband GmbH – 1942 / 1943 rund 3.800 Bänder zu 1000 m,¹⁴⁹¹ 1944 rund 18.600 Bänder¹⁴⁹² – sind zu einem beachtlichen Teil als Magnetband-Lohnkopien an die RRG weitergereicht worden. Überschlüssig gerechnet, dürften die RRG-Archive allein 1944 um nicht weniger als 14.000 Programm-Stunden auf Magnetophonband gewachsen sein. In den besten Zeiten hatte die RRG einen Monatsverbrauch von 5.000 km Magnetophonband.¹⁴⁹³ Diese Quantitäten beweisen, dass die RRG-Leitung ihre anfänglichen Vorbehalte gegenüber dem Magnetophon gründlich revidiert hatte. Die Redaktion der RRG-eigenen (bereits seit 1941 reichsweit einzigen) Programm- und Informationszeitschrift „Reichsrundfunk“ hievte Beiträge ins Blatt, die in hohen – freilich auch berechtigten – Tönen von seinen Qualitäten und betrieblichen Vorzügen berichteten.¹⁴⁹⁴ Hans Joachim von Braunmühl verstand es, alle zeittypischen Aspekte in wenigen Sätzen zu bündeln:

Aus der Forderung der Programmgestaltung nach einem die Möglichkeiten der Schallplatte übersteigenden Verfahren entstand also mitten im Kriege ein Gerät, welches einerseits alle Ansprüche für höchstwertige musikalische Aufnahmen

erfüllen kann und andererseits in transportabler Ausführung den Sendungen des Zeitgeschehens ganz neue Möglichkeiten bietet. Die Neuheit der ganzen Entwicklung und die starke Inanspruchnahme der Industrie durch ganz vordringliche Aufgaben machen es verständlich, dass die Betriebseinführung der verbesserten Magnetofone nicht schon in allernächster Zeit erfolgen kann. Die Arbeiten werden trotzdem mit aller Intensität betrieben. Der deutsche Rundfunk ist stolz auf diesen, seiner technischen Mitarbeit zu dankenden Erfolg, dem das Ausland nichts Gleichwertiges zur Seite stellen kann.¹⁴⁹⁵

In Analogie zum Spiel- und Dokumentarfilm bekam beim Magnetband der „Schnitt“, geradezu als Schlüsselfertigkeit, neue technische wie dramaturgische Bedeutung. Das setzte eingespieltes Handwerk voraus: einmal das rasche Auffinden der beiden Schnittstellen („Ausstieg“ und „Einstieg“), dann das möglichst rasche Verbinden der Band-Enden, ohne seitlichen Versatz oder Verwinkelung. Bei der RRG wurde ausschließlich „nass“ geklebt, das heißt, auf die letzten Millimeter des einen Bandstücks wurde nach Abschaben der Magnetschicht ein Klebstoff (Cohesan, später Cyclohexanon) aufgetragen, das andere Bandstück darauf gelegt und angedrückt. Zum Fixieren der Bandstücke dürfte überwiegend die „Film-Klebe-Vorrichtung R 43“ verwendet worden sein, von der aber ebenso wenig Details bekannt sind wie von einer R 43a genannten Klebelehre für Schrägschnitt.¹⁴⁹⁶

Wie in der deutschen Spielfilmproduktion Schneidetische für die Montage von Lichtton- und Bildfilm eine Selbstverständlichkeit waren, hat die RRG zunächst auch an einen „Magnetophonschneidetisch“ gedacht, vermutlich für schwierige Schnitte in Musikproduktionen.¹⁴⁹⁷ Das Projekt wurde seinerzeit nicht weiterverfolgt, da der Magnetbandschnitt doch merklich weniger technischen Aufwand bedingt als der Zwei-Träger-Schnitt beim Film, wo schon die für Bild und Ton gemeinsam möglichen Schnittstellen deutlich schwieriger zu finden sind.

Musik- wie Wortsendungen profitierten vom Magnetophon. Den „Stochersendungen“ von Schallfolien machte das Magnetband bald ein Ende, da es jetzt kein Problem mehr war, die gewünschten Passagen aus der Originalaufnahme entweder herauszuschneiden oder zu -kopieren und das Ganze in wenigen Minuten zu einem „Sendeband“ zu montieren. Waren bisher in einer Programmfolge längere Musikwerke von Schallplatten abzuspielen, stand alle vier Minuten das heikle Überblenden an. Sendungen von Magnetband waren vergleichsweise erholungsam: 20 Minuten Spielzeit dürften für jeweils *einen* Satz auch langer Sinfonien ausgereicht haben, so dass im Lauf einer einstündigen Sendung statt zwölf bis fünfzehn „Wachsen“ oder Schwarzplatten (die RRG-Version der Schellackplatte) günstigstenfalls drei oder vier Bänder aufzulegen waren. Bei Rückspulzeiten von etwa drei bis vier Minuten pro 1.000 m-Band blieb dann nicht mehr viel von der Hektik der Platten-Programme. Kein Wunder also, dass die Magnetophonbänder Wachs- und Schwarzplatten zügig aus dem Sendeablauf verdrängten.

Für Ausnahmefälle – etwa längere Akte aus Wagner-Opern – hatte die RRG die „Überblendtechnik“ auch für Magnetophonbänder vorgesehen: hier waren allerdings rund zwei Minuten Überlappungszeit vorgesehen,¹⁴⁹⁸ so dass selbst derartige Bandwechsel deutlich weniger Stress als Plattenwechsel verursachten.¹⁴⁹⁹ Zeitweise wurde sogar eine opto-elektronische „Überblendeinrichtung für Magnetofone“ erwogen: ein Stück schwarzes Schaltband kurz vor Ende des „ersten“ Bandes sollte einen Startimpuls für das Gerät mit dem Folge-Band auslösen.¹⁵⁰⁰

Noch greifbarere Vorteile brachte das Magnetophon bei Musik-Aufnahmesitzungen. Die meisten Musiker werden es begrüßt haben, bei Produktionen nicht mehr möglichst lange fehlerfrei spielen zu müssen, sondern sich auf die Band-und-Schere-Zaubereien der Tonmeister und TontechnikerInnen verlassen zu können. Künstlerische Aspekte von Schnitt und Montage mögen recht diffizil sein; die zusätzlichen Freiheitsgrade, die das Magnetophon brachte, stehen außer Frage. So ist es auch kein Wunder, wie rapide die Zahl sendefertiger Produktionen auf Magnetophonband zunahm: beispielsweise standen bereits Ende 1943 1.600 Archivbänder mit leichter und gehobener Unterhaltungsmusik im Schallarchiv der RRG, davon allein 350 des erst seit April 1942 aktiven „Deutschen Tanz- und Unterhaltungssorchesters“, das also seit Beginn seiner Arbeit auf Magnetband produziert haben dürfte.¹⁵⁰¹

An einen Programmaustausch mit anderen Sendern mittels Wachs-Schallplatten war praktisch nicht zu denken. Mit Schwarzplatten wäre dies im Prinzip möglich gewesen, doch waren die zerbrechlichen, gegenüber Magnetband gleicher Spieldauer auch schwereren Träger wegen der Bruchgefahr kaum für den Postversand geeignet, vom technischen Aufwand des Überspielens, Matrizierens und Prägens und so weiter ganz abgesehen. Schließlich wird, im Gegensatz zu einer zerbrochenen Schallplatte, ein auseinandergefallenes Magnetband nach langwieriger, allerdings anspruchloser Handarbeit wieder sendefähig, das System war also auch in dieser Hinsicht robuster.¹⁵⁰² Allem Anschein nach führte dies zu einem größeren Versand bespielter Bänder (siehe auch Seite 211), der bislang nicht zu dokumentieren ist – beispielsweise besitzt das Deutsche Rundfunkarchiv Magnetophonbänder mit teilweise arabischer Kartonbeschriftung, deren Bestimmung unklar ist.

Selbst angesichts der unbestreitbaren technischen Kompetenz der RRG-Mitarbeiter überrascht doch, wie früh Besonderheiten der Magnetbandtechnik erkannt und zweckmäßige Maßnahmen eingeführt wurden. Dass Magnetbänder tunlichst nicht näher als 50 cm an die Magnetfelder von Motoren, Lautsprechern, Schallplatten-Schneidedosen und dynamischen Mikrofonen herankommen sollten, war spätestens 1942 bekannt. Als Ursache von Bandrissen, seinerzeit kein ungewöhnliches Vorkommnis, fanden sich gelegentlich einzelne, aus dem Wickel herausstehende Bandlagen. Es genügte, solche uneben gespulten (beziehungsweise schlecht geschnittenen) Bänder über einen Tisch zu schieben, um aus einem Knick eine Einkerbung zu machen, und das Magnetband riss bei der nächsten Benutzung.¹⁵⁰³

Eine praxisgeborene RRG-Erfindung scheint das Vorspannband zu sein, damals nach seiner Farbe „Weißfilm“ genannt. In Längen von 5 m (!) als „Vorspann mit Beschriftung“ an den Anfang und „Nachspann“ am Ende des

Magnetbandes angeklebt, machte es Beginn und Schluss der Aufzeichnung eindeutig erkennbar. Das Vorspannband schützte insbesondere den Band-Anfang beim Einfädeln durch die Bandführungen des Magnetbandgeräts (und, noch wichtiger, falls beim Rückspulen nicht rechtzeitig abgebremst wurde und der lose Bandanfang mit Schwung gegen feste Hindernisse geschleudert wurde); nicht zuletzt auch als Schutzlage im Archivkarton. Als „Zwischenband“ trennte es, auf der Bandwickel-Oberfläche selbst beim schnellen Umspulen leicht erkennbar, die Teilaufnahmen (z.B. zwei Sätze einer Sinfonie).¹⁵⁰⁴ Akribisch, um nicht zu sagen bürokratisch, wurden Magnetband-Aufnahmen nach ihrer Verwendung archiviert: da hagelte es Definitionen von Einzel-, Misch-, Ur-, Sofort-, Dauer- und Archiv-Band. Es folgten Vorschriften für die Ausstattung der RRG-Bänder mit Vor-, Zwischen- und Nachspannbändern, die Kenzeichnung der Bänder (viele Angaben mussten auf das Vorspannband übertragen werden) und der Archivkartons.¹⁵⁰⁵

Ebenso gründlich ging die RRG-Technik Fehlern und Störungen nach. Aus einem Rundschreiben von Ende 1943 ist abzulesen,¹⁵⁰⁶ dass die Albträume aller TechnikerInnen im Sendungsdienst schon damals grassierten: schlecht gewickelte Bänder, die zu Bandrissen beim Abspielen neigten oder, schlimmstenfalls, im Karton zerfallene Spulen oder herausgedrückte Wickelkerne. Schon Fritz Pfleumer wusste davon ein Lied zu singen: „*Das Wiederaufwickeln ist eine mühsame Arbeit, da ebensoviel Schlingen entstehen wie Windungen vorhanden waren.*“¹⁵⁰⁷ An ein 1.000 m-Bandchaos, eine halbe Stunde vor Sendetermin entdeckt, wird er dabei freilich kaum gedacht haben.

Anfang 1944 machte die RRG Schluss mit einer nomenklatorischen Fahrlässigkeit: „*Aus Gründen der Vereinheitlichung kann die Bezeichnung „Film“ für Magnetofonbänder nicht aufrechterhalten werden. Sie muss durch die Bezeichnung „Band“ ersetzt werden.*“¹⁵⁰⁸ Das war keineswegs die Marotte eines Sprachreinigers, vielmehr war diese Klarstellung längst überfällig, nachdem seit 1941 der Einsatz der Magnettontechnik in der Kinefilm-Produktion anstand – und seither bezeichneten Magnetband und Magnetfilm zwei verwandte, aber durchaus verschiedene Objekte. Der saloppe Sprachgebrauch hatte übrigens Anlass zu einem kapitalen Missverständnis zwischen den I.G. Farben-Werken Ludwigshafen und Wolfen / Filmfabrik gegeben (Seite 224).

„Praktische Einzelfragen beim Magnetofoneinsatz“

Eine bemerkenswerte Liste von Magnetophon-Kinderkrankheiten, mit Diagnose und Therapievorgaben, findet sich in einem RRG-Dokument vom Januar 1943. Es zeigt, welche Erfahrungen sich aus dem Betriebseinsatz der Geräte und Magnetbänder ergaben und welche Forderungen an ein weiterentwickeltes Magnetophon-Modell zu stellen waren. – Der hier wiedergegebene Text ist leicht überarbeitet, insbesondere wurde der im Original noch durchgängig benutzte Ausdruck „Film“ gegen „Magnetband“ getauscht.¹⁵⁰⁹

Mechanische Fehler	Ursache	Beseitigung
Lautstärkeschwankungen	Flattern des Magnetbands	Magnetband ausschließen. Rücklaufmotor zieht zu wenig. Bei Aufnahme und Wiedergabe sind ca. 100 g Bandzug am Rücklaufmotor notwendig.
25 Hz-Ton	Schlagen der Tonwellen, Gummiandruckrolle ist ausgepresst	Mutter zur Befestigung der Tonwelle auf Tonmotor fest anziehen. Mit dem Mikrometer-Fühlhebel ist der Schlag der Tonwelle auf <0,02 mm auszurichten.
Magnetband läuft nach oben oder nach unten	Gummi drückt unten oder oben an die Tonrolle fester an.	Gummiandruckrolle neu justieren. Prüfung, ob das Magnetband bei abgenommenem Kopfträger in einer Ebene durchläuft.
Magnetband reißt	ungleichzeitiges Öffnen der Bremslüftmagnete	Bremse nachsehen, vor allem die des Rücklaufmotors.
Rasseln der Magnete	Lüftmagnete schlecht justiert	Prüfen, ob Loslösefedern beim Lüftmagnet gebrochen
Tonhöhen der beiden Maschinen beim Überlappen verschieden	ungleiche Umdrehungszahl der Tonmotoren	Reinhalten der Lager und sorgfältige Schmierung, Bandbremsen genau einstellen, Dreh-Zahl stroboskopisch messen.
Jaulen	Magnetband rutscht zwischen Tonrolle und Gummirolle, Gummirollen abgenutzt	Gummiandruckrolle erneuern, bei angedrückter Gummiandruckrolle darf das Magnetband nicht durchrutschen
Maschine wickelt schlecht	Magnetband ist säbelförmig – Vorlauf- oder Rücklaufmotor zieht ungleichmäßig, Ausgleichhebel haben festgefressen	Magnetband ausscheiden, Kollektor und Lager reinigen, Schmierung nachsehen
Elektrische Fehler	Ursache	Beseitigung
Brummen bei Aufnahme	Die vorgeschalteten Verstärker oder Schallaufnahmeempfänger sind nicht brummfrei	Ein aufgesprochenes Brummen ist beim Rücklauf als ansteigender Ton hörbar.

Brummen bei Wiedergabe	Einstreuen in den Hörkopf	Abschirmen des Hörkopfes oder Beseitigung mit Kompensationsspule in der Hörkopfleitung an der Maschine. Deckel des Kopfrägers muß stets gut schließen
Rauschen	Gleichstromgeräte: verpolter Löschkopf beim Hochfrequenz-Gerät: Kopfräger hat remanenten Magnetismus; schlechtes Magnetband	Löschkopf umpolen Entmagnetisieren des Kopfrägers, insbesondere des Hörkopfes mit Entmagnetisierungs-drossel
Magnetband wird schlecht gelöscht	Magnetband läuft nicht genau am Löschkopf vorüber mit zu großem Pegel aufgesprochen	Magnetbandführung prüfen gelöschtes Magnetband liegen lassen, nach einiger Zeit Löschung wiederholen.
	Löschstrom zu gering bei Hochfrequenz-magnetophon	Nachmessen des Löschstromes \varnothing 120 mAmp. Induktivität des Löschkopfes zu gering \varnothing 15 mHy
Klopfen und Pferdegetrappel auf Magnetband	Schlechtes Magnetband – eingepresste Falten im Magnetband oder ungleichförmige Magnetitschicht auf Träger	Ausscheiden des Magnetbandes
Modulation stark verzerrt	schlecht eingestellte Vormagnetisierung	Einstellen auf die vorgeschriebenen Werte.
Schlechte Frequenzkurve	Kopf zu sehr abgenützt, Spalt am Hörkopf oder Sprechkopf zu groß oder Magnetband liegt schlecht an, Induktivitäten des Hörkopfes falsch	Kopfräger auswechseln, Kopf justieren, Bandzug prüfen

Magnetophone bei den Reichssendern

Gesichert sind Existenz und Anwendung von Magnetophonen für die Reichssender Breslau, Hamburg, Königsberg, Leipzig, München und Wien.¹⁵¹⁰ Die instruktiven Rundschreiben der RRG-Zentralleitung Technik an die „Technischen Betriebsstellen bei den Reichssendern“ wurden leider ohne gedruckten Verteiler versandt, helfen also nicht weiter. Nach Kriegsende waren im Ausweichstudio Bad Nauheim des Senders Frankfurt Magnetophone in Betrieb, die John T. Mullin (Seite 293) inspirierten, diese Geräte in die USA zu verpflanzen. Gesichert ist auch der Magnetophon-Bestand bei Radio Luxembourg, den die deutschen Techniker bei ihrem Rückzug hinterließen. Unbestimmt ist, ob der „Soldatensender Belgrad“, bekannt geworden durch den allabendlich abgespielten Evergreen LILI MARLEEN, Magnetbandgeräte verwendete oder, wie eher zu vermuten, überwiegend Schallplatten abspielte.¹⁵¹¹

Zwischenspiel: Stereophone Aufzeichnungen der RRG

Verglich man seinerzeit die monophone Übertragungstechnik mit einem „Loch in der Wand“, versprochen stereophone Produktionen gewissermaßen das „Öffnen eines Fensters“ zum Konzertsaal. Abgesehen von Übertragungen (ohne Speicherung) auf zwei separaten Leitungen – etwa 1881 das Théâtrophone des Luftfahrt-pioniers und Erfinders Clément Ader¹⁵¹² –, hatte die Schallplattentechnik mit den Arbeiten von Alan Dowder Blumlein in England Anfang der 1930er Jahre schon Vielversprechendes erreicht.¹⁵¹³ Eine kaum beachtete Leistung gelang Hans Christoph Wohlrab, damals bei der Siemens-Tochtergesellschaft Klangfilm GmbH tätig, als er 1936 bei den Wagner-Festspielen in Bayreuth ganze Opern (oder zumindest vollständige Akte) zweispurig auf Lichttonfilm (ohne Bild) aufzeichnete. Er hatte dafür zwei Eurocord-Lichttonkameras so umgebaut, dass sie auf der einen Hälfte der Filmbreite zwei Spuren aufzeichneten; am Filmende übernahm die zweite Lichttonkamera, während in der ersten der Film so eingelegt wurde, dass die Fortsetzung die andere Halbbreite benutzte. Wohlrab berichtet von einer öffentlichen Vorführung in einem Berliner Lichtspielhaus, die großen Anklang gefunden haben soll.¹⁵¹⁴

Anfang 1940 versuchte sich die UFA an Spielfilmen mit stereophonem Lichtton,¹⁵¹⁵ was diverse technische wie dramaturgische Probleme offenlegte, letztlich dürften die Versuche wegen der Kriegsumstände bald eingestellt worden sein. Anders bei der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft: hier war die stereophone Aufzeichnung mit dem Hochfrequenz-Magnetophon folgerichtig das nächste Ziel der Ingenieure von Braunmühl, Ludwig Heck, Walter Weber und der AEG, zumal der technische Aufwand zu beherrschen und vertretbar war. Erstmals Ende Februar 1941 erwähnt,¹⁵¹⁶ kam das Thema in einem Pressebericht über die UFA-Palast-Vorführung zur Sprache,¹⁵¹⁷ und laut einer UFA-Notiz wollte die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft schon im Januar 1942 stereophone Aufnahmen vorführen.¹⁵¹⁸

Zunächst eher vorsichtig vorangetrieben, auch wegen Beschränkungsauflagen, überzeugten die Ergebnisse auch die Leitung des Hauses. Herbert Dominik, technischer Direktor der RRG, lud sogar Anfang April 1943 die Mitglieder des Auslandspresseklubs (!) zu praktischen Demonstrationen der „*Verwirklichung einer raumplastischen Wiedergabe*“ ein¹⁵¹⁹ – soweit bekannt, ohne die beabsichtigte Propagandawirkung. Schließlich führte Dominik die „*revolutionäre Neuerung auf dem Gebiete der Tonwiedergabe*“ auch seinem obersten Dienstherrn vor,¹⁵²⁰ und bei dieser Wortwahl kann es sich bei dem „*neuen Magnetophon-Apparat*“ nur um ein Stereo-Gerät gehandelt haben. Goebbels diktierte am 23. Mai 1943 für sein Tagebuch :

Abends führt Dominik mit ein paar Ingenieuren mir den neuen Magnetophon-Apparat vor. Er stellt eine revolutionäre Neuerung auf dem Gebiete der Tonwiedergabe dar. Ich bin der Überzeugung, daß das Magnetophon-Verfahren das ganze Grammophon-Verfahren nach dem Kriege überflügeln wird.¹⁵²¹

Ganz unrecht hatte er damit zwar nicht, auch wenn er darauf abgehoben haben wird, dass wieder ein Stück *großdeutscher* Technik die Welt dominieren werde.

Wie hoch die „*raumplastische Wiedergabe*“ trotz der kritischen Lage eingestuft wurde, zeigt die beinahe unbekannte Tatsache, dass die RRG eigens für solche Aufgaben einen stereotüchtigen Übertragungswagen bauen konnte. Die wenigen erhaltenen Aufnahmen sind technisch auf erstaunlichem Niveau und musikalisch beeindruckend; umso bedauerlicher, dass der große Rest der etwa 250 RRG-Stereoaufnahmen verschollen ist.

So gut die Standard-Geräte R 22 und R 22a dokumentiert sind, so dünn sind die Angaben über die Stereo-Magnetophon-Anlagen. Präzise Angaben sind vor allem in James Z. Menards (allem Anschein nach verlässlichem) Bericht „*High Frequency Magnetophon Magnetic Sound Recorders*“ vom Januar 1946 zu finden. Wie vorstellbar, konnten die ohnehin überdimensionierten, separaten Generatoren für HF-Lösch- und -Vormagnetisierungsstrom im V 7b bei geringster Verstimmung pfeifende Störtöne produzieren. Ingenieure im RRG-Verstärkerlabor entwickelten daher zweikanalige Stereo-Aufnahme- und Wiedergabe-Verstärker mit jeweils eigenem Netzteil, die keine Braunbuchbezeichnung haben. Ein beiden Kanälen gemeinsamer Generator erzeugte die Lösch- und Vormagnetisierungsströme (jeweils mit der Frequenz 60 kHz).¹⁵²² Welche Laufwerke eingesetzt wurden, ist nicht bekannt. Menard hielt fest: „*Only three or four installations were made, and these were used for demonstration purposes.*“ Es müssen daher wenigstens zwei der klanglich überzeugenden, stereotüchtigen Stereo-Magnetophonapparaturen im Einsatz gewesen sein, anders können die von Helmut Krüger (er führte als Toningenieur zusammen mit Ludwig Heck die Stereoaufnahmen durch) aufgezählten Opernaufnahmen nicht entstanden sein, da es sich teils um Aufführungen vor Publikum handelte.¹⁵²³

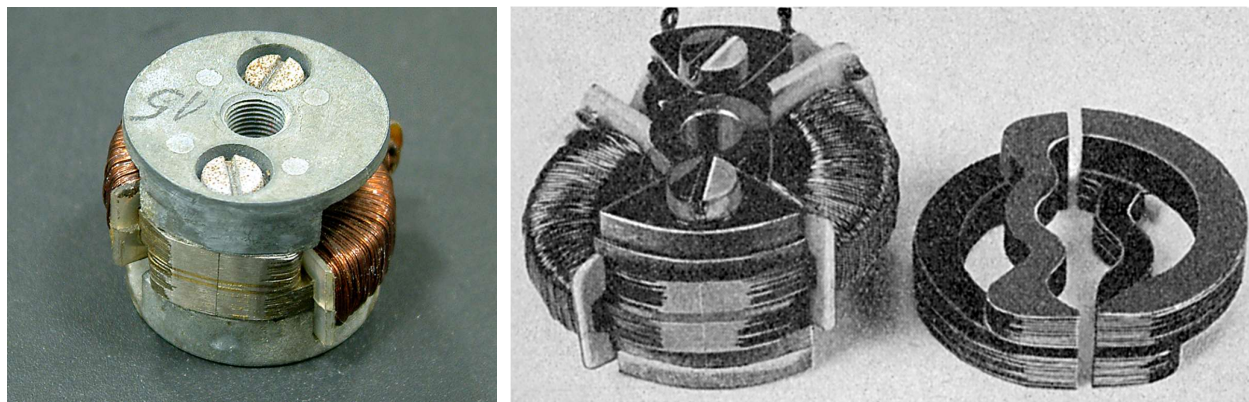


Abbildung 222: Der Stereo-Ringkopf der AEG, ca. 1942 bis 1945; rechts eine Ausführung aus den 1950er Jahren.

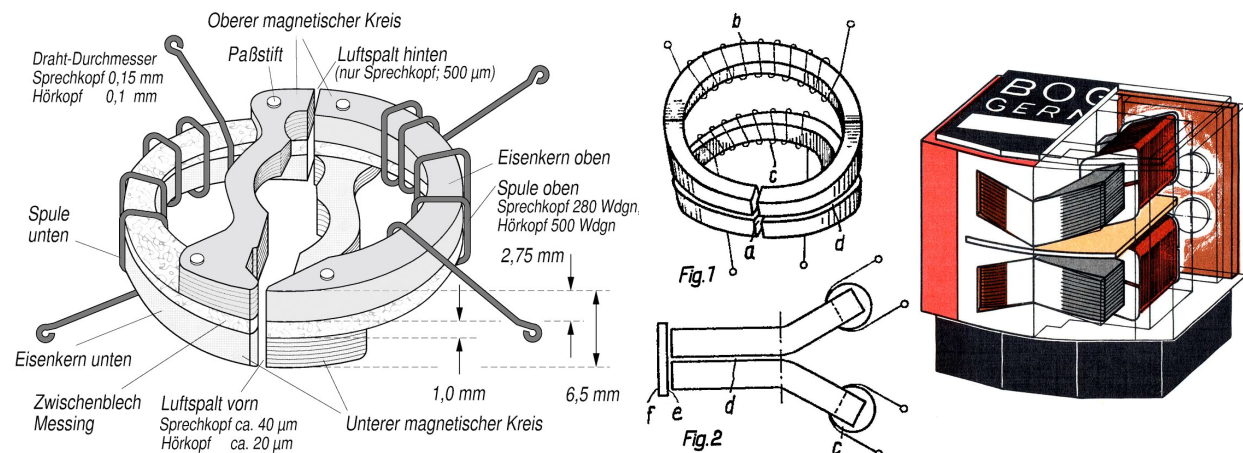


Abbildung 223 (LINKS): Der AEG-Zwillingskopf nach der Überarbeitung zum Zweikanal-Magnetkopf, wie er auch für die Stereo-Magnetbandaufnahmen der RRG eingesetzt wurde

Abbildung 224 (MITTE): Ein nicht uninteressanter „Gegenvorschlag“ aus der Masurenallee für einen Stereo-Magnetkopf, hier als Zeichnung im Patent CH 227 380, „*Verfahren zur stereophonen Schallübertragung unter Zwischenschaltung einer magnetischen Mehrkanalaufzeichnung*“ vom 24. Juli 1942, Erfinder: Hans Joachim von Braunmühl und Walter Weber. Die Kopfform vermeidet die auch elektrisch nachteiligen Asymmetrien der Schüller-RRG-Ausführung. Dieser Typ scheint aber nicht realisiert worden zu sein.

Abbildung 225 (RECHTS): Ein „Schmetterlingskopf“ (1971) des Berliner Magnetkopf-Spezialherstellers Wolfgang Bogen mit 0,75 mm Trennschneidbreite¹⁵²⁴ – damit war die Spurbreite auch beim 6,3 mm-Magnetband wieder bei 2,75 mm angekommen. Derartige Köpfe gab es auch für die Magnetbandbreite 12,7 mm (½ Zoll) sowie als Dreispur-Ausführung, bei der nur die äußeren Systeme V-förmig gebaut waren.

Das kritische Bauelement der Stereo-Magnetophone waren ihre zweispurigen Magnetköpfe, die Eduard Schüller bei der AEG aus dem „Zwillingskopf“ (Seite 190) entwickelte. Eine 1 mm breite Trennspur zwischen den Einzelköpfen war nötig – erreicht durch ein Messing- oder Kupferblech zwischen den Wandlersystemen –, um das Übersprechen in Grenzen zu halten.¹⁵²⁵ Somit verblieben auf dem 6,5 mm breiten Magnetband zwei Spuren von je 2,75 mm Breite. Was den dadurch bedingten Dynamikverlust angeht – die Spurbreiten-„Halbierung“ kostet rein rechnerisch 3,4 dB –, schreibt Menard:

It might be expected that the signal to noise ratio of the system would suffer from the reduced section of the tape employed. However, the tape has been improved to such an extent since its dimensions were chosen, that the amplifiers and associated equipment are still the limiting factor. Measurements and performance curves on this equipment show performance from each channel that is almost identical to that of the R 122a single-channel installation.¹⁵²⁶

Nach internen Vorführungen bei der RRG im Januar 1943¹⁵²⁷ konnten Ende April dieses Jahres „raumplastische Aufnahmen“¹⁵²⁸ auch der Öffentlichkeit präsentiert werden,¹⁵²⁹ und zwar mit gleichzeitig neuentwickelten Breitband-Lautsprechern des RRG-Ingenieurs Hans Eckmiller.¹⁵³⁰ Ein gut informierter Anonymus hielt es 1944 schon für „denkbar, dass später die stereofonische Musikübertragung auch für Rundfunkzwecke selbst Bedeutung erlangen kann, sofern zwei Übertragungskanäle z.B. im UKW-Bereich eingesetzt werden.“¹⁵³¹ Daran war allerdings noch lange nicht zu denken – Stereo-Rundfunk gab es in Deutschland erst zwanzig Jahre später –, aber die RRG plante durchaus schon für die Zukunft:

Es besteht jedoch die Absicht, unabhängig von dem praktischen Betriebseinsatz, musikalische Meisterwerke nach dem Zweikanalverfahren aufzunehmen und zu verwahren. Dieser Plan ist um so mehr gerechtfertigt, als der Aufwand bezw. die Abänderung der normalen Magnetophone ganz geringfügig ist.¹⁵³²

Die Stereo-Bänder gingen also mit dem Vermerk „nur für Archivzwecke“ in das Schallarchiv. Nach den Erinnerungen von Helmut Krüger wurden bis Herbst 1944 rund 250 Stereo-Musikaufnahmen erstellt, darunter fünf vollständige Opern: ROMEO UND JULIA, MARGARETE, TOSCA, TANNHÄUSER und MEISTERSINGER – letztere als Aufzeichnung der Bayreuther Aufführungen 1943 (unter Hermann Abendroth) und 1944 (unter Wilhelm Furtwängler),¹⁵³³ wofür eigens ein Übertragungswagen mit stereotüchtigen Magnetophonen ausgerüstet worden war.¹⁵³⁴ Als die RRG wegen der immer stärkeren Luftangriffe auf Berlin etwa im Februar / März 1944 ihr Zentrallabor nach Kosten im Wartheland (heute Kosciuszko) verlegte,¹⁵³⁵ veranstaltete Hans Joachim von Braunmühl für die Ärzte eines dort gelegenen Lazaretts Musikabende, bei denen er auch stereofone Aufnahmen vorführte, so dass dort eine zumindest wiedergabefähige Magnetophon-Apparatur gestanden haben muss.¹⁵³⁶ Auch Hans Eckmiller soll in Kosten einen improvisierten Stereo-Abhörraum gehabt haben.¹⁵³⁷ Danach verliert sich die Spur von Geräten, Bändern und des Stereo-Übertragungswagens. Dass von diesen Stereoproduktionen der RRG,¹⁵³⁸ sozusagen dem akustischen Pendant zum verschollenen Bernsteinzimmer, nur fünf Aufnahmen erhalten blieben, der große Rest aber bis heute unauffindbar ist, gehört zu den schmerzlichen kulturellen Verlusten des Zweiten Weltkriegs.

Magnetophon-Geräteentwicklungen bei und für RRG

Magnetbandgerät R 23a

Nachdem das Heereswaffenamt das „Ü-Wagen-Magnetophon“ R 23 zum Tonschreiber d hatte umkonstruieren lassen, übernahm auch die RRG für weitere Beschaffungen diese Bauform als „R 23a“, ob aus Überzeugung, unter dem Zwang kriegsbedingter Rationalisierung oder um schneller oder überhaupt beliefert zu werden, ist nicht mehr aufzuklären. Wie R 23, war auch R 23a für den Betrieb mit dem Tornisterverstärker V 39 alias Mikrofonverstärker Anton gedacht. Obwohl beim Tonschreiber d / R 23a Abhörverstärker, Stromversorgung und Laufwerk in einem gemeinsamen Gehäuse saßen, war sein Volumen um ein Drittel kleiner als das des R 23, freilich bei annähernd gleichem Gewicht.¹⁵³⁹ Der Tonschreiber d ist auf den Seiten 154 ff. ausführlich beschrieben.

Ob und wann die RRG ihre Anfang 1943 ausgesprochene Absicht verwirklicht hat,¹⁵⁴⁰ eine Hochfrequenz-Version des R 23a zu entwickeln, ist nicht nachzuweisen; die positiven Erfahrungen mit dem „Kleinst-Übertragungsgerät“ R 26 und die Existenz des Einzelgeräts „Tonschreiber Erna“ (Seite 172) hätten dies jedenfalls nahegelegt. Mit Sicherheit wurden die Pläne jedoch nach Kriegsende umgesetzt. Die Rundfunktechnische Zentrale zeichnete im Januar 1947 das Schaltbild für einen „Ton-S. „d“ HF“, bei dem eine vierte RV 12 P 2000 als Aufnahmeverstärker, eine fünfte als HF-Generator geschaltet sind.¹⁵⁴¹ Daher konnten die HF-R 23a, wie auch R 26, keine Magnetbänder löschen, waren also auf drosselgelöschtes Aufnahmемaterial angewiesen.¹⁵⁴² Diese Geräte tauchen 1950 als R 23b und R 23c im Blaubuch des DDR-Rundfunks und in den ersten Nachkriegsjahren beim NWDR auf.¹⁵⁴³ Hier wurden die „HF-Doras“ um 1951 von dem wesentlich weiterentwickelten, wieder „Ü-Wagen-Magnetophon“ genannten R 64 (Magnetophon AW 1 der AEG, Seite 284) abgelöst.¹⁵⁴⁴

Das Reportagegerät („Kleinst-Übertragungsgerät“) R 26

Im März 1942 hatten von Braunmühl und Weber eine Patentanmeldung „Magnetisches Schallaufzeichnungsverfahren geringer Schallträgergeschwindigkeit“ eingereicht. Ihre Zielrichtung ist erkennbar, nämlich die lukrativen „Anwendungszwecke, bei denen es auf preiswerte Geräteausführungen ankommt“, die nur zu beherrschen seien, wenn es gelinge, „die Trägergeschwindigkeit bei Aufrechterhaltung einer guten Wiedergabequalität erheblich herabsetzen zu können“ – gedacht war an den Bereich 10 cm/s bis 20 cm/s.¹⁵⁴⁵ Es überrascht kaum, dass die Erfinder solche Vor-

gaben nur mit Hochfrequenz-Löschung und -Vormagnetisierung für erreichbar hielten, denn was der gleichstrom-vormagnetisierte, freilich nur spartanisch ausgestattete Tonschreiber c(A) bei 18 cm/s bot, reichte ja gerade für Sprachaufzeichnungen aus. So arbeiteten ab 1950 praktisch alle Magnetbandgeräte „geringer Schallträgergeschwindigkeit“ (19 cm/s und weniger) mit Hochfrequenz-Löschung und -Vormagnetisierung. Ein Schutzrecht, von dem ein ganzes Marktsegment abhängig gewesen wäre, hätte also einen kaum kalkulierbaren materiellen Wert besessen – falls denn die Anmeldung vom März 1942 zu einem Patent geführt hätte.

Erstes Ergebnis der Erkenntnisse war jedenfalls das Kleinst-Übertragungsgerät R 26, RRG-intern bereits im August 1942 beschrieben und ab 1943 in Presseberichten als besondere technische Leistung herausgestellt. Die beste Charakteristik des R 26 bietet die Mitte 1942 geschriebene „Einführung“ aus dem Braunbuch:

Für Einsätze, bei denen aus Raummangel, wegen zu grossen Gewichts oder aus anderen Gründen die Verwendung der üblichen Aufnahmegeräte nicht möglich ist, wurde unter Benutzung des vom Heereswaffenamt entwickelten Laufwerkes des Wiedergabegerätes vom Tonschreiber „C“ das Kleinstübertragungsgerät „R 26“ entwickelt und in einer geringen Stückzahl hergestellt. Durch die Einführung der Hochfrequenzmagnetisierung beim Aufsprehvorgang gelang es trotz der Bandgeschwindigkeit von etwa 18 cm/sec eine Qualität des Tonschreibers zu erreichen, die in Bezug auf Frequenzumfang, Rauschfreiheit und Verzerrungsfreiheit einer guten Folie gleichkommt. Beim Aufbau war die Forderung gestellt, dass das Gerät möglichst klein, leicht und fronteinsatzfähig sein sollte. Daraus folgte, dass auf alles, was für die Aufnahme nicht unbedingt notwendig ist, wie Lautsprecher, genaue Aussteuerungskontrolle und eingebaute Löschvorrichtung, verzichtet werden musste. Es ist gelungen, das Gerät in 2 Halbtornistern unterzubringen.¹⁵⁴⁶



Abbildung 226 (LINKS) : Das „Kleinst-Übertragungsgerät“ R 26, ein Reportagegerät mit der Bandgeschwindigkeit 18 cm/s und Hochfrequenz-Löschung und -vormagnetisierung, entwickelt ab 1942 auf Basis des Tonschreibers c (Wiedergabegerät), mit dem es auch äußerlich große Ähnlichkeit hat.

Abbildung 227 (RECHTS): R 26 im Einsatz: Stimmungsbericht aus der Berliner S-Bahn, Anreise der Zuschauer zur Deutschen Fußballmeisterschaft am 5. Juli 1942 im Berliner Olympiastadion.

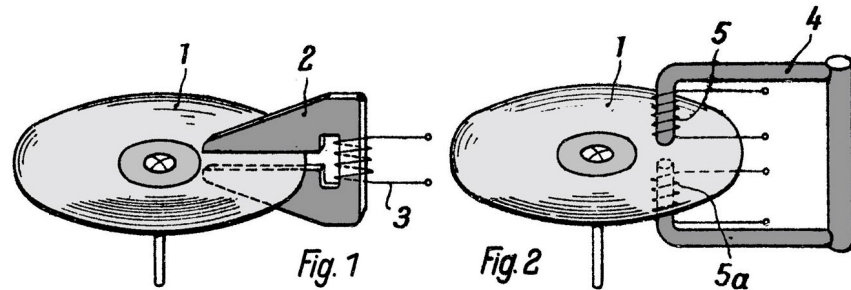
Zu ergänzen wäre, dass der R 26-Frequenzumfang von 50 – 5.500 Hz durchaus Mittelwellen-Qualität lieferte und die Aufnahmezeit mit 12 min – also knapp 90 m Magnetophonband pro Spule – für Reportagen und Vergleichbares ausreichte. Ein Begrenzer verhinderte Übersteuerungen bei unerwarteten Lautstärkespitzen. Die Frequenz der HF-Vormagnetisierung war 35 kHz; Zahlenwerte für die „Rauschfreiheit“, sprich Dynamik, sind nicht bekannt. Mit seinem Aufnahmeteil (23 x 34 x 23 cm, H x B x T, 15 kg) und dem Batterietornister (28,5 x 34 x 22,5 cm, 23 kg) war R 26 um jeweils gut 40 % kleiner und leichter als R 23a,¹⁵⁴⁷ außerdem wegen der eingebauten Verstärker mit immerhin acht Röhren (EF 11, 6 EF 12, 1 EBC 11) und zwei Mikrofoneingängen unabhängig von der „Tornister-Übertragungseinheit“ V 39. Ein Gehäuse mit zwei Schaltern „Verstärker Ein“ und „Motor Ein“, mit dem Gerät über ein Kabel verbunden, machte das Kleinstübertragungsgerät sogar beschränkt fernsteuerbar.¹⁵⁴⁸ Immerhin 130 dieser Geräte wurden gebaut,¹⁵⁴⁹ was, als „geringe Stückzahl“ bezeichnet, Rückschlüsse auf die Auflagen von R 23 / R 23a nahelegt. Als Lieferant zeichnete die „Abteilung Leichtgerätebau der RRG“, die von der AEG halbfertige „Ton.S.c (W)“ bezog – damit war auch die Bandgeschwindigkeit vorgegeben.¹⁵⁵⁰

„Für die Zwecke der PK“¹⁵⁵¹ (Propaganda-Kompanien) gedacht, stand dem R 26, abgesehen von einigen zivilen Einsätzen, insbesondere eine Karriere bei den Kriegsberichtern der RRG bevor. Wegen ihres beachtlichen Gewichts erlaubten nämlich R 23 und Tonschreiber d sozusagen nur die „stationäre“ Berichterstattung von Gefechthandlungen, gewissermaßen das Pendant zu den „Panoramaaufnahmen“ der Film-Kriegsberichterstatte. Erst das vergleichsweise handliche R 26 ermöglichte Berichte aus dem vergleichsweise geräumigen „Tiger“-Panzer, wobei der bedauernswerte PK-Rundfunkingenieur oder Aufnahmetechniker „gleichzeitig die Funktion des Funkers und MG.-Schützen“ zu übernehmen hatte. Beredt klagte der Kriegsberichter Wolfgang Brobeil allerdings darüber, dass „der markerschütternde Abschußknall sowie das berstende Krachen der Granateinschläge“ nicht naturgetreu zu vermitteln wären¹⁵⁵² – später schrieb er als „Vater der [Mainzer] Fernsehfastnacht“ ein vergleichsweise zivileres Kapitel der Mediengeschichte.¹⁵⁵³

Magnetbänder löschen – Magnetköpfe entmagnetisieren

Da R 26 auf „leere“ Magnetbänder angewiesen blieb, wegen der Hochfrequenzvormagnetisierung aber keine gleichfeldgelöschten Bänder verwenden konnte und das betriebsmäßige Löschen der kleinen Spulen auf einem anderen Magnetbandgerät zu aufwendig war, gehörte zum R 26-Zubehörortner eine netzbetriebene „Entmagnetisierungsspule“, die „2 bis 3 mal langsam an der Rückseite der zu löschenden Filmspule“ spiralförmig so zu bewegen ist, „dass die ganze Filmspule vom Wechselfeld durchflossen wird“ – und zwar innerhalb von fünf Sekunden.¹⁵⁵⁴ Diese Entmagnetisierungsspule ist vermutlich identisch mit der „automatischen Löscheinrichtung“ R 51. Eine Löschpistole, laut Braunbuch R 50,¹⁵⁵⁵ diente ebenso wie die RRG-Eigenfertigung Entmagnetisierungsdrossel (R 44) als unentbehrliches Werkzeug zum Entmagnetisieren von Magnetköpfen und Bandführungen.¹⁵⁵⁶

Abbildung 228: Ein wenig krude, aber wirkungsvoll und schneller als das Löschen eines Magnetbandes auf einem Tonbandgerät: Eduard Schüllers Sparversion einer Löscheinrichtung für erledigte Magnetbandaufnahmen (Patent DE 972 166 vom 4. Juni 1942).



Erfinder dieser Geräte ist möglicherweise wieder einmal Eduard Schüller. Im Sommer 1942 meldete er Schutzrechte an auf eine „Vorrichtung zum Löschen eines Magnetogrammtägers, der zu einer Spule gewickelt ist.“¹⁵⁵⁷ Nach den Patentansprüchen zu schließen, handelte es sich dabei um die Grundform der späteren „Löschdrossel“, einer Art Elektromagnet (Drossel), zwischen deren entsprechend ausgebildete Wicklungen oder Polstücke die Magnetbandspule eingeschooben wurde. Wichtig ist hierbei, dass das Löschfeld parallel zur Wickelachse durch das Magnetband dringt und zeitlich gleichmäßig abnimmt. In der Praxis drehte man den Bandwickel nach dem ersten „Löschen“ um 90° und löschte ein zweites Mal. War das Magnetfeld richtig dimensioniert, wurde jede Aufzeichnung selbst auf 2 Zoll breiten Magnetbändern oder relativ hochkoerzitiven 1-Zoll-Videobändern zuverlässig gelöscht. Als „Sparversion“ empfahl Schüller gewissermaßen die Kreuzung eines Schraubstocks mit einem Elektromagneten; in der Tat „ergeben sich bei dieser Anordnung sehr einfache Konstruktionen, da der Bewegungsvorgang beim Einschieben der Spule sowieso erforderlich ist ...“ (Abbildung 228).

AEG-Magnetophon-Produktionsplanung (1941)

Anfang 1941 stellte Hans Schepelmann, Verkaufsleiter Magnetophon der AEG, ein Produktions-Programm für die nächsten zweieinhalb Geschäftsjahre auf. Da er nur im Einvernehmen mit Vorgaben des Heereswaffenamtes planen konnte, spiegelt sich hier eindeutig die offizielle Meinung wider, der bis dahin für Deutschland verführerisch gut gelaufene Krieg werde 1942 / 1943 beendet sein. Schepelmann richtete seine Produktionsziele darauf aus, dass dann „die Wehrmachtsaufträge stark zurückgehen und dafür die Produktion der neuen kommerziellen Geräte einsetzt.“ Bei etwa gleichbleibenden Monatsumsätzen sollte also der Anteil der Militärgeräte von 80 % auf 16 % zurückgehen und das hochwertige Gerät Magnetophon K 7, gefolgt von einem Kassettentonbandgerät für die Reichspost („RP-Kassette“), Hauptsatzträger werden.¹⁵⁵⁸ Auffällig ist, dass erst im Geschäftsjahr 1942 / 1943 für die RRG geeignete Magnetbandgeräte auftauchen, es sei denn, die Rundfunkgeräte wären hier unter den jährlich 240 Stück Magnetophon K 4 mitgezählt. Das verhältnismäßig aufwendige Magnetophon FT 4 sollte zugunsten eines wesentlich einfacheren Geräts („Diktierwalze“) auslaufen. – Der Vergleich mit Tabelle 4, Spalten „Magnetophon G.m.b.H.: Auftragsbestand am 1.X.1942“, zeigt deutlich, wie sich die Planung der Realität des Kriegsverlaufs anzupassen hatte.

Magnetophon GmbH

Während der Entwicklungsphase des Magnetophons und den geschäftlich eher ruhigen Jahren 1935 – 1939 hielten sich I.G. Farben und AEG an das „gentlemen’s agreement“ gebunden, auf das sich Wilhelm Gaus und Hermann Bücher 1935 zur gemeinsamen Entwicklung von Gerät und Tonträger verständigt hatten.¹⁵⁵⁹ Der Verkauf des Magnetophonbandes an Verbraucher sollte über die AEG laufen, die Verrechnung hatte die I.G. Farben-Zentralverwaltung zu besorgen.¹⁵⁶⁰ Über eine gemeinsame Vertriebsfirma für Geräte und Bänder wurde zwar seit 1935 wiederholt diskutiert, eine Entscheidung aber auf die Zeit verschoben, zu der ein angemessener Umsatz erreicht sein würde. Bis dahin sollte der Gewinn aus Geräte- und Bandverkauf hälftig zwischen beiden Firmen geteilt werden. Dieser bemerkenswerte Schwebezustand hielt sich bis zum Jahr 1942.

Seit etwa 1939 hatten das auch kommerziell erfolgreiche Magnetophon K 4, der Rundfunk und nicht zuletzt die Wehrmacht dem Magnetophon-Bereich mehr und mehr Gewicht gegeben, ganz zu schweigen von der denkwürdigen Vorführung des HF-Magnetophons im UFA-Palast von Juni 1941 (Seite 195). Damit hatte sich das zuvor allenfalls vielversprechende Nischenprodukt zu einem kriegs- und, nicht zuletzt, nachkriegswichtigen Spitzenprodukt gemausert, und so war es an der Zeit, auch die kaufmännische Seite richtig zu organisieren. Das

immer wieder hinausgeschobene Projekt „Magnetophon G.m.b.H.“ war jetzt geradezu eine Notwendigkeit geworden¹⁵⁶¹ (kurze Zeit dachte man sogar an „Tonschreiber G.m.b.H.“ als Firmen- und an „Supraphon“ als Gerätemarkennamen¹⁵⁶²). Wie auf Seite 224 berichtet wird, war die freundliche Indifferenz Wolfens gegenüber dem „Ludwigshafener Herzenswunsch“ Magnetophonband in ostentatives Interesse am überlegenen Konkurrenten und potenziellen Nachfolger des Lichttonfilms umgeschlagen.¹⁵⁶³

Tabelle 3: Magnetophon-Produktionsplanung der AEG im Jahr 1941 ¹⁵⁶⁴

Geräte-Typ	Sommer 41	Jahr 1941/1942			Jahr 1942/1943		
	Stück / Monat	Stück / Monat	Monats-Summe (RM)	Gerätepreis (RM)	Stück / Monat	Monats-Summe (RM)	Gerätepreis (RM)
Magnetoph. FT 4	20	20	36.000	1.800	0		
Magnetophon K 4	20	20	68.000	3.400	0		
Tonschreiber b	30	40	180.000	6.000	5	30.000	6.000
Tonschreiber c*	60	40	180.000	3.000	10	20.000	2.000
Tonschreiber d	15	15	45.000	3.000	10	30.000	3.000
Magnetophon K 7					40	200.000	5.000
„Diktierwalze“					100	80.000	800
„RP-Kassette“					10	100.000	10.000
Sondertypen						40.000	
Monats-Summe			RM 509.000			RM 500.000	
Militärgeräte			80 %			16 %	

* Die Unterlagen lassen nicht erkennen, ob sich die Preise auf den Tonschreiber c / Aufnahme oder –Wiedergabe-Version beziehen; der Vergleich mit dem Tonschreiber d-Preis legt eher nahe, die Wiedergabeversion anzunehmen.

Nachdem sich zwischen Clemens Brendel, als „Leiter der juristischen und Vertragsabteilung der I.G. Farben“ Verhandlungsführer für Ludwigshafen, und dem eine halbe Generation jüngeren AEG-Vorstandsmitglied Hans Heyne eine fast freundschaftliche Beziehung entwickelt hatte,¹⁵⁶⁵ wäre die Gründung einer reinen Vertriebsfirma als gemeinsamer Tochtergesellschaft der AEG und I.G. Farben bloße Routine gewesen. Nun hatte aber Wolfens Chef Fritz Gajewski schon im September 1941 in aller Deutlichkeit klargemacht, dass er vitale Interessen „seiner“ I.G. Farben-Sparte III berührt sah und daher sein Werk künftig in alle Vorgänge eingeschaltet wissen wollte, die Magnetton und Kinefilm betrafen.¹⁵⁶⁶ Die Wolfener Interessen vertrat seither der brillante Ingenieur-Jurist Dr. Dr. Harald Mediger:¹⁵⁶⁷ nur Wolfen dürfe „Magnetophonmaterial für Bildtonfilmherstellung in der Kinotechnik“ produzieren; der Verkauf solle ausschließlich der Agfa vorbehalten bleiben,¹⁵⁶⁸ also keineswegs der Magnetophon GmbH. Gegen Medigers Durchsetzungsfähigkeit kam das Ludwigshafener Argument nicht an, man habe Prioritäten ja schon mit der „Versuchsballon“-Patentanmeldung „Verfahren zur Herstellung von Tonfilmen“ gesetzt ¹⁵⁶⁹ – sogar Wilhelm Gaus musste seine Ruhestands-Aktivitäten in seinem Gut Schmalzhof bei Pöcking am Starnberger See für eine Stellungnahme unterbrechen, die die Ludwigshafener Position allerdings auch nicht stützte.¹⁵⁷⁰

Wolfen ging es beim Aushandeln der Magnetophon G.m.b.H.-Zuständigkeiten weniger um das Geschäft mit dem „reinen“ Magnetfilm (später SEP-MAG genannt); man konnte sich schließlich ausrechnen, dass dieser den Lichtton-Negativfilm nach und nach ablösen und die entsprechenden Umsätze, dank niedrigerer Herstell- und Anwendungskosten des Magnettonträgers, einbrechen würden (als reiner Materialpreis wurden 0,85 Pfennig pro Meter für Magnetophonband, 16 Pfennig für den Lichttonfilm genannt, notabene ohne dessen fotochemische Entwicklung). Geradezu erbittert kämpfte Wolfen jedoch um den „kombinierten Bild- und Tonfilm“ (COMMAG), von dem man sich die größten Chancen versprach.

In verdrießlicher Langatmigkeit, begleitet von teils bissigen Anfeindungen zwischen Ludwigshafen und Wolfen, zogen sich die Verhandlungen über Aufgaben, Befugnisse und Organisation der Magnetophon G.m.b.H. bis zum Kriegssommer 1942 hin. Dass zumindest in der I.G. Farben Nerven blank lagen, zudem ein Übermaß an Arbeit teils unter Lebensgefahr zu leisten war, erklärt manche Misstöne. Schließlich hatte man Ende Juli 1942 alle Fragen geklärt. Zu Geschäftsführern der Magnetophon G.m.b.H. wurden Hans Schepelmann, bisheriger Leiter der alsbald aufgelösten AEG-Abteilung Mgt/V (Magnetophon / Verkauf), und Friedrich Matthias von I.G. Farben ernannt. Es bestand Einigkeit darüber, dass Matthias weniger Befugnisse haben sollte als Schepelmann, da er „seinen Arbeitsbereich in der I.G. Ludwigshafen/Rh. beibehalte und nur nebenher die Geschäfte als zweiter Geschäftsführer ausübe.“¹⁵⁷¹ Die notarielle Verhandlung zur Firmengründung fand in Berlin am 12. August 1942 statt; die Eintragung ins Handelsregister wurde am 5. September 1942 im „Reichsanzeiger“ bekanntgegeben,¹⁵⁷² und so konnte die Magnetophon G.m.b.H. offiziell zum 1. Oktober 1942 den Betrieb aufnehmen.¹⁵⁷³

Clemens Brendel war zuvorkommend genug, Wilhelm Gaus eine Vertragskopie zu schicken; seinerseits gratulierte der große Magnetophonband-Förderer zum Erreichen: „Ich habe den Eindruck, dass hier endlich nach langen Kämpfen etwas Gutes geschaffen wurde. Hoffentlich sind die geschäftlichen Ergebnisse ebenso gut.“¹⁵⁷⁴

Die Bilanzen der Magnetophon G.m.b.H. sind nicht erhalten, sondern nur Quartalsberichte und Anlagen zu den Bilanzen 1942 / 1934 und 1943 / 1944.¹⁵⁷⁵ Immerhin sind daraus aufschlussreiche Details zu entnehmen, etwa die schon zitierte „Kundenliste“ (Seite 117). Die hier (bearbeitet) wiedergegebene Tabelle 4, „Auftragsbestand am

1. Oktober 1942 ...“, bildet die Hauptquelle für die realen Preise der Magnetophon- beziehungsweise Tonschreiber-Typen.

Aus einer Tabelle „Erlösübersicht 1.10.1942 – 31.3.1943“ ergibt sich, dass in diesem *Halbjahr* 173 Tonschreiber b (RM 1.048.000) sowie 93 Tonschreiber d (RM 409.120) geliefert wurden. Auf das ganze Geschäftsjahr hochgerechnet, ergibt sich daraus für die Tonschreiber b und d ein „Zielerreichungsgrad“ von rund 80 %; falls die Produktion gesteigert werden konnte, dürften 100 % erreicht worden sein. An „Sprechbändern“ wurden 15.600 Stück zu je RM 12,75 verkauft, wieder aufs Jahresende hochgerechnet also rund 30.000 Stück und damit 60 % der Ludwigshafener Jahresproduktion¹⁵⁷⁶

Den Anlagen zur Bilanz zum 30. September 1944 ist entnehmen, dass die größten Umsatz-Anteile mit Tonschreibern gemacht wurden (RM 5,5 Mio), während auf „sonstige Gerätetypen“ nur RM 0,7 Mio entfallen. Aus dem Posten „Sprechbänder RM 0,75 Mio“ kann leider die verkaufte Bandmenge nicht erschlossen werden, weil die auf Spulen gelieferten Magnetbänder für die Tonschreiber mit Sicherheit anders verrechnet wurden als die auf Pappringe gespulten 1.000 m-Bänder, wie sie an die RRG gingen. Die erhaltenen Dokumente erlauben auch keine Aufschlüsselung, welche der genannten Reichsbehörden beziehungsweise Wehrmachts-Amtsstellen welche Geräte, Bänder, Ersatzteile, Reparaturen und sonstige Dienstleistungen bezogen haben.

Tabelle 4: Auftragsbestand der Magnetophon G.m.b.H. am 1. Oktober 1942 und Lieferplan 1942/43

	Auftragsbestand am 1.X.1942 ¹⁵⁷⁷			Lieferplan 1942/43		
	Stück	Wert (RM)	Stückpreis (RM)	Stück	Wert (RM)	Stückpreis (RM)
Tonschreiber b	1.185	7.180.000	6.059	440	2.640.000	6.000
Tonschreiber c	200	500.000	2.500	200	400.000	2.000
Tonschreiber d	378	1.655.000	4.378	240	960.000	4.000
Tonschreiber RE 3	310	1.395.000	4.500	120	540.000	4.500
Diktiergerät FT 4	90	180.000	2.000	90	180.000	2.000
Magnetophon K 4	154	540.000	3.506	30	75.000	2.500
Tonschreiber f	-,-	-,-	-,- ¹⁵⁷⁸	150	525.000	3.500
Magnetophon HTS (für RRG)	160	296.000	1.850	150	278.000	1.853
	2.477	11.746.000		1420	5.598.000	
Sprechbänder (Magnetophonband à 1.000 m)	13.400	145.000	11	50.000	540.000	11

Tonband GmbH

In den 1930er Jahren hatten sich in der deutschen Schallplatten- und Filmgeräte-Industrie komplizierte Transaktionen abgespielt, als deren Ergebnis sich Telefunken, eine gemeinsame Tochter von Siemens und der AEG, als Besitzer der Klangfilm G.m.b.H. wie der Deutschen Grammophon Gesellschaft (DGG) wiederfand, die übrigens ebenfalls ein Magnetophon gemietet hatte.¹⁵⁷⁹ Schließlich überschritten sich die (weit über die „Unterhaltungselektronik“ hinausgehenden) Arbeitsgebiete Telefunkens und die ihrer Muttergesellschaften so stark, dass 1941 eine umfassende Reorganisation der Telefunken anstand. Daher gingen zum 1. Oktober 1941 im Zuge der „Telefunken-Regelung“ deren Anteile an Klangfilm und DGG an Siemens, Telefunken samt der „Hausmarke“ Telefunken-Schallplatte G.m.b.H. („Telefunkenplatte“) an die AEG.¹⁵⁸⁰ Auf die Gründung der Magnetophon G.m.b.H. hat sich diese Neustrukturierung nicht erkennbar ausgewirkt. Dass die AEG bis November 1942 die Tonband G.m.b.H. aufbaute, fast gleichzeitig ein Industriellenkreis um den Kölner Erfinder Karl Daniel die Tefi-Opta-Radio Vertriebsgesellschaft gründete,¹⁵⁸¹ mag ein Zufall sein,¹⁵⁸² könnte aber ebensogut signalisieren, dass sich die Musikbranche für die nach Kriegsende erhoffte Neuordnung eines riesigen Marktes in Position brachte.

Die fabelhaften Magnetophon-Fähigkeiten wollte die AEG nicht nur mittels Geräteverkauf – in Zeiten kriegsbedingter Beschränkungen mit geringen Aussichten –, sondern auch mit dem Aufbau eines eigenen, kommerziell nutzbaren „Tonarchivs“ profitabel umsetzen.¹⁵⁸³ Als Partner mit der entsprechenden Musikmarkt- und Sachkenntnis bot sich natürlich die Telefunkenplatte an, und da sich die „Telefunken-Regelung“ offenbar schon früh abzeichnete, bahnte der Magnetton-Spezialist der Fabriken-Oberleitung der AEG, Heinz Lübeck, bereits im Februar 1941 Kontakte an, um Einsatzmöglichkeiten des HF-Magnetophons auszuloten.

Zuerst bot sich aber eine neuartige unternehmerische Chance: das Kopieren von Magnetophonband-Aufnahmen als Dienstleistung für die RRG. Solange aber keine „Mindest-Magnetofon-Dichte“ erreicht war, konnte die RRG Kopien ihrer Produktionen allenfalls auf kaum transport-geeigneten Schallplatten verteilen. Da jedoch Wehrmachtslieferungen Vorrang hatten, mussten die Reichssender lange auf weitere Magnetophone warten. 1942 waren sie endlich, neben Berlin, bei wenigstens sechs Stationen im Betriebseinsatz, und damit gab es auch einen konkreten Bedarf an Kopien von Magnetbandaufnahmen. Sowie die RRG-Leitung signalisierte, im eigenen Haus seien für solche Arbeiten keine Kapazitäten frei, hatte sich die AEG auf entsprechende Aufträge vorbereitet.¹⁵⁸⁴ Aus organisatorischen Gründen schien es zweckmäßig, in Analogie zur Telefunken-Schallplatte G.m.b.H. eine

Firma namens Tonband G.m.b.H. zu gründen (11. Mai 1942, notabene ohne Beteiligung der I.G. Farben).¹⁵⁸⁵ Ihr Auftrag war, „nach dem Magnetophonverfahren Aufnahmen herzustellen, zu vervielfältigen und zu vertreiben, sie bedient sich dabei der von der Magnetophon GmbH gelieferten Apparate und Filme. Die Tätigkeit der Gesellschaft entspricht also der eines Verlages oder der einer Schallplattenfabrik.“¹⁵⁸⁶ Heinz Lübeck wurde zum Geschäftsführer ernannt.

Wie gut die AEG die Zeit bis zum Einlaufen der RRG-Kopieraufträge nützte, zeigt das Patent DE 910 602 von Rolf Müller-Ernesti, am 31. Oktober 1941 unter dem blassen Titel „Verfahren zum Kopieren einer magnetischen Schallaufzeichnung“ angemeldet. Die wesentlichen Ansprüche formuliert Müller-Ernesti so: ein „Verfahren ... , dadurch gekennzeichnet, dass ein besprochener und ein unbesprochener ... Film dicht aufeinandergelegt gemeinsam einem äußeren Magnetfeld ausgesetzt werden und dass als äußeres Magnetfeld ein Wechselfeld, vorzugsweise ein hochfrequentes Wechselfeld, angewendet wird.“¹⁵⁸⁷

Leicht enttäuschend ist, dass Müller-Ernesti eine besonders attraktive Option nicht ausdrücklich nennt, nämlich das Kopieren mit mehrfacher Original-Bandgeschwindigkeit. Offenbar gegeben war jedoch eine wichtige Voraussetzung, nämlich ein Mutterband mit einem Magnetmaterial von höherer Koerzitivfeldstärke als das des Tochterbandes: in Ludwigshafen hatte man bei systematischen Studien an Fe_2O_3 „ein Produkt von so erheblicher Magnetisierbarkeit erhalten“, dass man auch hier als erstes an „magnetische Kontaktkopien“ dachte¹⁵⁸⁸ – hat Müller-Ernesti vielleicht eine Anregung aus I.G. Farben-Labors aufgegriffen? Wie auch immer: DE 910 602 ist nichts weniger als das Erfindungspatent *Duplizieren im Kontaktverfahren mittels HF-Feld*. Der Ludwigshafener Anlauf versandete im Übrigen spätestens mit dem Totalschaden der Magnetophonbandfabrik im Juli 1943.

Die Tonband GmbH sollte zum ersten kommerziellen Magnetband-Duplizierer werden. Sie hatte eine provisorische „Kopierstraße“ mit vier Magnetophonen K 4 zur Aufnahme (geplant waren 11 Kopiermaschinen)¹⁵⁸⁹ und einem „Master“-Wiedergabegerät Magnetophon K 5 aufgebaut.¹⁵⁹⁰ Was Müller-Ernestis Schnellkopierpatent angeht: zu den ersten Projekten der Tonband GmbH gehörte eine vermutlich nicht realisierte „Vielfach-Kopiermaschine“, die „in einem Arbeitsgang nach Möglichkeit dasselbe leisten [soll], was etwa 20 einzelne Kopiermaschinen heute leisten.“ Ehrgeizig oder vorwärtsschauend war die Tonband GmbH jedenfalls, selbst an das Kopieren stereofoner Magnetbandaufnahmen war gedacht, wenn auch zunächst nur in geringen Auflagen.¹⁵⁹¹

Erster und größter Auftraggeber der Tonband GmbH war die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, die pro Woche 50 bis 70 Urbänder (also Originalaufnahmen) anlieferte, von denen jeweils zehn Kopien herzustellen waren. Urband und vier Kopien gingen zurück in die Masurenallee, je eine Kopie war an die Reichssender Königsberg, Leipzig, Breslau, Hamburg, München und Wien zu liefern, und zwar in dieser Reihenfolge.¹⁵⁹² Je weiter die Tonband GmbH ihre Kapazität ausbauen konnte, umso mehr Aufträge sollte sie übernehmen. Beim damaligen Stand der Technik – oder in Erinnerung an Unfälle aus der Zeit der Gleichstrom-Löschung – hatte die RRG einen konkreten Grund, von der Tonband GmbH jeweils vier Kopien von ihren „Urbändern“ anfertigen lassen:

Es werden sogar von einem sehr großen Teil [...] der RRG-Magnetbandaufnahmen ...] Kopien hergestellt, da man sehr ungern das Original selber zur Wiedergabe benutzt, da nicht wieder gutzumachende Schäden durch vormagnetisierte Abhörköpfe auftreten können. Um die verschiedenen Sender mit Programmen versorgen zu können, wäre sogar eine ganze Reihe Kopien erforderlich.¹⁵⁹³

So kamen bereits im ersten Geschäftsjahr 1942 / 1943 knapp 15.000 Kopien mit einer Gesamtspielzeit von 1.400 Stunden zusammen,¹⁵⁹⁴ das heißt, die mittlere Spiellänge lag bei etwa 6 Minuten, offenbar überwog also Unterhaltungsmusik. Waren in diesem Jahr schon etwa 3.800 Magnetophonbänder zu je 1.000 m bespielt worden, stieg der Bedarf im Jahr 1944 auf nicht weniger als 18.600 Bänder – er hatte sich damit etwa verfünffacht und machte schon drei Fünftel der Bandmenge aus, die im gleichen Jahr an die RRG ging.¹⁵⁹⁵

Allerdings sind in diesen 18.600 Magnetbändern auch die Mengen enthalten, die die Tonband GmbH für ihren zweiten Geschäftszweck einsetzte, die „Herstellung von Tonbandaufnahmen“ für Schallplatten in Zusammenarbeit mit der Telefunkenplatte. Dank seiner überlegenen Qualität bot sich das Magnetophon ja geradezu an, den bis dahin zwangsweise praktizierten „Direktschnitt“ mit allen Belastungen für die Ausführenden und seinen technischen Unwägbarkeiten abzulösen, anders gesagt: „Vom technischen Gesichtspunkt aus bietet die Umspielung vom Tonband eine Reihe wesentlicher Vorteile. Es wird möglich sein, unter Verwendung des HF-Magnetophons Schallplatten herzustellen, die den gegenwärtigen Platten sowohl bezüglich der Laufzeit als auch der akustischen Qualität wesentlich überlegen sind.“¹⁵⁹⁶ Man beachte „bezüglich der Laufzeit“: einen Monat nach dieser Notiz vom Mai 1943 meldete der Mitverfasser, Tonband-Geschäftsführer Heinz Lübeck, das Patent DE 971 917 mit dem Titel „Verfahren und Vorrichtung zum Aufzeichnen von Schallwellen auf Schallplatten“ an.¹⁵⁹⁷ Hier wird die magnetband-seitige Voraussetzung des Füllschriftverfahrens von Eduard Rhein beschrieben, der das erste entsprechende Patent am 21. Dezember 1942 unter dem Titel „Verfahren zur Aufzeichnung einer Tonschrift mit Steuerung des Abstandes zwischen benachbarten Tonspuren“¹⁵⁹⁸ angemeldet hatte. Die notwendige Verzögerung zwischen Vorschubsteuerung und Tonrillenschnitt wollte Rhein „durch eine Zwischenaufzeichnung – beispielsweise auf einen endlosen Magnetogrammräger – mit entsprechend verzögerter Abtastung der primären Aufzeichnung“ erreichen. Wesentlich eleganter dagegen Lübeck: er gewinnt die Steuergröße durch Vorabtastung des Signals vom eigentlichen Aufzeichnungsträger, das heißt also dem Magnetband. Entscheidend für den Schutzrechtsumfang war jedoch der erste Patentanspruch, nach „dem der Frequenzgang des Steuerorgans für den Rillenabstand dem Frequenzgang des die Rillenamplitude bestimmenden Aufzeichnungsorgans angepaßt ist“, denn, resümierte Walter Bruch 1977, „danach waren alle Platten mit richtig gesteuertem Rillenabstand [dem späteren Patentinhaber] Telefunken lizenzpflichtig.“¹⁵⁹⁹

Aus der Zusammenarbeit mit der Telefunkenplatte, die im Juli 1943 ein auf HF-Vormagnetisierung umgebautes Magnetophon K 4 angemietet hatte,¹⁶⁰⁰ resultierten zwischen Juni und Oktober 1943 etwa 35 auf Schallplatten veröffentlichte Aufnahmen. Die Bandbreite reicht von Liedern aus Franz Schuberts *WINTERREISE* mit dem Bariton Karl Schmitt-Walter und dem Pianisten (späteren Dirigenten) Ferdinand Leitner bis zu Titeln wie *AN DER DONAU STEHT MARIKA*¹⁶⁰¹ mit den „*Gesch[wistern]. Valtonen u. Willy Mattes*“ und *FRANZL, ICH HAB EINEN AUFTRAG FÜR DICH*¹⁶⁰² mit Ullly Engel und dem Orchester Adalbert Lutter.¹⁶⁰³ Die Produktion endete abrupt, als am 22. November 1943 ein Bombentreffer das Studio der Telefunkenplatte in der Singakademie Berlin zerstörte.¹⁶⁰⁴

Die Tonband GmbH verlagerte zu dieser Zeit ihre technischen Einrichtungen, nicht zuletzt auf Wunsch der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, nach Freiburg in Schlesien – heute Świebodzice –, nachdem offenbar auch das RRG-Zentralschallarchiv nach Breslau verlegt wurde oder dies zumindest geplant war. Der Kopierbetrieb soll am 1. Dezember 1943 aufgenommen worden sein.¹⁶⁰⁵ Wie zwei Briefe von Alfred Quellmalz (Seite 112) an die Magnetophon G.m.b.H. nahelegen, war die Tonband GmbH noch im Mai, wohl auch noch nach dem 22. August 1944 aktiv.¹⁶⁰⁶ Spätere Nachrichten von ihrem Standort Freiburg fehlen. Wie ganz Niederschlesien, gehört Świebodzice seit 1945 zu Polen.

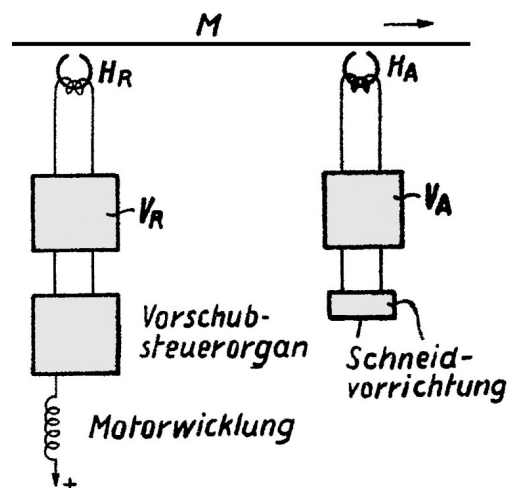


Abbildung 229 (LINKS): Heinz Lübeck, Patent DE 971 917, Rillenvorschubsteuerung beim Schallplattenschnitt mittels Vorabtape der Magnetbandaufzeichnung mit Hilfskopf (hier H_R), angemeldet am 21. Dezember 1942.

Abbildung 230 (RECHTS): AEG-Telefunken Magnetophon M 5, Sonderausführung „Rillensteuerung“, entwickelt speziell für die Herstellung von Langspielplatten nach Eduard Rheins Füllschriftverfahren. Das Gerät hat zwei Wiedergabeköpfe (erkennbar an den Brummklappen), der linke dient zur Messung der Aussteuerung und steuert so den Rillenabstand auf der Platte, dann folgt eine Umwegleitung (drei Umlenkrollen, eine einstellbar an der Gleitstange in Gerätemitte, bevor das Band den zweiten Wiedergabekopf passiert, dessen Signale letztlich den Schneidstichel aussteuern).

Über das Schicksal der Tonband GmbH zwischen 1944 und der frühen Nachkriegszeit sind keine Einzelheiten bekannt. Offensichtlich war die Firma Mitte 1946 weder aktiv noch aktionsfähig; Heinz Lübeck, der gerade erst wieder nach Berlin zurück kam, plante einen Neuanfang und hatte bereits Zusagen über Aufträge vom Berliner Rundfunk (als örtlichem Nachfolger der RRG) sowie von der AEG für Maschinen und Verstärker bekommen. Außerdem wollte er auch wieder Aufnahmen für die Telefunkenplatte machen.¹⁶⁰⁷ Doch Lübeck übernahm bald andere Aufgaben und verließ die AEG schließlich im Mai 1948, was dafür spricht, dass der Neustart der Tonband GmbH misslungen ist; jedenfalls war 1950 die Firma bereits erloschen.¹⁶⁰⁸

Deutsche Magnettonfilm-Ansätze (1941 – 1945)

Seit 1941 interessierte sich auch die deutsche Spielfilmindustrie für das HF-Magnetbandverfahren, versprach sie sich doch vom Magnetfilm – der filmbreiten, perforierten Version des Magnetophonbandes – einen Tonträger, der einfacher zu handhaben war als der fotografische Schallfilm: der musste in der Dunkelkammer in die „Lichttonkamera“ eingelegt werden, kam entwickelt und getrocknet erst am Tag nach der Aufnahme zurück, also viel zu spät für spontane Korrekturen, und das Material misslungener Aufnahmen war verloren, da es, anders als Magnetband, ja nicht gelöscht werden konnte – vom wesentlich höheren Materialpreis ganz zu schweigen.

Nach Rundfunk und Wehrmacht war also die Filmindustrie der dritte kommerziell interessante Verbraucher von Magnetophon-Material; wenn sich der Magnetton auf der Theaterkopie (der in Lichtspielhäusern vorgeführten Kopie eines Spielfilms) durchsetzen würde, wäre, angesichts der 1942 noch für möglich gehaltenen wirtschaftlichen Beherrschung Europas durch Deutschland, von diesem Sektor ein wenigstens ebenso lukratives Geschäft zu erwarten wie von Rundfunk und Wehrmacht mit ihren letztlich begrenzten Abnahmemengen.

Magnetton vom Kinefilm war freilich überhaupt kein neuer Einfall: in Wolfen fand John Eggert nicht weniger als elf Patente, eingereicht zwischen 1909 und 1931¹⁶⁰⁹ (wobei ihm unter anderem Pfeumerss britisches Patent

333,154¹⁶¹⁰ von 1929 entging, und der „Versuchsballon“¹⁶¹¹ der I.G. Farben Ludwigshafen von 1935 nicht mitgezählt ist). Diese zum Teil wenig realitätsnahen Patente sollen hier nicht Revue passieren, es sei allerdings daran erinnert, dass Curt Stilles verdienstvollste Arbeiten gerade dieses Gebiet betreffen.

Seit Herbst 1940 schien Magnetton zum Film greifbar nah: das Magnetband, allen Schallspeichern an Qualität weit überlegen, spukte daher durch alle deutschen Filmstudios. Kurz nach Anmeldung des „HF-Patents“ hatten Hans Joachim von Braunmühl und Walter Weber ein weiteres Schutzrecht beantragt, „*Magnetischer Tonbildfilm, dessen Schallspur an der Stelle angebracht ist, an er sich sonst die photographische Schallspur befindet.*“¹⁶¹² Die Anmeldung blieb zwar erfolglos, zeigt jedoch, wie schnell den Rundfunkleuten der wirtschaftliche Wert ihres Funds in seiner ganzen Tragweite aufgegangen war.

Was Wunder, dass nun auch bei der AEG wie bei diversen Berliner Filmgesellschaften weitgehend unkoordinierte Versuche in Gang kamen, das neue Verfahren dem Filmtone nutzbar zu machen. Leider ist die potenziell aufschlussreichste Dokumentation dieser Arbeiten, der erste Teil des 1947 zusammengestellten Berichts „*Untersuchung der in Deutschland entwickelten elektro-magnetischen Methode der Tonaufzeichnung (Magnetophon) und ihre Verwendung in der Kinematographie*“, nicht auffindbar,¹⁶¹³ so dass nur unsichere Indizien darüber berichten, wer was wann bearbeitet oder erfunden hat. Insgesamt ist aber festzuhalten, dass es bis 1945 keine betriebsmäßig einsetzbare Magnetfilmtechnik in Deutschland gegeben hat; ein deutlicher Hinweis darauf ist der 1943 / 1944 mit Hilfe eines Magnetophons K 6 gedrehte Spielfilm DER ERBFÖRSTER (Seite 214).

Aufgefrischtes Magnetton-Interesse in Wolfen



Abbildung 231: John Eggert (1881 – 1973), neben seiner fotowissenschaftlichen Tätigkeit von 1941 – 1945 auch Leiter der Wolfener Magnetophonband-Produktion.

Es war nur folgerichtig, dass I.G. Farben Werk Wolfen im Juni 1941, wenige Tage nach der glanzvollen Vorführung des Hochfrequenz-Magnetophons im Berliner UFA-Palast am Zoo, wieder einen Vorstoß unternahm, den Magnetträger auch in der Filmfabrik Wolfen anzusiedeln. Zunächst, wie schon gezeigt, weil er jetzt hervorragend ins Agfa-Geschäftsfeld passte, zum andern aber wegen peinlicher Pannen während der Produktion des ersten deutschen Farb-Spielfilms FRAUEN SIND DOCH BESSERE DIPLOMATEN,¹⁶¹⁴ gedacht als „deutsche Antwort“ auf den US-Erfolg GONE WITH THE WIND.¹⁶¹⁵ Nicht nur, dass sich die Dreharbeiten über zwei Jahre hinstreckten, weil der unter politischem Druck entwickelte Agfacolor-Negativfilm Farbschwankungen jenseits aller Zumutbarkeit produzierte (die aufwendige Schluss-Sequenz ist mehrmals gedreht worden), sondern auch wegen massiver Tonprobleme, derentwegen bei der Erstaufführung am 31. Oktober 1941¹⁶¹⁶ ein „besonderer Silberfilm“¹⁶¹⁷ – also ein separates Schwarz-Weiß-Lichttonpositiv – abgespielt wurde. Bei den Theaterkopien war der Ton teilweise so jämmerlich, dass das Publikum das Eintrittsgeld zurückverlangte – und auch erhielt.¹⁶¹⁸ Zwei Jahre später war diese Schwierigkeit weitgehend behoben, wie nicht zuletzt die UFA-Jubiläumsproduktion MÜNCHHAUSEN (1943) beweist.

Magnetophonband 6,5 mm für Tonfilmzwecke (SEPMAG)

Wie in vielen Innovationsphasen, gab es einige interessante Versuche, die entweder in Sackgassen führen oder sich als ihrer Zeit weit voraus erweisen sollten. So soll Hans Schießler, Leiter des AEG-Magnetton-Laboratoriums, mittels einer Art Tuscheschreiber magnetische Dispersion auf Kine-Film aufgetragen haben.¹⁶¹⁹ Woher die Dispersion stammte, ist ebenso wenig zu klären wie technische Details über das „*Film Laufwerk*“, das er aus Kinoprojektor-Teilen zusammengebaut haben soll.¹⁶²⁰ Jedenfalls arbeitete die AEG Ende 1941 an einem Musterlaufwerk für „*perforierte Magnetophonfilme*“, das aber schon im April 1942 als überholt galt.¹⁶²¹

Die (in diesem Zusammenhang) interessantesten AEG-Patente stammen von Eduard Schüller – der übrigens in dieser Sache intensiven Kontakt zu Heinz Orlich hielt¹⁶²² –, nämlich das am 10. Dezember 1940 angemeldete DE 882 956, „*Verfahren zum Synchronisieren von getrennt laufenden Ton- und Bildfilmen*“ sowie DE 883 836 „*Verfahren zum Synchronisieren getrennt laufender Bildfilme und Magnettonfilme*“, angemeldet am 24. Dezember 1940, beide (ein Jahr dutzend später) als Grundlage des „*Pilottonverfahrens*“ bekannt geworden. Während das ältere Patent mit seinen recht breit gefassten Ansprüchen eher allgemein gehalten ist, widmet sich DE 883 836 den Details (siehe Abbildung 232), so mit dem ersten Patentanspruch: „*Verfahren zum Synchronisieren getrennt aufgezeichneter Bildfilme und Magnettonfilme bei der Wiedergabe, bei welchem gleichzeitig mit der Aufnahme auf einer besonderen Spur des Magnettonfilms eine Steuerfrequenz, vorzugsweise 50 Hz, magnetisch aufgezeichnet worden ist, die bei der Wiedergabe gesondert abgetastet wird, dadurch gekennzeichnet, dass ... Synchronismusfehler ... selbsttätig durch Regulierung der Drehzahl des Antriebsmotors des Magnetongerätes ausgeglichen werden.*“¹⁶²³ Die zugehörige Zeichnung scheint von einer Halbspuraufzeichnung mit je einer Spur für den Nutzton und das Pilotsignal auszugehen, doch ist die „... Anord-

nung der beiden Spuren ... nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung“; nach seinen Erfahrungen mit dem Zwillingskopf (Seite 190) erwartet Schüller hier auch keine Schwierigkeiten mit eventuellen „gegenseitigen Beeinflussungen der beiden Aufzeichnungen“. – Dass die beiden Patentschriften erst 1952 und 1953 veröffentlicht wurden, erklärt, warum das bereits 1950 ausgegebene Patent DE 800 157 von Josef Schürer ¹⁶²⁴ „als Basis beim Aufbau des Pilotsynchronisierverfahrens in Deutschland“ galt.¹⁶²⁵

Otto Schmidbauer, versierter Ingenieur bei der RRG und Kollege von Walter Weber, stellte im Dezember 1941 fest, dass mit Magnetband auch bei der Normal-Filmgeschwindigkeit (45,6 cm/s, 24 B/s) 10.000 Hz als obere Frequenzgrenze erreichbar waren (Lichtton realistisch: ca. 6 kHz), wenn auch mit kleinen Dynamikverlusten; die AEG hatte eigens für diese Versuche einen neu ausgelegten Antriebsmotor in ein Magnetophon eingebaut.¹⁶²⁶

In diesen chaotischen Zeiten hing systematische Entwicklungsarbeit von vielen Unwägbarkeiten ab: Wiederholte Verfügungen des Regimes, dass derlei „Friedensentwicklungen“ einzustellen seien, dürften als nachhaltige Fortschrittsbremse gewirkt haben,¹⁶²⁷ notwendige Materialien unterlagen der Zwangsbewirtschaftung, ganze Industriezweige produzierten ausschließlich Wehrmachtsbedarf, unentbehrliche Fachkräfte wurden zum Wehrdienst eingezogen, und in den immer häufigeren Bombennächten ging es oft ums pure Überleben.

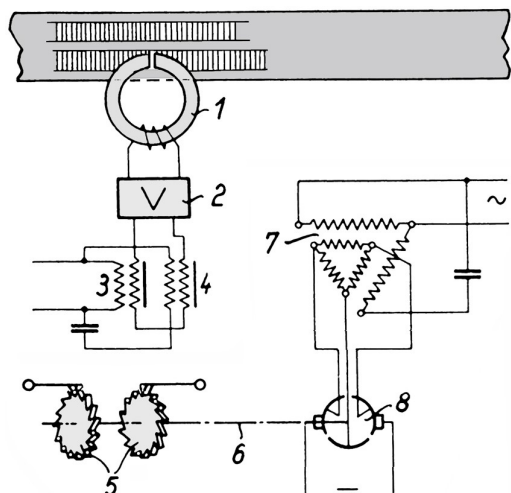


Abbildung 232: Eduard Schüllers Vorschlag „zum Synchronisieren getrennt laufender Bildfilme und Magnettonfilme“, später als „Piloton“ bekannt.¹⁶²⁸

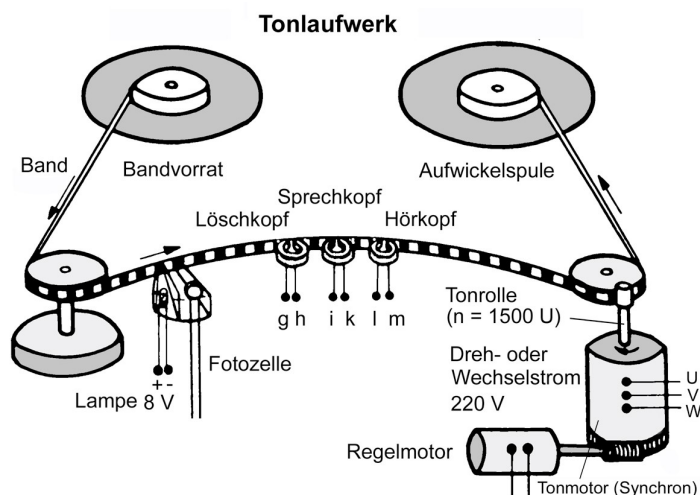


Abbildung 233: Ernst Augustin und Walter Weber, Synchronisation zwischen Bildfilm und Magnetband mittels Abtastung der streifenweise hell-dunkel bedruckten Rückseite des Magnetbandes.

Magnetophon für Synchronarbeiten: UFA Babelsberg

Der UFA schlug ihr führender Tonfachmann Heinz Orlich schon 1940 und, wesentlich detaillierter, im Dezember 1942 vor,¹⁶²⁹ das Magnetophon zu Synchronisationsarbeiten zu benutzen; in dieser Sache arbeitete er zumindest zeitweise eng mit Eduard Schüller zusammen.¹⁶³⁰ Orlich wollte teures Tonfilmmaterial sparen und erst den endgültigen „Take“ auf Lichtton überspielen. Er berichtet auch, der Regisseur Carl Froelich habe während der Dreharbeiten zu FAMILIE BUCHHOLZ ein Magnetophon K 4 als Regiehilfe eingesetzt, das parallel zur Lichttonkamera lief: „Er versprach sich durch das Sofortabhören einen großen Vorteil. Irrtum! Die Schauspieler rannten ihm alle zum Abhören und Kritisieren davon. Das brachte die Sache nicht weiter.“¹⁶³¹

Magnetfilm-Aktivitäten bei TOBIS

Ernst Augustin,¹⁶³² ein befähigter und unternehmender Techniker, zunächst Oberingenieur bei der RRG¹⁶³³ und seit 1941 Chefingenieur der TOBIS Filmkunst, Berlin-Johannisthal, wollte die technische Sanierung des „etwas heruntergekommenen“ Betriebs dazu nutzen,¹⁶³⁴ Pionierarbeit bei der Synchronisation zwischen Magnetton und Bildfilm zu leisten. Augustin beziehungsweise TOBIS versuchten sich auf fünf Wegen: nichtsynchronisierte Tonaufzeichnung auf Magnetophonband, Umbau einer Lichttonkamera auf Magnetton mit Unterstützung der AEG,¹⁶³⁵ Bespielen des Bildfilms mit Magnetband, optische Markierungen, das heißt Magnetband mit streifenförmig bedruckter Rückseite und schließlich das Aufzeichnen einer Steuerfrequenz auf dem Magnetband.

Zunächst setzte TOBIS im Herbst 1941 „zur Schallaufnahme und Umsetzung in den Lichtton“ ein Magnetophongerät bei den Tonaufnahmen des Films DER GROßE KÖNIG ¹⁶³⁶ ein (Regie Veit Harlan, Uraufführung 3. März 1942; zum Gerät siehe unten). Bei dem 1943 in Passau gedrehten TOBIS-Film DER ERBFÖRSTER (Erstaufführung am 5. April 1945 ¹⁶³⁷) soll der gesamte Tonteil mit einem Magnetophon K 6 auf Magnetband aufgezeichnet worden sein: „Gegenüber den üblichen Kosten von rund RM 3500.- für die Lichttonaufnahme erforderte die Magnettonaufnahme nur RM 96.- pro Tonmeter.“¹⁶³⁸ Ein Augustin-Mitarbeiter, Grabke, klebte Magnetband auf den Bildfilm,¹⁶³⁹ hat also das Acetat-Band tonspurbreit geschnitten und vermutlich in einer ausgehobelten Nut mit dem Bildfilm verklebt.¹⁶⁴⁰

Das zweite und dritte Verfahren entwickelte Augustin 1943 in Zusammenarbeit mit seinem früheren RRG-Kollegen Walter Weber. Im Gegensatz zum „echten“ Magnetfilmlaufwerk, für das eine erste Anmeldung schon

1941 eingereicht wurde,¹⁶⁴¹ wollten sie mit unperforiertem Magnetophonband auskommen, weil man perforiertem Material die notwendige Festigkeit, insbesondere für den schnellen Rücktransport nach der Aufnahme, nicht zutraute. Weber und Augustin wollten „eine optisch, magnetisch oder mechanisch vom Schallträger abgenommene Hilfsfrequenz“ zur Synchronhaltung benutzen (Abbildung 233).¹⁶⁴² Ein arbeitsfähiges „Synchronhochfrequenzgerät für Tonfilmaufnahmen“ nach diesem Prinzip hat die TOBIS zwischen 1941 und 1943 realisiert;¹⁶⁴³ Heinz Orlich bestätigte 1982, dass es bei den Dreharbeiten zum oben genannten Film DER GROSSE KÖNIG tatsächlich im Einsatz war.¹⁶⁴⁴ Fotografien des Geräts sind nicht bekannt; neben einer knappen Funktionsbeschreibung in einer Patentanmeldung zeigen Zeichnungen des Geräts außer den üblichen Elementen wie 29 cm-Bandtellern, Kopfträger à la R 7 und der als Schwungmassenrolle zur Laufberuhigung ausgebildeten linken Umlenkrolle den „Zusatz (Photozelle mit Lampe) zur optischen Abnahme der Synchronimpulse“. Die Geräte wurden wie die bei der TOBIS üblichen Lichttonsysteme mit 120 – 130 V Gleichspannung betrieben. Verlässliche Überlieferungen bestätigen, dass die Bandgeschwindigkeit bei 77 cm/s lag, die Bandrückseiten-Bedruckung musste also derart ausgelegt sein, dass Synchronisation mit der Bildfrequenz 24 Hz (24 B/s) beziehungsweise der Filmgeschwindigkeit 45,6 cm/s möglich war. Der Frequenzbereich umfasste 40 Hz ... 10 kHz, bei Vollaussteuerung lag der Klirrfaktor bei 2 %. Bleibt zu fragen, wer die Rückseite des firmeninternen „Tigerfilm“ genannten Bandes mit der notwendigen Präzision hell-dunkel bedruckte, eigene Improvisation der TOBIS ist weniger wahrscheinlich als Hilfestellung von AGFA Wolfen. – Synchron-Systeme mit streifenweise bedruckter Rückseite sind seit 1948 wiederholt erprobt worden, jedoch ohne besonderen Erfolg.¹⁶⁴⁵

Die dritte (erfolglose) Weber/Augustin-Patentanmeldung von 1943 geht davon aus, dass eine „Bildfrequenz“ – hier ein von der Filmkamera geliefertes Signal – auf dem Magnetband „neben dem eigentlichen Tonkanal“ aufgezeichnet wird.¹⁶⁴⁶ Offensichtlich war nicht bekannt, dass Eduard Schüller diesen „Pilotton“-Grundgedanken bereits im Dezember 1940 angemeldet hatte (siehe oben). Da Zeichnungen zum Weber / Augustin-Vorschlag nicht erhalten sind, lässt sich die Erfindungshöhe nicht mehr beurteilen (die transversale, also um 90° „gedrehte“ Aufzeichnung des Pilottonsignals, war ja noch zu entwickeln).

Zusammengefasst: es gab intensive Bemühungen, die einzig richtige, freilich aufwendige, Lösung zu umgehen, nämlich die Fertigung von Magnetfilm, der sich vom Bildfilm letztlich nur durch die Magnetitbeschichtung, vom Magnetband durch eine stabilere, perforierte Trägerfolie unterscheiden sollte, und Magnetfilm-Laufwerken, die auf die spezifische Transport-Kinematik sowie die speziellen Erfordernisse der Aufzeichnung auf Magnetfilm und seine Eigenschaften abgestimmt waren.

Vorteile und Nachteile von Magnetfilm gegenüber Lichttonfilm, Argumentations-Stand 1949¹⁶⁴⁷

- Aufzeichnung auf Magnetfilm sind, anders als bei Lichttonfilm, nicht mit dem Auge erkennbar
- + Dynamik des Magnetfilms ist deutlich höher als die des Lichttonfilms: 60 dB gegenüber 45 dB
- + Magnetfilm ist (nach Löschen) wiederverwendbar, unbrauchbare Aufzeichnungen auf Lichttonfilm bedeuten Materialverlust
- + Magnetfilm ist deutlich preisgünstiger als Lichttonfilm
- + Magnetfilm kann bei jedem Licht eingelegt werden, Lichttonfilm nur in der Dunkelkammer
- + Magnetfilm kann unmittelbar nach beziehungsweise schon während der Aufzeichnung abgehört werden (insbesondere bei Synchronisationen vorteilhaft!), Lichttonfilm erst nach Entwicklung, d.h., erst am Tag nach der Aufnahme
- + Rauschpegel bleibt bei Magnetfilm konstant, weitgehend unabhängig von der Zahl der Abspielungen (Lichtton-Theaterkopien verschmutzen und rauschen deswegen noch stärker)
- Standzeit der Magnetfilm-Köpfe ist mit 300 – 500 h relativ kurz
- + Staub auf Magnetschicht (magnetische Partikel ausgenommen) ergibt kein störendes Knistern oder Knacken.

Exkurs VII: Besonderheiten des Magnetfilm-Laufwerks

Das Antriebsprinzip eines Magnetbandgeräts ist auf Seite 68 beschrieben. – Für den Magnetfilm gelten engere Vorgaben. Da er synchron zum Bildfilm mit seiner weltweit einheitlichen Geschwindigkeit 45,6 cm/s = 1.5 ft/s bei 24 Bildern pro Sekunde laufen muss, gibt dieser der Wirtschaftlichkeit halber Laufgeschwindigkeit und Perforation vor, meist auch die Breite. Wenn der Magnetfilm, wie bis in die 1970er Jahre üblich, von einer Zahnrolle angetrieben wird, stehen als „Antriebsfläche“ nur die Flanken der Perforationslöcher zur Verfügung, was angesichts der notwendigen zügigen Hochlauf-Beschleunigung und der mitunter schweren Rollen eine entsprechend widerstandsfähige, also relativ dicke Trägerfolie voraussetzt. Im Zweistreifenbetrieb – Bild und Ton auf zwei getrennten Trägern – entfällt zumindest das Problem, aus der ruckartigen Bewegung des Bildfilms auf kürzester Strecke zu einem kontinuierlichen „Gleiten“ an der Tonabnahmestelle zu kommen. Magnetfilm-läufer und Tonbandgerät müssen also durchaus unterschiedlich konstruiert sein.

Wenn auch die Magnetschicht weitgehend die gleichen Kennwerte hat wie beim Magnetband, ist der Magnetfilm wegen der dicken Trägerfolie steifer (weniger schmiegsam), so dass der satte Kontakt zwischen Schicht und Magnetkopf schwieriger aufzubauen ist. Diese Einschränkung nimmt man hin, weil Perforation und Zahnrollenantrieb Synchronismus zwischen mehreren Transportwerken, die sichere Erfassung der Trägerlänge und, jahrzehntelang, den formschlüssigen Trägertransport erlauben.¹⁶⁴⁸ Dass die zur Bildwiedergabe unentbehrliche Zahn- oder „Zacken“-Rolle aber keineswegs ideal für die Ton-aufzeichnung ist, begründet Wilhelm Albrecht (entsprechend dem Stand der Technik von 1959) so:

Es sei kurz ein bei Filmgeräten auftretendes Problem beleuchtet: die durch die Zackenrolle eingebrachte Störung von 96 Hz (24 B/s mit je vier Perforationslöchern). Die Störung wird hervorgerufen durch die Abwälzfehler der Zackenrolle auf der Perforation des Films. Einmal ist die Teilung dieses Antriebes sehr grob, und zweitens treten die unvermeidlichen Teilfehler durch die nicht definierte Schrumpfung des Films in Erscheinung. Der Eingriffsfehler der Zähne hat nun nicht bloß

die Frequenz 96 (Hz), sondern dieser Frequenz ist noch überlagert ein Spektrum hoher Frequenzen, die sich durch die Filmspannung und die Elastizität des Films bilden. Diese hohen Störungen sind – etwa gleichmäßig verteilt – als Quer- und Längsschwingungen im laufenden Film nachzuweisen.¹⁶⁴⁹

Das hier angesprochene Trägermaterial ist Celluloseacetat; erst der Wechsel zu Polyester-Folien hat das Schrumpfungsproblem weitgehend gelöst. Wie der Zahnrollenantrieb, bringen auch Klebestellen eine gewisse Unruhe in den Film Lauf, die am besten durch Ankoppeln an eine großen Schwungmasse zu bekämpfen ist. Weiter sind luftgedämpfte Pendelrollen-Filter im Einsatz, um die Geschwindigkeit der gespannten Filmschleife zu stabilisieren.¹⁶⁵⁰

Karl Schwartz' bahnbrechender Magnetfilm-Antrieb (1941)

Soweit feststellbar, war der Klangfilm-Mitarbeiter Karl Schwartz der erste, der eine praxistaugliche Lösung für die komplexen Probleme beim bildsynchrone Transport des Magnetfilms fand. Zweck seines im April 1941 angemeldeten Patents DE 969 673 „ist die Schaffung eines derartigen Gerätes mit größtmöglicher Laufruhe an der Abtaststelle“.¹⁶⁵¹ Der fünfte von insgesamt neun Ansprüchen schreibt dazu fest, „dass an die federgekuppelten Rollen (12, 13) eine Dämpfungseinrichtung (15) angeschlossen“ ist, was den Wert seiner Konstruktion ausmacht, da vor allem diese Anordnung störende Einflüsse des Zahnkranz-Antriebs in seiner Interaktion mit der Perforation weitgehend kompensiert. Die Bedeutung der Schwartz'schen Erfindung würdigt Günter Kieß, profiliertes Ingenieur bei MWA (Seite 474): „Sein Konzept erfüllte von Beginn an alle Anforderungen an ein Magnetfilmlaufwerk und wurde zum Vorbild solcher Geräte für nahezu aller Hersteller weltweit. [...] Interessant scheint mir im Zusammenhang mit der Geschichte der Magnetfilm-Geräte auch die Ähnlichkeit zwischen Wilhelm Albrecht und Karl Schwartz. Beide waren hervorragende Konstrukteure, aber gleichzeitig ausgezeichnete Mechaniker.“ Die Details der Patentschrift DE 969 673 und diese Auskunft sind wohl nur so zu verstehen, dass Schwartz seine Vorschläge auch anhand eines selbstgebauten Labormodells ausgearbeitet hat. Über die näheren Umstände seiner Erfindung ist nichts bekannt, auch scheint sie seinerzeit in der Praxis nicht realisiert worden zu sein.¹⁶⁵² Geradezu rätselhaft bleibt, warum sich die Ausgabe des Patents DE 969 673 bis zum Juli 1958 hingezogen hat.

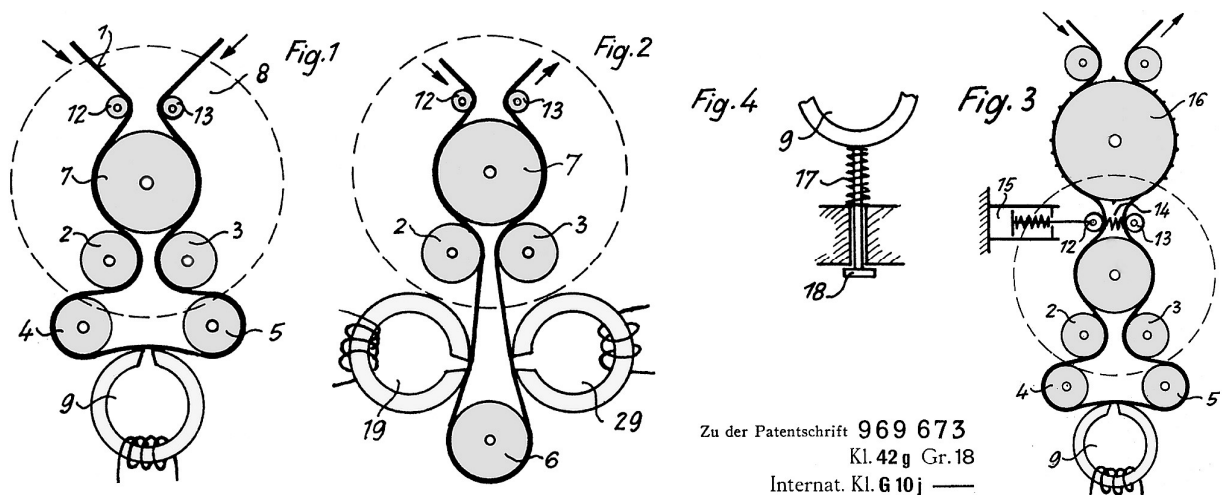


Abbildung 234: Die wegweisenden Vorschläge von Karl Schwartz zur Auslegung des Magnetfilms-Antriebs stammen aus dem Jahr 1941. Das Patent wurde erst 1958 ausgegeben, als schon Doppelerfindungen ebenfalls patentiert waren.¹⁶⁵³

Magnetfilm-Muster (1941 – 1943)

Aber: woher sollte denn der Magnetfilm kommen? Leider ist auch hier die Quellenlage dürftig. Außer Stapeln von vertraglichen Regelungen über die Verwendungsrechte von SEP MAG und COMMAG kam nichts Konkretes zustande, weil der Magnetfilm, etwas zugespitzt gesagt, nur in Korrespondenzen und Aktenvermerken existierte. Genügend freie Kapazität hatte die Magnetband-Produktion in Ludwigshafen ohnehin nicht, denn die seit 1939 steil angestiegene Nachfrage, leidige Fertigungsprobleme und wichtigere Entwicklungsziele ließen kaum Spielraum für Magnetfilmversuche. Fraglich ist auch, ob auf der Produktions-Gießmaschine 120 – 140 µm dicke Trägerfolien überhaupt hätten gegossen werden können, beziehungsweise, ob der „7-fach-Gießstuhl“, also die 50 mm-„Versuchs-Gießmaschine“, noch einsatzfähig war. Im September 1941 lag jedenfalls nur ein 10 m langes Magnetfilm-Handmuster vor, gefertigt aus normal-dickem Magnetophonband und bei Kalle Wiesbaden (nicht etwa in Wolfen) perforiert.¹⁶⁵⁴ Wenn der zeitliche Zusammenhang nicht trügt, hat die Klangfilm G.m.b.H. von diesen Versuchen erfahren und schickte daher Anfang Oktober 1941 eine Anfrage nach „Magnetophon-Film, 35 mm, perforiert“ nach Wolfen.¹⁶⁵⁵ Ludwigshafen scheint die Sache etwas unbekümmert angegangen zu sein, denn als in einem Brief der Ausdruck „einfache Perforation“ fiel,¹⁶⁵⁶ rügte Wolfen gleich zwei Fehlleistungen: einmal sei es unvertretbar, diese Arbeiten nicht dem anerkannten Spezialisten innerhalb der I.G. (also Wolfen) zu überlassen, und schließlich: „einfach ist allenfalls die Perforation von Notizblöcken, die Perforierung von Kinefilmen ist aber,

mit Rücksicht auf die für die Apparate der Kinotechnik notwendigen Toleranzen, ein recht kompliziertes Geschäft.“¹⁶⁵⁷ Wohl wahr, muss doch beim Bildfilm der Perforations-Lochabstand („Schritt“) auf 5 µm genau eingehalten werden, soll das Bild ruhig auf der Leinwand stehen.¹⁶⁵⁸ Wie die kaum für einfachste Versuche ausreichende 10 m lange „Handprobe“ zeigt, hatte die Magnetfilmentwicklung bei I.G. Farben offensichtlich keine hohe Priorität. So dauerte es noch fast ein Jahr, bis, eher beiläufig, ein Wolfener Bericht vermerkt: „Die Perforierung einer aus Ludwigshafen übersandten Kinefilmrolle Magnettonband ging ohne Störung.“¹⁶⁵⁹ Ende Oktober 1942 stellte die Magnetophon G.m.b.H. ebenso lapidar fest, dass „mit Rücksicht auf die augenblicklichen Verhältnisse eine Weiterentwicklung sehr erschwert ist, sodass die Arbeiten auf diesem Gebiet praktisch ruhen.“¹⁶⁶⁰

Das sind auch schon die einzigen konkreten Hinweis auf Magnetfilm vor 1945. Wolfen spricht zwar im März 1943 von einer „späteren 35-mm-Fabrikation“ und Ludwigshafen hatte für die 1942 / 1943 projektierte neue Magnetophonbandfabrik eine Perforiermaschine eingeplant (Seite 225), aber das Thema wird nicht mehr aufgegriffen. Wenn nicht die Kriegseignisse selbst, so machte die Zerstörung der Ludwigshafener Magnetophonbandfabrik am 29. Juli 1943 allen Versuchen ein Ende – und zwar, was Deutschland angeht, gleich bis zum Jahr 1949.

I.G. Farben: Magnetophonband 1939 bis 1945

Wie aus den vorherigen Abschnitten zu folgern ist, konnte die AEG zumindest mit dem Umsatz der Magnetophon-Geräte zufrieden sein, denn die Auftragslage war dank der Nachfrage von Wehrmacht und Rundfunk eher expansiv als nur stabil – genau genommen war das Magnetophon eher ein Verkäufer-Markt, der die Kapazitäten der AEG voll auslastete. Größere technische Einbrüche sind nicht erkennbar, wenn auch das Heereswaffenamt Entwicklung wie Fertigung voll forderte. Zudem scheint die Produktion, die Endphase des Krieges ausgenommen, wenig unter Luftangriffen gelitten zu haben.

Die Situation der Magnetophonband-Fertigung in Ludwigshafen war ungleich schwieriger. Nach den recht ruhigen Jahren zwischen 1936 und 1939 zog mit Kriegsbeginn – im Gleichtakt mit der steigenden Gerätefertigung der AEG – auch die Nachfrage nach Magnetband steil an. Wie häufig in Phasen forcierten Wachstums, machten ebenso sprunghaft geänderte Fertigungsverfahren unerwartete Schwierigkeiten. Und als diese mit ebenso mühevoller wie letztlich erfolgreicher Forschungsarbeit und mit Glück überwunden waren, brachte eine verheerende Katastrophe im Sommer 1943 für das Magnetophonband beinahe das Aus, hätten nicht vorausschauende Entwicklungen ein Weiterarbeiten auf neuen Grundlagen erlaubt.

Produktionsverfahren und Neuerungen (1939 – 1943)

In den Monaten Januar bis August 1939 hatte Friedrich Matthias im Schnitt 560 km Magnetophonband gefertigt, im dritten Quartal schoss die Fertigung auf 7.400 km oder 2.470 km monatlich hoch – eine Steigerung auf mehr als 400 %. Grund war offensichtlich der Beginn des Zweiten Weltkriegs, genauer gesagt, der Bedarf an „Sprechband für Heereszwecke“ schwoll von 250 km pro Monat auf 2.500 km an, und schließlich stand in den Fertigungsplänen „Magnetophonband: von monatlicher Kapazität von 5.600 km¹⁶⁶¹ sollen 4.000 km genutzt werden“.¹⁶⁶² War 1938 gerade einmal an zwei Tagen pro Woche gegossen worden, arbeitete die Magnetophonbandfabrik jetzt im Drei-Schichten-Betrieb; schon im Herbst 1941 hatten sich trotzdem Aufträge über 30.000 km angestaut.¹⁶⁶³

Messtechnik und Qualitätskontrolle 1939 – 1945

Hatte I.G. Farben zwischen 1935 und 1938 Reklamationen, ohne unmittelbaren Kontakt mit dem Anwender, praktisch nur über die AEG abgewickelt, brachte die Einführung des Magnetophons bei der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft hier nachhaltige Änderungen. Wegen ihrer engen technischen Zusammenarbeit mit der Deutschen Reichspost benutzte die RRG gleiche technische Konzepte und Messverfahren, die, zum Teil bereits aufgrund internationaler Normungsarbeit,¹⁶⁶⁴ darauf ausgerichtet waren, Zahlenwerte zu liefern, die die Gehörseigenschaften berücksichtigten. Das führte paradoxerweise dazu, dass die RRG für die Dynamik der Magnetophonbänder zunächst höhere, also anscheinend günstigere, Zahlenwerte ermittelte als die AEG und I.G. Farben.

Friedrich Matthias und Paul Friedmann dürften mit diesen modernen – im Grundsatz noch heute gültigen – Messverfahren im Januar 1938 konfrontiert worden sein, als Hans Joachim von Braunmühl in einem öffentlichen Vortrag die Schallaufzeichnungsverfahren der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft vorstellte.¹⁶⁶⁵ I.G. Farben und die AEG müssen bald erkannt haben, dass sie mit der RRG nicht nur einen potenten Bahnbrecher für ihr Produkt gefunden hatten, sondern mehr noch: einen im besten Sinn kritischen Kunden, der mit seinen Fachkenntnissen und Ansprüchen die Erfolgsgeschichte des Magnetophons außerordentlich bereichern sollte.

Wenn die Indizien nicht täuschen,¹⁶⁶⁶ hat die RRG Lieferbedingungen und Vergleichbares bis etwa 1942 überwiegend auf kürzestem Weg mit der AEG ausgehandelt, wo ja auch die meisten Bandprüfungen stattfanden. Verständlicherweise verschärfte die RRG ihre Ansprüche, als im Betrieb immer mehr Hochfrequenz-Magnetophone auftauchten, die höhere Ansprüche an das Tonband stellten und mehr Mess- und Einstell-Arbeiten erforderten. In der Folge hat sich auch ein starr festgelegter Arbeitspunkt eingeschlichen: er war definiert als Gesamtstrom aus 10 mA Hochfrequenz- und 5 mA Niederfrequenzstrom. Eine so einfache Spielregel kann aber im Betrieb nur funktionieren, wenn die Tonbandgeräte, hier vor allem die Magnetköpfe, und die Bänder nur geringfügig vom Sollwert abweichen, und das wurde seinerzeit kaum ausreichend beherrscht. Die RRG bestand also darauf, dass I.G. Farben nach Qualität selektieren müsse und ihr nur erste Wahl liefern dürfe.¹⁶⁶⁷ Aus den Liefer-

bedingungen ist zu folgern, dass die damaligen Bänder von so kuriosen Fehlern wie „Klopfen und Pfeifen“ heimgesucht wurden, die Wickelqualität schwankte und sich gelegentlich eine „schmierige Masse“, nämlich abgeriebene Magnetschicht-Bestandteile, auf den Magnetköpfen ansammelte.¹⁶⁶⁸

Die Betriebserfahrungen der RRG mit dem Magnetophonband zwischen 1938 und 1943 legten zielsicher eine langjährige Quelle von Beanstandungen und Reklamationen, großem Forschungs- und ebenso viel Erklärungs-Aufwand frei: den Kopiereffekt analoger Tonbänder, ein „Abfärben“ der Aufzeichnung von einer Bandlage auf ihre Nachbarlagen, was als Vor- und Nachecho schwach hörbar ist. Walter Weber hatte 1943 gefunden, dass die Stärke der kopierten Signale erstens von der Wellenlänge, zweitens vom Alter der Aufzeichnung und drittens von der Temperatur abhängt, bei der das Band gelagert wird.¹⁶⁶⁹ Allerdings ist seine Erklärung – „wenn man annimmt, dass die Wärme die Orientierungsmöglichkeit der Partikelchen in der zähen Masse erleichtert“¹⁶⁷⁰ – weder einleuchtend noch sachlich richtig.

Reklamationen, so peinlich und lästig sie im Einzelfall auch sein mögen, wird jeder sachlich denkende Hersteller als berechtigte Reaktion von Verbrauchern beziehungsweise Kunden auf nicht ausgereifte Produkte verstehen und sie als Verbesserungsauftrag begreifen. Messtechnik und Qualitätskontrolle (damals noch ungebräuchliche Begriffe) mussten also auf einem Stand sein, der es erlaubte, das Einhalten von Lieferbedingungen zu garantieren, Beanstandungen kooperativ zu erledigen und die richtigen Rückschlüsse für die Produktverbesserung und –optimierung zu ziehen.

Das erfordert, schon damit keine Zeit verloren geht, enge Rückkopplung zwischen Produktion und messtechnischer Abteilung. So lange die Bandprüfungen im Wesentlichen bei der AEG stattfanden, konnte davon keine Rede sein, und so drängte Ludwigshafen seit Anfang 1942 darauf, diese Aufgabe in eigener Regie durchzuführen. Dafür gab es ersichtlich zwei Anlässe: erstens die Qualitätskrise des Magnetophonbandes (Seite 200 ff.), die nur mit eigener, leistungsfähiger Messtechnik zu bewältigen war, zweitens die etwa gleichzeitig reifenden Neubau-Pläne für eine Magnetophonbandfabrik. Die Messtechnik war mittlerweile so weit vereinheitlicht, dass die AEG und I.G. Farben zu gleichen Ergebnissen kamen und somit, wenigstens theoretisch, die erlaubten Toleranzen garantieren konnten.¹⁶⁷¹

Der „Wissentransfer“ begann mit der Ausarbeitung einer „Filmprüfvorschrift für die I.G. Ludwigshafen“, die Bernhard Vinzelberg¹⁶⁷² von der AEG und der I.G. Farben-Techniker Weber im Juni 1942 zusammenstellten.¹⁶⁷³ Weitere Details der Übergabe besprachen Vinzelberg, Hans Schepelmann und Paul Friedmann im September 1942, der erst bei dieser Gelegenheit das dringend benötigte zweite Magnetophon K 4 erhielt. Als weiteres Ergebnis dieser Besprechungen reichte Paul Friedmann Ende September 1942 eine umfangreiche Gerätebestellung ein. Beispielsweise sollten im Endausbau sechs Magnetophone K 4 als „Arbeitspferde“ und ein Magnetophon K 7 verfügbar sein; fünf „Pegelschreiber nach Neumann“ (auf Papierstreifen registrierende Spezialmessgeräte¹⁶⁷⁴) samt ausreichenden Mengen von Registrierpapier würden benötigt, wenn in Kürze pro Tag drei bis vier 1.000 m-Güsse aus der Magnetophonbandfabrik kommen sollten. Und diese Mengen würden noch steigen, sobald „die im Frühjahr [1943] zur Aufstellung gelangende zweite Gießmaschine arbeitet.“¹⁶⁷⁵ Diese Aufgaben wären zu bewältigen gewesen, hätten die Geräte reibungslos beschafft werden können, aber das verhinderten die Kriegsumstände. Doch so musste Ludwigshafen beispielsweise bis Mitte 1943 auf ein Magnetophon K 7 (wohl ein Vorseienmuster) warten,¹⁶⁷⁶ und ob die vorhandenen K 4 auf HF-Löschung und -Vormagnetisierung umgebaut waren, ist nicht zu ermitteln – eine fast unhaltbare Situation, wenn anwendungsnahe Messergebnisse verlangt werden.

Magnetophonband-Lieferbedingungen und -Abnahmemessungen (1939 – 1943)

Was sich bei der RRG, bei I.G. Farben und bei der AEG an Wissen über die praxisnahe „Messung von Magnetophon-Sprechbändern“ (sic: die RRG-Schreibweise „Magnetofon“ hatte sogar AEG infiziert) angesammelt hatte, hielten die beiden Magnetophon-Labormitarbeiter Bernhard Vinzelberg (am 28. Juli 1943) und Hans Schießler (am 19. August 1943) in zwei längeren Notizen für die Ludwigshafener und die Wolfener Messstellen fest. Die Grundlagen der hier kodifizierten Messverfahren und Messgrößen blieben bis zum Ende des Audio-Analogmagnetbandes gültig. Einen Eindruck von der Systematik geben bereits die Zwischenüberschriften der Schießlerschen Fassung:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| A) Messanordnung | C) Auswertung der Messung: |
| B) Durchführung der Messung | 1. Dynamik |
| 1. Messung des Grundgeräusches | 2. Frequenzgang |
| 2. Messung der Empfindlichkeit bei 1000 Hz | 3. Empfindlichkeit |
| 3. Messung der Empfindlichkeit bei 5000 Hz | 4. Gleichmässigkeit |
| 4. Messung der Klirrdämpfung | 5. Klirrdämpfung |
| 5. Messung der Löschdämpfung | 6. Löschdämpfung |
| 6. Messung der Kopierdämpfung | 7. Kopierdämpfung ¹⁶⁷⁷ |

Bemerkenswert sind die ausgeprägte Nutzung von Pegelschreibern, mit denen auch die Konstanz der Werte über die Länge des Bandes zu verfolgen ist, und die erhebliche Dauer des Messprogramms: nicht weniger als 92 Minuten waren pro Band vorgesehen!

Als Messverfahren für die Kopierdämpfung hatte Vinzelberg die Aufzeichnung von kurzen 1000 Hz-Signalen vorgesehen, und zwar sollte „hierbei ... ein Impuls die Dauer von einer halben bis einer Umdrehung des rechten

Tellers haben und zwischen 2 Impulsen eine Modulationspause von etwa 10 Umdrehungen des rechten Tellers liegen“, das Band war dabei auf eine Holzscheibe von ca. 20 cm Ø zu wickeln.¹⁶⁷⁸ Die nächste Verfeinerung steuerte John Egert in Wolfen bei:¹⁶⁷⁹ um das Band nicht rückspulen zu müssen (was neue „Zwischenechos“ erzeugt hätte), legte er die Holzscheibe auf den Abwickelteller und spielte die Aufzeichnung „rückwärts“ ab. Schließlich wurde Anfang der 1950er Jahre nach der Aufzeichnung eine definierte Lagerzeit (24 h bei 20 °C) eingeschaltet, so dass die Messvorschrift nun praxisgerechte Richtwerte ergab.

So lange bespielte „Magnetophonbänder“ nur im Binnenverkehr der RRG ausgetauscht wurden, reichten diese Messvorschriften aus, zumal es ja nur einen Lieferanten, die Magnetophon G.m.b.H., gab. Es schien also kaum mehr als ein Schönheitsfehler zu sein, dass die Systematik nicht konsequent auf das Magnetband als Austauschgegenstand abgestellt war – vergleiche die starre Festlegung des Arbeitspunkts und die nur über die Frequenzgänge von Aufnahme- und Wiedergabeverstärkern definierte Entzerrung. Die wenigen noch erhaltenen Pegelschriebe legen allerdings auch nahe, warum: die Wiedergabe-Pegelkonstanz der Magnetophonbänder war seinerzeit noch derart ungleichmäßig, dass die Messinstrumente-Zeiger vehement zappelten und deshalb das Ablesen ziemlich schwierig war, im Gegensatz zu Messungen an Verstärkern mit stabilen Generator-Signalen.

Celluloseacetat-Magnetband bis 1943: Pigmentherstellung und Gießtechnik

Wie schon berichtet, hat man zwischen 1938 und Ende 1940 in Ludwigshafen das Magnetpigment Fe_2O_3 diskontinuierlich in 200 kg-Chargen gefertigt, und zwar weit über den aktuellen Bedarf hinaus. Die Qualität schwankte; gelegentlich entstanden zwar hochwertige Bänder wie die „Normalband“-Charge 368 (Seite 129), aber der Ausschuss muss erheblich gewesen sein:

Namentlich beim Arbeiten im technischen Maßstab ergeben sich durch die Gegenwart größerer Mengen des Reaktionsgemisches und das längere Verweilen des Gemisches im Fällungsgefäß Konzentrations- und Temperaturunterschiede in der Flüssigkeit, die zu einer ungleichmäßigen Keimbildung und verschieden starker Ausbildung der Einzelteilchen des Niederschlags führen.¹⁶⁸⁰

Fatalerweise gab es kein Verfahren, aus den Eigenschaften des Pigments im Voraus die Qualität des Magnetophonbandes zu bestimmen, und so musste diese Produktionsweise aufgegeben werden.¹⁶⁸¹ Pigment-Fehlchargen dürften, nach Umwandlung in $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, unter dem Namen Polimag als Poliermittel für optische Gläser und dergleichen vermarktet worden sein.

In der Magnetophonband-Gießtechnik hat es zwischen 1936 und 1943, abgesehen von angewandtem Erfahrungswissen, keine grundsätzlichen Änderungen gegeben. Das Verfahren und seine zeitbedingten Vervollkommnungen wurde bereits auf Seite 122 vorgestellt. Lediglich die Gieß-Geschwindigkeit konnte (zeitweise?) von 3 m pro Minute auf 4 m/min heraufgesetzt werden.¹⁶⁸² Im Mai 1942¹⁶⁸³ wurde eine Regeleinrichtung für den Gießer entwickelt, worauf die Bänder „unverkennbar gleichmäßiger“ ausfielen;¹⁶⁸⁴ leider ist diese Neuerung nirgends genauer dokumentiert. Wie anzunehmen ist, steuerte man den Gießerabstand – und damit die Schichtdicke – derart, dass die Empfindlichkeit den Sollwert einhielt.

Produktionssichernde Maßnahmen bei Kriegsbeginn

So gewichtig der Qualitätsaspekt auch war, schrieb der I.G. Farben ab Herbst 1939 vor allem *eine* unabwendbare Verpflichtung vor, die Produktion hochzufahren: die Anforderungen der deutschen Wehrmacht. War sie bei ihrer Mobilmachungs-Planung von einem Monats-Bedarf von 250 km „Sprechband für Heereszwecke“¹⁶⁸⁵ ausgegangen, verzehnfachte sie jetzt die Menge auf 2.500 km pro Monat¹⁶⁸⁶ – eine logistische Zumutung. Innerhalb weniger Wochen musste Matthias seine Materialanforderungen mehrfach aufstocken¹⁶⁸⁷ Leicht nachvollziehbar, dass die Pigmentfertigung solchen Anforderungen nur mühsam nachkommen konnte.

Friedrich Matthias entwickelte also 1940 zusammen mit einem Farbstoffchemiker, erkennbar unter erheblichem Zeitdruck, ein kontinuierlich arbeitendes Herstellungsverfahren für Fe_3O_4 ,¹⁶⁸⁸ realisiert in einer Versuchsanlage, die seit März 1941 arbeitete.¹⁶⁸⁹ Nach Waschen und Trocknen schloss sich die Oxidation zu Fe_2O_3 in einem Drehofen unbekannter Konstruktion an. Trotz der ständigen Umwälzung backte das Eisenoxid immer zusammen, so dass eine Kolloplex-Mühle es in einzelne Pigmentwürfel aufbrechen musste.¹⁶⁹⁰ Das aufbereitete Material landete in der Retsch-Mühle, die es mit Celluloseacetat und Azeton als Lösungsmittel zu einer homogenen Dispersion vermischte.¹⁶⁹¹ Das neue Pigment war feiner als das bisherige, band also mehr Lack; daher schrumpfte beim Trocknen die Schicht weniger als der Träger, die Bänder wurden querkrümmig, und ebenso sollen erstmals Kopiereffekte störend aufgefallen sein.¹⁶⁹²

Magnetophonbandkrise 1941 bis 1943

Das „upscaling“ – die Umstellung von einer relativ kleinen auf eine wesentlich größere Produktmenge – gehört bekanntlich zu den heikelsten logistischen Aufgaben eines Produzenten, und als im März 1941 die Interims-Magnetitanlage in Betrieb ging, kam es auch prompt zu Schwierigkeiten. Sechs Chargen aus der Produktion Juni und Juli zeigten stark abfallenden Frequenzgang, leider erst, nachdem sie die AEG auf 2.660 Spulen für den Tonschreiber c umgespult und an das Heereswaffenamt geliefert hatte.¹⁶⁹³ Im November beschwerte sich die AEG, I.G. Farben habe seit drei Monaten – also etwa seit August 1941 – kein Magnetophonband mehr geliefert; peinlich vor allem, weil das Heereswaffenamt für alle Aufträge höchste Dringlichkeit verordnet hatte.¹⁶⁹⁴ Schon

im Herbst 1941 hatte der Bau einer größeren, ebenfalls kontinuierlich arbeitenden Eisenoxid-Anlage begonnen. Sie konnte zwar erst ab November 1942 liefern, erfüllte aber endlich die Hoffnung auf gleichmäßigere Produkte.¹⁶⁹⁵

Das geschäftliche Resultat für 1941 fiel deshalb bescheiden aus, denn der Magnetophonband-Absatz ging nach Wert und Stückzahl gegenüber 1940 um 30 % zurück, wo es doch beste Chancen gab, den Umsatz zu verdoppeln.¹⁶⁹⁶ Unter diesem Druck schickte Matthias im Februar 1942 2.000 bisher zurückgehaltene Magnetophonbänder zur AEG, die daraus gerade einmal 200 für die RRG geeignete Bänder aussortierte. Von einer weiteren Lieferung (wohl auch Oktober / November 1941) passierten nur 250 Stück die Kontrolle, und so bekam die RRG im Januar 1942, als die Umstellung auf HF-Magnetophone in vollem Schwung war, kein einziges Band.¹⁶⁹⁷ Stark verstimmt konstatierte AEG-Direktor Hans Heyne, dass *„die Bandfabrikation seit über einem Jahr und bis heute auch nicht annähernd in der Lage ist, den Filmbedarf unter Einhaltung einer brauchbaren Qualität zu decken.“*¹⁶⁹⁸

I.G.-Direktor Karl Pflaumer reagierte auf diese bedenklichen Fakten mit einem achtseitigen Brief. Er gibt Aufschlüsse, die preiszugeben ihn Überwindung gekostet haben dürfte: von bestellten 13.000 km könnten im März 1942 gerade 1.600 km geliefert werden; die Schichtdicke sei (von circa 20 µm) auf 10 µm herabgesetzt worden – um die höhere Empfindlichkeit des kontinuierlich gefertigten Pigments und seine Neigung zu starkem Kopiereffekt zu kompensieren – und schließlich folgt eine recht verlegene Zusammenfassung: *„Die Schwierigkeiten liegen demnach nicht in der Mengenproduktion, sondern in der Produktion der entsprechenden Qualitäten. Wir müssen leider sagen, dass die dem Idealfilm 368 entsprechende Qualität im grossen jederzeit reproduzierbar nicht zu erreichen ist und dass noch lange und eingehende Versuche dazu notwendig sind.“*¹⁶⁹⁹

Heyne reagierte gegenüber Pflaumer verständnisvoll, hielt aber seinen Vertriebsleiter Hans Schepelmann an, *„unter Wahrung der Höflichkeit und des Anstandes Farbe zu bekennen anstatt monate- und vielleicht jahrelang an den tatsächlichen Begebenheiten mehr oder weniger vorbeizugehen.“*¹⁷⁰⁰ So beherrscht sich das auch lesen mag, dürfte Hans Heyne, mit 42 Jahren gerade zum stellvertretenden AEG-Vorstandsmitglied aufgestiegen,¹⁷⁰¹ Leiter des Hauptausschusses Flugzeugausrüstung und des Sonderausschusses Flugzeugelektrotechnik, hier bewusst Druck „von oben“ an Schepelmann weitergeleitet haben.¹⁷⁰² Der beherzigte den „Rat“, und Pflaumer tat das Seine: *„Ich habe unsere besten Kräfte auf dem physikalisch-chemischen Gebiet zusätzlich noch eingesetzt bis das Problem gelöst ist“* – einige fähige Chemiker bekamen neue Arbeitsfelder oder Sonderaufgaben im Bereich Magnetophonband. Zweite Konsequenz: *„den Prüfungsweg der übersandten Filme tunlichst abzukürzen, denn nur so können wir falsche Produktionen möglichst rasch abstoppen“*¹⁷⁰³ – das hieß: Aufbau einer tüchtigen Magnetband-Messtechnik in Ludwigshafen.

Die Magnetophonband-Krise als Chance: Erkenntnisse, Fortschritte und Überwindung

Selten in der Geschichte des Magnetophonbandes (der Magnetspeicher) waren so viele Projekte gleichzeitig zu verfolgen wie 1942: kurzfristig die Bewältigung der Magnetophonband-Krise mit dem – längst überfälligen – Messtechnik-Aufbau, mittelfristig der Bau einer neuen Magnetophonbandfabrik. Als übergreifende Aufgabe war die Werksleitung der I.G. Farben schließlich verpflichtet, insgesamt ihre „kriegswichtige“ Produktion aufrecht zu erhalten. Auch das relativ kleine, spätestens seit 1943 „kriegsentscheidende“ Produkt Magnetophonband war so zu organisieren,¹⁷⁰⁴ dass unter allen Umständen eine nach Menge und Qualität ausreichende Notversorgung für die Hauptabnehmer gewährleistet war. Karl Pflaumers Fähigkeiten und Weitblick spiegeln sich in der Art und Weise, wie sich diese Forderungen und seine Aufträge entsprochen:

- erstens dem kriegswirtschaftlichen Aspekt (und der Entschärfung des Qualitätsproblems),
- zweitens der Aussicht, das Zukaufsprodukt Celluloseacetat (für die Trägerfolie) gegen die höherwertige Luvitherm-Folie aus eigener Produktion austauschen zu können, und
- drittens der Sicherheit, einen robusten, relativ einfach herstellbaren Magnetogrammträger, nämlich das Masseband, in Reserve zu haben.

Pflaumer überzeugt unternehmerisch: taktisch, weil er technisch fortschrittlich alle anstehenden Aufgaben pariert, strategisch, indem er zwei Entwicklungslinien vorzeichnet:

- das Masseband als akzeptable, zeitgebundene Interimslösung,
- das Schichtband auf vorgefertigter Trägerfolie als Prototyp des modernen Magnetbands.

Wenn diese von Pflaumer angestoßenen Innovationen auch nicht den Rang des Gaus-Bücher-Abkommens haben, so trugen sie doch entscheidend dazu bei, dass das Magnetophonband als Produkt die zweite Kriegshälfte und vor allem die erste Nachkriegszeit durchstehen konnte.

„Ich habe unsere besten Kräfte auf dem physikalisch-chemischen Gebiet zusätzlich noch eingesetzt bis das Problem gelöst ist“, hatte Pflaumer im März 1942 seinem Geschäftspartner Hans Heyne zugesichert. Die erste der „besten Kräfte“ war jener Anonymus, der bis Mai mit einer automatische Steuervorrichtung des Gießers dafür sorgte, dass die (elektroakustische) Empfindlichkeit der Magnetbänder enger am Sollwert blieb als bisher. Als zweite Maßnahme beorderte Pflaumer den Farbstoffchemiker Fritz Mühlbauer als Betriebsassistenten (also stellvertretenden Betriebsführer) in die Magnetophonbandfabrik, weil *„Dr. Matthias als Geschäftsführer der neugegründeten Magnetophon GmbH häufig auf Reisen abwesend ist.“* Mühlbauer konzentrierte seine Untersuchungen ab Ende 1942 auf effiziente Dispergiermethoden, als die Retsch-Mühle (S. 121) als Mitschuldige an der verfahrenen Lage aufflog.

Einen ersten Hinweis, wo anzusetzen wäre, brachte ein Laborbericht Ende Juni 1942: beim Trocknen der Magnetschicht wandern die groben Magnetit-Konglomerate nach oben, das Bindemittel mit den feinen Anteilen nach unten. Die Bandoberfläche war also nicht nur rau, sondern auch porös-brüchig.¹⁷⁰⁵ Knapp einen Monat später legte das Labor einen zweiten Bericht vor,¹⁷⁰⁶ der sich mit dem Zusammenhang zwischen Bändeigenschaften und Va-

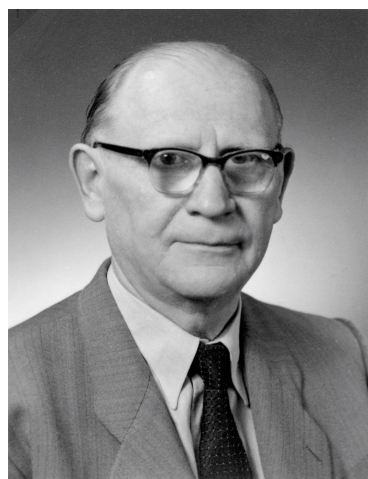
riationen (beziehungsweise den üblichen Schwankungen) der Magnetband-Produktion befasste. Hier waren die maßgeblichen Messwerte von nicht weniger als 180 Chargen ausgewertet, von denen nur wenige RRG-Qualität aufwiesen. Im Fazit dieser aufwendigen Arbeit ist denn auch eine gewisse Niedergeschlagenheit unverkennbar: „Die Eigenschaften des Magnetophonbandes sind im ganzen weder vorausbestimmbar, noch reproduzierbar.“¹⁷⁰⁷ Bei der RRG war nur zu gut bekannt, dass mindere Qualität umlief: Magnetbänder, die zum Beispiel Propagandakompanien anlieferten, durften nicht in den RRG-Bestand einfließen, vor allem aber war angesichts der gespannten Lieferlage strikt untersagt, RRG-Qualitätsband abzugeben oder auszutauschen.¹⁷⁰⁸

Wenn erste Verbesserungen auch noch keinen durchschlagenden Erfolg brachten, führten sie doch zu einer günstigeren Qualitätslage, so dass Ende September 1942 etwa 30 % der Chargen RRG-Qualität aufwiesen. Eine umfangreiche Messgeräte-Bestellung nutzte Pflaumer, um Schepelmann – gewissermaßen als Gruß zur Gründung der Magnetophon G.m.b.H. – mitzuteilen, dass „in nächster Zeit aus der Fabrikation täglich 3 bis 4 Filmgüsse zu erwarten“ sind, was nur im Zwei- oder Dreischichtenbetrieb zu erreichen war. Die Entwicklungslabors arbeiteten inzwischen an neuen Aufträgen: „Die bisherigen Versuche nach ganz anderen Verfahren, wie z.B. walzen, spritzen, drucken auf die verschiedensten Grundlagen, also nicht nur Cellit, sind bisher schon sehr aussichtsreich und ich möchte glauben, dass sie bald das Giessverfahren verdrängen werden.“¹⁷⁰⁹ Zwar schoss Pflaumer mit dem letzten Nebensatz übers Ziel hinaus, doch zeigt seine Äußerung, dass in Ludwigshafen bereits im Frühherbst 1942 Versuche liefen, die innerhalb eines Jahres zum Masseband („walzen“) und nach zweieinhalb Jahren zum Schichtband („spritzen, drucken“ schien zunächst möglich) auf Polyvinylchlorid-Folie („die verschiedensten Grundlagen“) führten. Zu den „besten Kräften“ waren Rudolf Robl und Heinrich Jacqué gestoßen.

Rudolf Robl (1892 – 1969)

Rudolf Robl, geboren am 2. Februar 1892 im oberschlesischen Haatsch, absolvierte das Realgymnasium Ratibor und studierte Chemie an der Universität Breslau, wo er nach der Promotion 1919 sieben Jahre als Assistent am Chemischen Institut arbeitete. Zum 1. April 1927 begann er seine Tätigkeit im Ammoniak-Laboratorium der I.G. Farben Oppau, zunächst im Bereich Photo- und Biochemie, ab 1932 entwickelte er Küpen- und Acetatseidenfarbstoffe.¹⁷¹⁰

Die zweite Hälfte seiner Ludwigshafener Laufbahn begann mit der Überstellung auf ein ihm völlig neues Arbeitsgebiet: der Magnetbandtechnik. Wegen Robls Interesse für Rundfunktechnik und physikalische Chemie holte ihn Karl Pflaumer Anfang September 1942 zur Arbeitsgruppe Magnetophonband,¹⁷¹¹ einer „task force“, die die schon Besorgnis erregende Qualitätskrise beenden sollte. Robls Erkenntnisse während des nächsten halben Jahres trugen wesentlich dazu bei, dass die aktuellen Probleme im ersten Quartal 1943 ausgestanden waren.



Kurz darauf stellte ihm Pflaumer eine mittelfristig zu lösende Aufgabe: er sollte ein Verfahren ausarbeiten, um ein Magnetophonband auf Jacqués Luvitherm-Folie als Träger produzieren zu können. Er versuchte dies zunächst mit Abwandlungen gängiger Verfahren, griff aber schließlich doch wieder auf das Begussverfahren zurück, das er wohl wegen der geringen Arbeitsgeschwindigkeit umgehen wollte. Vorversuche zeigten, dass die bisherige „Rezeptur“ mit Celluloseacetat plus Cellulosenitrat und Azeton als Lösungsmittel für PVC-Folie ungeeignet war, so dass er eine neue Beschichtungsrezeptur zu entwickeln hatte. Eine aus Glasstäben und Laborstativen improvisierte Apparatur lieferte bereits Bänder, die recht nahe am „Referenzband“ Charge 368 lagen, womit die Machbarkeit grundsätzlich bewiesen war.

Schon bevor es galt, den Technikums-Status in die Produktion zu überführen, hatte Robl vor allem mit Unvollkommenheiten der zunächst 10 cm, dann 38 cm breiten PVC-Folie zu kämpfen. Die Lösung brachte die „Gießwalze“, ein präzisiert gelagerter Metallzylinder, über dessen Scheitellinie ein Gießkasten aufsetzte, und genau an dieser Stelle lief die Folie nun faltenfrei durch. Diese Konstruktion ist kennzeichnend für die langjährige Zusammenarbeit mit dem überdurchschnittlich begabten Chemotechniker Wilhelm Godel, der mit seinen Fähigkeiten als Maschinenbauer, Feinmechaniker und gewitzter „Organisator“ Robls wichtigster Assistent werden sollte.

Dies war der Stand der Entwicklung, als die Explosion vom 29. Juli 1943 alle Planungen durcheinanderwarf, besser gesagt, diejenigen Pläne, die angesichts der Materialbewirtschaftung wie der alliierten Luftangriffe überhaupt noch Chancen aufs Verwirklichen hatten. So gewann Pflaumer wohl erst Anfang 1944 den Spielraum, zeitgleich mit Jacqués anlaufender Massebandproduktion eine Fertigungsmaschine für PVC-Schichtband in Auftrag zu geben, die schließlich im Herbst 1944 versuchsweise in Betrieb ging.¹⁷¹² Bevor Robl diese in Betriebswerkstätten gebaute Apparatur richtig einfahren konnte,¹⁷¹³ musste sie auch schon wieder abgebaut und nach Aschbach im Odenwald verlagert werden, wo der Wieder-Zusammenbau im Dezember 1944 begann. Diese Arbeit bewältigte Robl mit ganzen fünf Mitarbeitern, und so ist es eine bemerkenswerte Leistung, dass ab Februar 1945 erste Bänder gefertigt werden konnten.¹⁷¹⁴ Robl blieb bis Sommer 1945 in Aschbach und kehrte bei erster Gelegenheit wieder nach Ludwigshafen zurück. Als die größten Aufräumarbeiten auf dem Ludwigshafener Werksgelände gegen Jahresende 1945 erledigt waren, baute wiederum eine Betriebswerkstatt nacheinander zwei Gießmaschinen, die im Keller eines älteren, stark beschädigten Gebäudes aufgestellt wurden; die Produktion konnte am 1. April 1946 beginnen.¹⁷¹⁵

Man kann sich die ersten zwei, drei Nachkriegsjahre mit ihren erbärmlichen Arbeitsverhältnissen kaum vorstellen: den katastrophal kalten Winter 1946 / 1947, die ebenso katastrophale Versorgungslage und den Mangel an Produktions-Einsatzstoffen wie an Bauteilen. Wenn die Qualität der Magnetophonbänder in dieser Zeit mitunter erheblich schwankte, muss man diese Umstände vor Augen haben. Es ist trotzdem nicht zu verkennen, dass BASF die technologische Führung in Sachen Magnetband um 1950 zeitweilig an USA-Produzenten, vor allem 3M mit seinen „Scotch“-Magnetbändern, abtreten musste. Die

Gründe dafür werden an anderer Stelle beschrieben. Organisatorisch war es wohl ein Schwachpunkt, dass Robl sein eigener Entwicklungsleiter war; eine selbständige Entwicklungsabteilung entstand erst 1958. Impulse, die von der Magnetophonband-Prüfstelle und der Pigmentproduktion ausgingen, blieben aus wechselnden Gründen ohne Resonanz, nicht zuletzt deshalb, weil man lange vollauf damit beschäftigt war, den Keller-Betrieb überhaupt am Laufen zu halten.

1. Wer ein gutes Band will gießen,
Der muß haben sehr viel Glück,
Denn ringsum Gefahren sprießen,
die ihm brechen das Genick.
Drum als erstes, lieber Sohn,
Acht' auf die Dispersion:
Nicht zu dünn und nicht zu steif
Und vor allem richtig reif.
Drum als erstes, lieber Sohn,
Acht' auf die Dispersion.

3. Und als drittes mußt Du schauen
Scharf auf die Temperatur,
Darfst nicht stur allein vertrauen
Auf die Automatik nur.
Sonst kriegst Falten Du, o Graus!
Die sich nicht mehr bügeln aus.
Oder auch im Schrank, wie dumm,
Legt das dünne Band sich um.
Du kriegst Falten dann, o Graus,
Die sich nicht mehr bügeln aus.

2. Einen Gießer mußt Du haben
Von besonderem Format,
Mit dem Ölstein mußt Du schaben
Seine Schneide früh und spat,
Deine Sorge auch stets sei,
Dass die Kugellager frei.
Dass nicht Lack darinnen steck'
Oder sonst ein andrer Dreck.
Deine Sorge auch stets sei,
Dass die Kugellager frei.

4. Doch trotz allem wirst Du pleite
Und der Block kommt auf den Mist,
Wenn des Grundfilms eine Seite
Länger als die andere ist.
Auch die Poren sind nicht schön,
Noch viel wen'ger Tal und Höh'n,
Weil der Gießer dann voll Freud'
Hüpft wie's Lämmlein auf der Weid'.
Drum die Poren sind nicht schön,
Noch viel wen'ger Tal und Höh'n.

Immerhin: Robl hatte die Genugtuung, die Magnetophonband-Fertigung auf immer neue Höchstniveaus zu steigern und qualitativ wieder internationales Niveau erreichen zu sehen. Beweis dafür ist das Magnetophon-Langspielband BASF / Typ LGS, eingeführt 1953, eine Innovation der BASF. Schließlich gestaltete Robl noch aktiv mit, wie sich das Magnet-„Ton“-Band zu einem universellen Träger für Flugsicherung, Fernmeldewesen, Tonregistrierung, nicht zuletzt die Datenaufzeichnung, weiter entwickelte, schließlich auch zum Speicher für Fernsehbilder. Bevor er am 1. Januar 1957 seinen Ruhestand antrat, brachte er seine Erfahrungen in die Planung der 1956 neu gebauten Magnetophonbandfabrik ein, die zu dieser Zeit gerade in Betrieb ging.

Für seine Verabschiedungsfeier hat Robl das nebenstehende Gedicht verfasst, von dem die ersten vier Strophen zitiert

sein, nicht nur als Gegenstück zu den Reimkünsten der AEG-Mitarbeiter (Seite 88), sondern auch wegen seines ironisch verpackten Informationsgehalts.

Robl hat technikgeschichtliche Manuskripte zum Teil beträchtlichen Umfangs sowie populär gehaltene Zeitschriften-Publikationen verfasst, die zu den erstrangigen Quellen für die Zeit seiner Betriebszugehörigkeit zählen. Viele Details sind nur dank dieser Schilderungen verständlich, und so ist ihm auch diese Arbeit in besonderem Maß zu Dank verpflichtet.¹⁷¹⁶

Dr. Rudolf Robl verstarb am 28. September 1969 in seinem Haus in Neckargemünd, 78 Jahre alt.

Analysen der Oxidations- und Dispergierstufe

Als Pflaumer Anfang September 1942 den Farbstoff-Chemiker Rudolf Robl in sein neues Arbeitsgebiet einwies, hieß der Auftrag kurz und bündig: die wirklichen Ursachen der Produktschwäche aufzuklären und abzustellen. Dank einer glücklichen Kombination aus Fachwissen und Unvoreingenommenheit stieß Robl verhältnismäßig rasch auf die entscheidenden technologischen Schwächen: ihm

... gelang es nachzuweisen, dass bei der Oxydation des Magnetits zum sog. „roten Magnetit“ [Fe_2O_3] sehr oft die Temperaturen weit über den Punkt anstiegen, bei dem eine bereits in der Literatur beschriebene Umlagerung des magnetischen Gamma-Eisenoxys in das unmagnetische Alpha-Eisenoxyd eintrat.¹⁷¹⁷ Die einzelnen, in kleinen Ansätzen hergestellten Partien wiesen sehr verschiedene magnetische Kennzahlen auf, was sich natürlich auf die Gleichmäßigkeit der damit fabrizierten Bänder sehr ungünstig auswirken mußte. Weiterhin konnte er zeigen, dass die zur Herstellung der Gießdispersion benutzte sog. Retschmühle ungeeignet war. Der Gehalt der mit ihrer Hilfe hergestellten Lackdispersion an magnetischem Eisenoxyd war sehr verschieden, da immer ein gewisser Anteil gröberer Magnetitteilchen entweder in der Mühle als Bodensatz oder beim Filtrieren der Lackdispersion durch ein feines Sieb auf dem Siebboden zurückblieb. Die wechselnde Menge des magnetischen Materials auf der Bandoberfläche war für die wechselnde Empfindlichkeit der einzelnen Bänder verantwortlich. Auf Grund dieser Versuche wurden besondere Schutzmaßnahmen zur Einhaltung einer optimalen Temperatur bei der Magnetitoxydation getroffen.¹⁷¹⁸

Das bedeutete praktisch, nahezu alle Fertigungsschritte vor dem Gießen zu überarbeiten.

Die neue Pigment- und Dispergier-Technologie

Wie auf Seite 219 beschrieben, brach zwar eine Kolloplexmühle das beim Oxidieren immer zusammenbackende Eisenoxid auf, doch das Mahlgut enthielt Anteile von durchaus verschiedenem spezifischen Gewicht. Das passt zu dem Befund, wonach schwereres Magnetmaterial in der Schicht nach „unten“ wandert. Auch ohne Kenntnisse der Rheologie leuchtet ein, dass Material mit einheitlichem Gewicht unkomplizierter und „glatter“ zu dispergieren und auch zu vergießen ist als inhomogene Pigmente.

Hier war also die klassische Sortier- oder Klassifizierungs-Aufgabe zu lösen, für die sich das schon zu Zeiten des Carbonyleisen-Pulvers bewährte Windsichten anbot. Sortiert nach drei Klassen, teilte sich das „Roh“- Fe_2O_3 in Fraktionen mit spezifischen Gewichten von 4,3 (68 %), 4,8 (16 %) und 5,3 (12 %) auf, ungerechnet 4 % feinsten Anteile;¹⁷¹⁹ die Agglomerate wanderten zum Aufspalten in die nächste Kolloplex-Mahlpartie, und damit stieg die Ausbeute auf 95 – 98 %.¹⁷²⁰ Ohne die groben Pigmentstücke gab es auch weniger „Rillen“. Verkeilte sich nämlich ein solcher Brocken zwischen Gießerkante und Trägerfolie, zog er lange Furchen oder die verhassten unbeschichteten Streifen, „Spionfehler“, in Bandlaufrichtung.¹⁷²¹

Nächster Schritt war das Aufbereiten des Bindelacks. Robl stieß auf einen weiteren Schwachpunkt, nämlich „Quellkörper“ im Celluloseacetat – schon wieder, fragt man, denn mit dieser tückischen, kaum sichtbaren Verunreinigung hatte sich Friedrich Matthias schon vor Jahren herumgeschlagen (Seite 60) und detailliert beschrieben, mit welcher Filtertechnik er die Störenfriede ausschaltete.¹⁷²² Entscheidender Unterschied: Robl fand jetzt Quellkörper nicht in der Trägerfolie, sondern im Bindelack der Magnetschicht. Wenn solche Knollen anstelle von Magnetpigment in der Schicht liegen, sind die Folgen leicht auszumalen. Die simple Lösung war, im Bindelack zuverlässig quellkörperfreies Celluloseacetat einzusetzen, wie es das I.G. Farben-Mitglied Aceta (Berlin-Rummelsburg¹⁷²³) für seine Acetatseiden-Produktion herstellte.

Ein entscheidend wichtiger Schritt der Magnetophonband-Produktion ist bekanntlich das Dispergieren, also das Verteilen der Pigmentteilchen und aller Zuschlagstoffe im Bindelack zum Herstellen der Begussmasse. Robl fand heraus, dass die bislang benutzte Retsch-Mühle hier eher schlecht als recht arbeitete und ersetzt werden musste. Zunächst probierte das Mühlenlabor die tauglichen Apparate ohne Erfolg durch.¹⁷²⁴ Robl arbeitete mit einer Trichtermühle und der Bramley-Mühle,¹⁷²⁵ die zwar diskutable Ergebnisse lieferte, dafür aber 17 – 24 Stunden je Charge brauchte – das galt damals als entschieden zu lang. Mühlbauer stieß auf ein Gerät mit der dynamischen Benennung „Turbomischer“, eine „Homogenisiermaschine mit hydrodynamisch absichtlich falsch eingestellten Leitschaufeln“,¹⁷²⁶ die eine ausgezeichnete Gießlösung in sehr kurzen 15 - 20 Minuten herstellte.¹⁷²⁷

Bereits Anfang Januar 1943 hatte Robl einen Bericht vorgelegt, in dem „die schon immer vermutete Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Magnetophonbandes von der Dicke der magnetisierbaren Schicht experimentell bewiesen worden war.“¹⁷²⁸ Im Februar 1943 dokumentierte er mit einem – fast zu bescheiden „Versuche auf dem Magnetophongebiet (II. Mittlg.)“ betitelten – Laborbericht seinen endgültigen Erfolg:¹⁷²⁹ die windgesichtete Ausbeute aus behutsam oxidiertem Pigment, sachgerecht dispergiert in einwandfreiem Celluloseacetat, lieferte bei Versuchen auf der Gießmaschine Magnetophonbänder, die endlich wieder dem „Idealtyp“ Charge 368 entsprachen. Damit war ein Ende der Magnetophonband-Krise abzusehen.

Letzter und besonders gewichtiger Teil des Restrukturierungs-Programms war die Betriebsaufnahme der neuen Pigment-Anlage im November 1942. Die Arbeitsweise dieser Anlage zur „Eisenoxyd-Herstellung“ ist ungewöhnlich gut dokumentiert. So berichtet ein internes Manuskript:

Durch kontinuierliche Fällung des Ferrosulfats mittels Ammoniak durch Einspritzdüsen konnte eine verbesserte und gleichmässige Qualität des Magnetits für die Magnetophonbandfabrikation bei hoher Leistungsfähigkeit der Apparatur erzielt werden. Auch das Glühen des gefällten schwarzen Magnetits, das bisher in einem Drehrohrofen durchgeführt wurde, wurde 1943 übernommen. Es wird in einem elektrischen Venuleth mit 500 kg täglicher Leistung ausgeführt.¹⁷³⁰

Hans Friedrich Nissen, Paul Friedmanns Kollege aus der Filmfabrik Wolfen, notierte im Mai 1943 [in eckigen Klammern unter anderem die Korrektur seiner Schätzwerte]:

Gegenüber früher ist ... [die Anlage zur Eisenoxid-Herstellung] wesentlich vergrößert und besteht aus einem etwa 10 cbm [24 m³] großen Lösekessel, einem großen Filter [16 m³], einem Durchlaufvorerhitzer für die Eisensulfatlösung (80°), dem eigentlichen Reaktionsgefäß von wenigen Liter Inhalt [50 Liter], in den Sulfat und Ammoniak kontinuierlich zufließen und hier sehr innig verrührt werden. In einem zweiten etwa 10 cbm [24 m³] großen Gefäß wird auf 100° erhitzt und 8 Stunden lang gerührt. Hierbei tritt eine Kornvergrößerung ein, die eine Weiterverarbeitung ermöglicht. Eine demnächst in Betrieb zu setzende Erhitzungsvorrichtung für das Oxyd wurde gezeigt. Das fertige Material, das in Chargen von 2 t anfällt, wird ... trocken gemahlen. ... Nach der Mischung mit dem Bindemittel findet noch eine kurze Mahlung wie bisher statt. – Bei der großen und durchaus nicht ausgenutzten Kapazität der Anlage zur Oxydherstellung besteht die Möglichkeit, dieses in seiner Beschaffenheit jetzt recht gleichmässig herstellbare Material von Lu. zu beziehen. Hierdurch wäre für uns eine sehr bedeutende Erleichterung geschaffen, da es in absehbarer Zeit nicht möglich ist, auf gleich günstige Herstellungsbedingungen zu kommen.¹⁷³¹

Der „Magnetit“ kam zum Trocknen in einen dampfgeheizten „Venuleth“ mit 3 m³ Fassungsvermögen, und der oben genannte „elektrische Venuleth“,¹⁷³² der das Fe₃O₄ zu Fe₂O₃ oxidierte, fasste 1.500 Liter.¹⁷³³ Betrug in den letzten Wochen 1942 die Magnetit-Produktion schon 4,5 Tonnen, stieg sie 1943 auf 45,6 und 1944 auf 40,2 t¹⁷³⁴ (Angaben für 1945 fehlen; die Nachkriegsproduktionen waren 1946: 10,5 t / 1947: 23,2 t / 1948: 22,3 t / 1949: 26,6 t; 1950 wurde die Magnetit-Fertigung eingestellt¹⁷³⁵).

Das fertige Magnetpigment lief durch Kolloplex-Mühle und Wirbelsichter¹⁷³⁶ und wurde schließlich zusammen mit Celluloseacetat, Azeton und den notwendigen Zuschlagstoffen in der Bramleymühle, später im Turbomischer, dispergiert.¹⁷³⁷ Die Gießlösung passierte zwei Filterpressen und lief in zwei Vorratsbehälter, von denen Druckleitungen bis an die Gießmaschine führten. Denkbar knapp fasst Robl das Ergebnis zusammen: „Durch all diese Maßnahmen ging der Ausschuß bis auf 8 % zurück und es kam in der Zeit vom 1. - 28. Juli 1943 zur Rekordproduktion von 10 000 Bändern.“¹⁷³⁸

Während der Robl'schen Versuche und der Betriebsaufnahme der neuen Magnetpigmentanlage lief Matthias' und Mühlbauers Magnetophonbandfabrik natürlich dauernd weiter, offensichtlich mit sinkender Ausschussquote. Im Mai 1943 waren bereits 300 Bänder pro Tag, also vier Güsse, und 9.000 bis 10.000 Bänder pro Monat möglich, was kontinuierliche Fertigung im Zwei-, vermutlich sogar Dreischichtbetrieb voraussetzt.¹⁷³⁹

Zu den fast lebenslangen Problemen des Magnetbandes gehört, dass es gelegentlich „hohlkrümmig“ ist, das heißt, es liegt nicht plan, sondern hat eine Querkrümmung. Meist bildet die Magnetschicht die Innenseite dieser „Regenrinne“, und das hat – neben dem erschwerten Kontakt zum Magnetkopf – oft auch schlechte Wickeleigenschaften bis zum Zerfall des Bandwickels zur Folge. Mühlbauers Lösung: man mische Titandioxid mit gleicher Partikelgröße wie das Eisenoxid in die Gießmasse (40 – 60 Teile Titandioxid auf 100 Teile Magnetpigment); die

so hergestellten Magnetbänder lassen sich nicht nur beliebig oft fehlerfrei umspulen, sondern ihr Störgeräusch ist auch niedriger als das der Normalproduktion.¹⁷⁴⁰ Es liegen keine Messergebnisse solcher Bänder vor, aus denen zu erkennen wäre, ob und wo Mühlbauer für diese erfreulichen Eigenschaften Abstriche machen musste.

Magnetophonband Typ K und der Typ „Spezial“

Während der Arbeit an der kleineren Magnetpigment-Versuchsanlage hatte sich gezeigt, dass variierte Reaktionsbedingungen zu magnetisierbaren Eisenoxiden mit überraschenden Kennwerten führen. Wenn das Thema auch keine hohe Priorität hatte, wurde es doch im Oktober 1941 mit John Eggert diskutiert:

Dagegen sind die Herstellungsbedingungen des Magnetpulvers, jedoch immer nach dem gleichen Rezept, vielseitig studiert worden, und es hat sich z.B. herausgestellt, dass man unter Einhaltung bestimmter Konzentrationen ein Produkt von so erheblicher Magnetisierbarkeit erhalten kann, dass an die Herstellung von magnetischen Kontaktkopien zu denken ist. Bei Bändern aus diesem Material neigt nämlich die Aufzeichnung dazu, durch mehrere Schichten „durchzuschlagen“. Indessen sind diese Erscheinungen bisher noch nicht weiter verfolgt worden.¹⁷⁴¹

Anders als der letzte Satz andeutet, muss zu dieser Zeit beabsichtigt worden sein, einen besonderen Bandtyp Magnetophonband Typ K¹⁷⁴² mit höherer Koerzitivfeldstärke herauszubringen und die neuen HF-Magnetophongeräte so einzumessen, dass dieser Typ obligatorisch wurde (über sein Potenzial für Kontaktkopien siehe Seite 211). Das aussichtsreiche Produkt wird nur dieses eine Mal erwähnt, was wohl heißt, dass es der Magnetophonbandkrise oder kriegsbedingten Umständen zum Opfer fiel.

Wenig wahrscheinlich ist, dass Robl zu Beginn seiner analytischen Arbeit (Herbst 1942) diese Ansätze kannte. Da er aber zumindest in Teilen die gleichen Reaktionsbedingungen studierte wie Matthias, musste er fast folgerichtig auf die gleichen Materialien stoßen. Mitte Dezember 1942 finden sich Hinweise auf höherkoerzitive Versuchsbänder, die Robl bei der AEG messen ließ, weil das Ludwigshafener K 4 nicht genügend Vormagnetisierungsstrom lieferte.¹⁷⁴³ Ende Mai, Mitte Juni 1943 taucht prompt eine „Sprechbandsorte Spezial“ auf, die wieder ausschließlich für HF-Geräte gedacht war (über den 50 % höheren Preis sollten auch die Lizenzabgaben für von Braunmühl und Weber, 0,10 RM pro 1.000 m-Band, hereinkommen)¹⁷⁴⁴ – nach dem 29. Juli 1943 ist auch von diesem Projekt keine Rede mehr.

Überschneidende Interessen: Ludwigshafen, Wolfen, Wehrmacht

Wie schon berichtet, hatte nach der gelungenen Vorführung des Hochfrequenz-Magnetophons im Berliner UFA-Palast der Agfa-Tonfilm-Bereich sofort erkannt, dass der Magnetton auf mittlere Sicht zumindest in der Studio-Filmproduktion den Lichttonfilm verdrängen würde.¹⁷⁴⁵ Kern des Wolfener Interesses am Magnetband beziehungsweise am Magnetfilm war auf längere Sicht jedoch der Sektor Theaterkopien mit Magnet-Tonspur, der mengenmäßig das Ateliermaterial deutlich übertraf. Es war für Wolfen unvorstellbar, Herstellung und Vertrieb dieses Produkts nicht selber steuern zu können, und die vertraglichen Regelungen innerhalb der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft stärkten diese Position.

Aus Agfa-Sicht wäre die eleganteste Lösung gewesen, den Magnettonfilm in Wolfen sowohl zu produzieren als auch zu perforieren.¹⁷⁴⁶ Mit dieser Absicht schickte der Werksleiter Fritz Gajewski am 3. September 1941 einen entschieden formulierten Brief nach Ludwigshafen, den er mit der Fanfare einleitete, dass der „Magnetton-Film ... für die Kinematographie in Zukunft eine Rolle spielen wird und dass dieses Gebiet deshalb von meiner Sparte bearbeitet werden muss.“¹⁷⁴⁷ Da von den Usancen der I.G. Farben gedeckt, war der Anspruch Gajewskis nicht ohne Weiteres von der Hand zu weisen. Doch anscheinend haben in Ludwigshafen weder Otto Ambros noch Karl Pflaumer bemerkt, dass Wolfen *ausschließlich* den perforierten, 35 mm breiten Magnetfilm beanspruchte, nicht etwa das Magnetophonband, das sie fatalerweise immer noch „Magnetfilm“ nannten. Gajewski fasste zusammen: „... da das Gebiet sachlich unsere Domäne ist, muss die fabrikatorische Herstellung der Filmfabrik angegliedert werden.“ Befangen in ihrem Missverständnis, hat diese apodiktische Kürze die Ludwigshafener nachhaltig verstimmt. Wenige Worte mehr – Gajewski hätte schließlich ohne Not formulieren können: „... die fabrikatorische Herstellung des in naher Zukunft zu entwickelnden, perforierten 35 mm-Magnetfilms für Tonfilmstudios ...“ – hätten gewiss verhindert, dass zwischen Ludwigshafen und Wolfen dunkle Wolken aufzogen. Wie belastet die Atmosphäre schließlich war, zeigt die Unnachgiebigkeit, mit der sich Agfa in die Verhandlungen zur Gründung der Magnetophon G.m.b.H. einschaltete.¹⁷⁴⁸ Doch so wichtig diese Frage für die Wolfener Zukunftsperspektive auch sein mochte – stand doch die „wirtschaftliche Neuordnung Europas“ zu erwarten –, ging es um kaum mehr als um Kaisers Bart: Magnetfilm in nennenswerten Mengen ist in Deutschland erst Jahre nach dem Zweiten Weltkrieg gefertigt worden.

Es setzten jetzt vielschichtige Aktivitäten ein,¹⁷⁴⁹ um sowohl die Ludwigshafener wie die Wolfener Interessen zu wahren (Gajewskis Position als Leiter der Sparte III beeinflusste natürlich die Vertragsverhandlungen zwischen der AEG und I.G. Farben), möglicherweise haben auch die RRG und Wehrmachts-Dienststellen schon damals eine zweite Produktionsstätte gefordert. Jedenfalls zeigt ein Bericht von Hans Friedrich Nissen von Ende Januar 1942, „Über die Herstellung von Magnettonbändern“,¹⁷⁵⁰ dass in Wolfen bereits seit Herbst 1941 anspruchsvolle Magnetton-Laborversuche liefen. Dass sich die Fotofachleute durchaus nicht darauf beschränkten, den Ludwigshafener Sachstand nachzustellen, zeigt eine Anmeldung vom 26. Februar 1942, laut der (die vermutlichen Autoren) Eggert und Nissen fanden, dass „sich das magnetische Material mit Hilfe von Ultraschall in einen merklich feineren Verteilungszustand überführen“ lässt – Ludwigshafen hat wenig später Ähnliches versucht¹⁷⁵¹ –, anschließend skizzieren sie eine Palette exotischer Produktionsverfahren, die selbst das „Ausspritzen aus einer engen Düse [und das]

Abhobeln der Magnetton-Trägerschicht von einem zylindrischen Block in der Art, wie dies in Furniermaschinen geschieht“ einbezieht¹⁷⁵² (Seite 230).

Fast unvermeidlich, dass die Wolfener auch ein Verfahren erprobten, das in Ludwigshafen schon vor Jahren *ad acta* gelegt worden war, nämlich den Invertguss¹⁷⁵³ (Abbildung 85, Seite 85), um zu einer möglichst glatten Oberfläche und damit niedrigem Störgeräusch zu kommen, doch auch dieser Versuch blieb wirkungslos.¹⁷⁵⁴

John Eggert besuchte im Oktober 1941 und dann wieder im Juni 1942 Ludwigshafen; zu dieser Zeit konnte er berichten, dass sich Wolfen „grundsätzlich in der Lage“ sehe, Magnetbänder zu produzieren, wegen kriegsbedingter Auflagen aber darauf angewiesen sei, so viel Fachwissen und Erfahrungswerte wie nur irgend möglich aus Ludwigshafen zu erhalten.¹⁷⁵⁵ Zunächst baute Wolfen zwei Koebig-Gießmaschinen mit nur 14 m Gießband-Länge und 60 cm Breite um, Baujahr 1910 (!),¹⁷⁵⁶ „unter Berücksichtigung der Ludwigshafener Gesichtspunkte“,¹⁷⁵⁷ insbesondere beim Magnetpigment-Gießer. Die Maschinen hatten zusammen vermutlich die Kapazität der Ludwigshafener Anlage, da sie nominell mit 130 m/h liefen, also ca. 2 m/min. Wegen des kurzen Gießbandes waren Rollen-Trockenschränke mit etwa 20 m Lauflänge nachgeschaltet, in dem das Band mit Heißluft bei einer Temperatur von circa 100 °C nachtrocknete.¹⁷⁵⁸

Ihre schon Jahre bestehende Zusammenarbeit mit leitenden Mitarbeitern der RRG,¹⁷⁵⁹ vor allem von Braunmühl, verhalf Eggert und Nissen zu Informationen aus erster Hand über Anforderungen und Messverfahren der RRG, aber auch über die Aufgaben der neugegründeten Tonband GmbH und die Meinung der RRG zum Magnetfilm (an dem von Braunmühl, nicht zuletzt wegen der HF-Patente, ebensoviel Interesse hatte wie Wolfen). Sogar stereofone Magnetbandaufnahmen wurden vorgeführt, und „besonders vertraulich“ die neueste Ludwigshafener Entwicklung, das Luvitherm-beziehungsweise Masse-Magnetband, skizziert.¹⁷⁶⁰ Schließlich übernahm Wolfen in einer praktischen Frage sogar die Führung: Hans Friedrich Nissen bestimmte mit einer „magnetische[n] Prüfeinrichtung“¹⁷⁶¹ die Eignung eines Oxids für Magnetbandzwecke – in Ludwigshafen musste Friedmann erst einen Probeguss abwarten. Mitte Dezember 1942 konnte Nissen das Fazit ziehen, „dass angenähert die Qualität des Ludwigshafener Bandes erreicht wird“ – das respektable Ergebnis einer knapp einjährigen Entwicklung.¹⁷⁶² Ende Februar 1943 schickte Wolfen erste Bandproben nach Ludwigshafen zu Paul Friedmann, der ihnen insgesamt passable Qualität attestierte: die Dynamik lag etwas höher als bei der Ludwigshafener Produktion, dafür zeigten die, mit 50 m natürlich noch viel zu kurzen, Wolfener Muster einige Mängel im Bereich Mechanik, die sich jedoch bald abstellen ließen. Irgendwie hatten es die Ludwigshafener versäumt, ihre Kollegen von der Existenz eines Normalbandes zu unterrichten, was wieder einige Verstimmung hervorrief.¹⁷⁶³ Ihre Reserven gegenüber der konzerninternen Konkurrenz scheinen sie erst im Mai 1943 überwunden zu haben, als Wolfener Experten die Ludwigshafener Bandfabrikation eingehend besichtigen konnten: John Eggert und Hans Friedrich Nissen in Begleitung von Werner Gladhorn, als Leiter der Wolfener Rohfilmbezieherei¹⁷⁶⁴ natürlich ein führender Fachmann auf diesem Gebiet. Der Besuch scheint harmonisch verlaufen und von intensiven, sachlichen Diskussionen geprägt gewesen zu sein. Die positive Stimmung gegen Ende der Magnetophonband-Krise mag auch dazu beigetragen haben, dass sich Ludwigshafen mit einer größeren Versuchsproduktion in Wolfen einverstanden erklärte, wie auch Magnetpigment-Lieferungen zugesagt (bis 1945 ausgeführt) wurden. Dass die Pfälzer aber schon monatelang nur noch auf die Genehmigung für ihren Magnetophonbandfabrik-Neubau warteten, kam nicht zur Sprache.

Verlagerungen und die Entscheidung über den zweiten Magnetophonband-Produktionsstandort

Schon die – aus der Perspektive von 1944 seltenen und leichten – Luftangriffe der Jahre 1940 bis 1942 auf die Stadt Ludwigshafen und das Werk hatten gezeigt, dass bei I.G. Farben mit Ausfällen auch „kriegswichtiger“ Produktionen zu rechnen war. Die zuständigen Behörden planten daher frühzeitig die Auslagerung oder, offiziell, „Verlagerung“ besonders gefährdeter Betriebe, was zwar einen ungeheuren Aufwand zur Folge hatte, aber letztlich die weitgehende Zerstörung des Ludwigshafener Werks – es soll die am stärksten angegriffene Industrieanlage in Deutschland gewesen sein – nicht kompensieren konnte. Eine andere Schutzmaßnahme war der (Aus-)Bau von Industrieanlagen an Standorten, die fürs Erste außerhalb der Reichweite alliierter Bomber lagen.

Dass Wolfen eine eigene Magnetophonband-Produktion zugestanden wurde, ist neben den Produkt-Interessen der Sparte III ohne Zweifel auch in nie offen ausgesprochenen Sicherheits-Überlegungen begründet, ebenso, wie es ohne weiteres zu verstehen ist, dass die RRG, potentester Magnetband-Kunde, einen weiteren Lieferanten für ihren bevorzugten Tonträger wünschte.¹⁷⁶⁵ Im folgenden Abschnitt wird gezeigt, wie auch wehrwirtschaftliche Einflüsse die Magnetophonband-Produktion rigoros reglementierten.

Ludwigshafen: Projekt „Neue Magnetophonbandfabrik“

Im Herbst 1939 hatte die Wehrmacht zehnfachen Vorkriegsbedarf an „Sprechband“ angemeldet (Seite 219), das „Magnetophonband“ gewann seit 1941 bei der RRG immer mehr die Oberhand, und der absehbare Bedarf summierte sich allmählich zu Mengen, die mit einer einzigen Gießmaschine nicht mehr zu bewältigen waren. Im Oktober 1941 bestellte daher I.G. Farben Ludwigshafen bei der Firma Koebig in Radebeul bei Dresden eine weitere Gießmaschine,¹⁷⁶⁶ die neben der ersten aufgestellt werden sollte. Aber diese Planung erschien bald als zu konservativ: hatte die Fertigung nicht schon lange darunter gelitten, dass die Magnetophonband-Fabrik eigentlich ein Lagerbau war, in dem Fässer gerollt, Staub und Schmutz aufgewirbelt wurden? Wie sollte bei laufendem Betrieb der alten Maschine eine zweite „staubfrei“ montiert werden, und wie wären maschinelle Änderungen für Ver-

suche und Verbesserungen zu bewältigen? Der Prüfraum im Elektrolabor war, genau genommen, ebenfalls nur ein Provisorium, eine ordentliche Prüfzelle müsste wesentlich mehr Platz haben. Solche Fragen verdichteten sich im Frühsommer 1942 zum Plan, mit der Erfahrung aus sechs Jahren Produktionspraxis eine neue Magnetophonbandfabrik zu bauen.¹⁷⁶⁷

Das Konzept des Neubaus war genau auf den Produktionsfluss des Magnetophonbandes abgestimmt (wie 22 Jahre später in Willstätt verwirklicht). Anfang November 1942 lagen genehmigungsreife Pläne vor. Am Südeinde eines konventionellen Industriebaus sollte die komplette Magnetpigment-Fertigung und Dispersionsherstellung zusammengefasst sein. Ein Mitteltrakt zeigt in der Gebäude-Längsachse zwei klimatisierte Räume, jeder etwa 20 x 7 m groß, für die je 12 Tonnen schweren Gießmaschinen. Am Nordende sollten Spedition, ein Lagerraum mit Spul- und Perforationsmaschine sowie der Prüfraum, der Vorführraum und ein Betriebsleiterbüro Platz finden. Als Baukosten waren RM 460.000, für den maschinentechnischen Teil RM 420.000 angesetzt. Nicht zu übersehen ist auf den großformatigen Plänen die ominöse Angabe „Brandbombensicheres Eisenbetondach 20 cm stark mit 5 cm Isolierbeton“.¹⁷⁶⁸

Projekte auf Wanderschaft: Landsberg an der Warthe¹⁷⁶⁹ und Wolfen

Der Genehmigungsantrag ging am 22. Dezember 1942 ab, doch warteten die Ludwigshafener im nächsten halben Jahr vergeblich auf die unbedingt erforderliche Zusage des Oberkommandos des Heeres (OKH) in Berlin. Aber als das Rüstungskommando Ludwigshafen im Juni 1943 auf Sofortverlagerung zur „Verhütung von Fertigungsausfällen durch Luftangriffe“ drängte (und von dem resonanzlosen Antrag erfuhr), präsentierte das OKH bei einer Besprechung am 10. Juni 1943 eine ärgerliche Überraschung:¹⁷⁷⁰ die neue Magnetophonbandfabrik sollte nicht in Ludwigshafen, sondern im I.G. Farben-Werk Landsberg an der Warthe¹⁷⁷¹ (heute Gorzów Wielkopolski, nahe der Westgrenze Polens) gebaut werden.¹⁷⁷² Ein unerwarteter Dämpfer für den nach überstandener Magnetophonband-Krise aufkeimenden Optimismus!

Diese Weisung des OKH muss ein gehobener Führungszirkel der I.G. Farben diskutiert haben, wobei anscheinend die Sparte III – hier das I.G. Farben-Werk Filmfabrik Wolfen – erstmals von den Verlagerungsplänen erfuhr. Wolfen rückte nach entschiedenem Einspruch gegen Landsberg zum Favoriten für die zweite Magnetophonband-Fertigung auf.¹⁷⁷³ Angesichts des gelegentlich gespannten Verhältnisses zu Wolfen war das eine hässliche Kröte, die Ludwigshafen schlucken musste. Die Halschmerzen begannen schon bei der zweiten Besprechung am 28. Juni 1943 im OKH. Als der zuständige Offizier begrenztes Verständnis für I.G.-interne Auseinandersetzungen durchblicken ließ, begründete Direktor Alfred Miller die Wolfener Ansprüche auf die Magnetophon-Produktion so überzeugend,¹⁷⁷⁴ dass das OKH am 2. Juli 1943 nicht nur die Verlagerung nach Wolfen genehmigte,¹⁷⁷⁵ sondern auch anordnete, die bei Firma August Koebig bestellte Gießmaschine sei nicht in Ludwigshafen, sondern in Wolfen aufzustellen. Miller konnte sich – folgt man dem Wolfener Protokoll – vor allem deswegen durchsetzen, weil Karl Pflaumers Einblick in die technischen Möglichkeiten einer Fotofirma von Weltrang, die das Vergießen fotochemischer Emulsionen als Hauptarbeitsgebiet betrieb, doch arge Lücken aufwies. So hatte er Ende 1941 vermutet, „Bildfilme brauchen sicher nicht mit einer Genauigkeit von 2 µ für die Dicke des Grundfilms und von 1 µ für den Deckfilm gegossen“ zu werden – womit er sich gründlich verschätzt hatte: Agfa-Color-Film hatte zwar eine 150 µ dicke Celluloseacetat-Trägerschicht, auf die allerdings nicht weniger als fünf Farb-Schichten mit Dicken zwischen 1 und 6 µ aufgegossen wurden, und zwar bei fast absoluter Dunkelheit.¹⁷⁷⁶ 1943 musste er sich dann belehren lassen, „dass das, was für Wolfen eine Versuchsmaschine wäre, vielleicht für Ludwigshafen eine Fabrikationsmaschine bedeuten würde.“¹⁷⁷⁷ In der Tat: die (aktiven) Wolfener Maschinen hatten durchweg 130 cm breite Gießbänder, darunter waren zwölf mit 30 m langem Band (gegenüber einer 28 m-Maschine mit lediglich 60 cm Breite in Ludwigshafen), und die monatliche Filmproduktion soll bei 1 Million Quadratmetern gelegen haben¹⁷⁷⁸ – was waren dagegen die 41.215 km Magnetophonband von 1942,¹⁷⁷⁹ also 267.900 m², gerade einmal gut 2 % der Wolfener Jahresfertigung? – Damit waren diese Neubau-Pläne für Ludwigshafen endgültig erledigt.

Heinrich Jacqué (1895 - 1967)

Heinrich Jacqué gehört zu den imponierenden Persönlichkeiten der Magnetophonband-Geschichte: sein Berufsweg führte in vierzig Berufsjahren vom „Volksschul“-Absolventen zum Betriebsleiter.

Am 16. Dezember 1895 geboren, trat Jacqué vierzehnjährig am 3. Mai 1910 als Laborjunge bei BASF ein und arbeitete sich in den Jahren bis 1924, wohl weitgehend autodidaktisch, zum Techniker hinauf. Seine eigentliche Karriere begann mit einer Zufallsentdeckung, deren Bedeutung er intuitiv erfasste. Mitte der 1930er Jahre wurde in Ludwigshafen intensiv mit PVC experimentiert, das jedoch beim Feinwalzen brüchig und spröde wurde „wie ausgetrocknete Gelatineblätter“. Weil scheinbar zu nichts zu gebrauchen, warf Jacqué im Frühjahr 1936 einige dieser „Blätter“ in den Aschekasten seines Arbeitszimmerofens, stutzte aber, als er mit einem heißen Schürhaken an den Blättern hängenblieb und sie nur mühsam vom Eisen entfernen konnte: dabei streckten sie sich auf das Mehrfache ihrer ursprünglichen Länge, blieben auch nach dem Abkühlen elastisch und waren überhaupt nur mit großer Anstrengung zu zerreißen.¹⁷⁸⁰ Das war die Initialzündung für eine Entwicklung, die Jacqué im Juli 1936 als sein zweites Patent anmeldete, eine der Grundlagen des Luvitherm-Verfahrens.¹⁷⁸¹

Es kam einer Beförderung gleich, dass ihn daraufhin Hans Fikentscher, Leiter der Kunststoffgruppe im Hauptlaboratorium,¹⁷⁸² in den Arbeitsring holte, der die großtechnische Produktion der industriell verwertbaren, vielseitigen PVC-Folie vorzubereiten hatte. Schon früh war Jacqué mit Friedrich Matthias bekannt geworden, der in einem benachbarten Labor

arbeitete und über eine Rollenschneidmaschine verfügte, die sich für Schneidversuche mit PVC-Folien anbot.¹⁷⁸³ Matthias' Arbeitsgebiet regte Jacqué schon 1937 oder 1938 zu Experimenten mit einem PVC-Magnetit-Gemisch an, die an die frühen „Masseband“-Versuche von 1933 erinnern. Die Folien enthielten allerdings zu wenig Pigment, um mit Magnetbändern von der Gießmaschine konkurrieren zu können.¹⁷⁸⁴

Im Januar 1938 löste Jacqué grundsätzlich auch das Problem, Folien in *einem* Herstellvorgang sowohl in der Länge als auch in der Breite zu recken, was das Produkt technisch außerordentlich wertvoll machte.¹⁷⁸⁵ Als Fikentschers Gruppe schließlich Zuschlagstoffe fand, um die Hitzebeständigkeit¹⁷⁸⁶ der PVC-Folie zu verbessern – die bisherigen Muster hatten sich stark verfärbt und gaben Halogenwasserstoffe ab –, stellte er im Oktober 1940 zusammen mit Jacqué betriebsintern das vielversprechende Produkt am Übergang vom Laborstadium zur technischen Anlage vor.¹⁷⁸⁷

Wenn Jacqué auch überwiegend nur im Zusammenhang mit Magnetophonband auf PVC-Basis genannt wird, darf man doch nicht außer Acht lassen, dass von seinen 42 Patenten und Anmeldungen,¹⁷⁸⁸ die sich alle mit dem Thema PVC-Verarbeitung beschäftigen, „nur“ 14 ausschließlich die Luvitherm-Anwendung im Magnetophonband-Bereich betreffen. Die chemischen wie verfahrenstechnischen Probleme der PVC-Folienfertigung – geduldige Feinarbeit, die selten zu außergewöhnlichen Ergebnissen führte – bestimmten den Großteil seiner Arbeit.



Mit dem mehr oder weniger vorsorglich erteilten Auftrag Pflaumers an Jacqué und Robl, PVC-basierte Magnetophonband-Typen zu entwickeln, wurden die PVC-Pigment-Mischfolienversuche wieder aktuell. Mit fünf Jahren Versuchs- und Produktionserfahrung, einem präzisen Kalendar und dem Eisenoxid Fe_2O_3 kam er bereits im November 1942 zu brauchbaren Mustern,¹⁷⁸⁹ die schon gut mit Matthias' Gussbändern mithalten konnten, allerdings noch weitere Versuche erforderten.¹⁷⁹⁰ Im Mai 1943 waren die Ergebnisse derart, dass man sich zutraute, im Notfall die Produktion mit dem „Einschichtenband“ aufrecht zu erhalten.¹⁷⁹¹ Nach dem 29. Juli 1943 führte Jacqué den Beweis: das Team – mit Matthias, Mühlbauer, Böhner und Friedmann – konnte ab Oktober bis zum Jahresende 1943 etwa 12.000 „Masse“-Bänder Magnetophonband Typ L produzieren.¹⁷⁹²

Wie Jacqué die drei Jahre von August 1943 bis Herbst 1946 erlebt hat, lässt sich nur in Umrissen nachzeichnen. Im Februar 1944 wurde auf Drängen des Rüstungskommandos Mannheim vorgeschlagen, die Luvitherm-Anlage in die I.G. Farben-eigene Steinbachmühle bei Neckarzimmern zu verlagern, doch war diese Planung spätestens im September 1944 überholt, als das gesamte Hauptlabor in den Betrieb „Anorgana“ in Gendorf / Obb. verlagert werden sollte. Der Transport der Luvitherm-Anlage zog sich bis März 1945 hin, doch dann war die Anlage bereits im Juni 1945 wieder betriebsfähig.¹⁷⁹³ Man wird sich Jacqué stets in der Nähe der Luvitherm-Anlage vorzustellen haben, bei Abbau, Transport und Wiederaufbau und schließlich während der Produktion

bis Frühjahr 1946 in Gendorf.¹⁷⁹⁴ Erst im Mai 1946 kehrte er endgültig nach Ludwigshafen zurück und trat 1947 offiziell zur Magnetophonbandfabrik über.

Aufgrund der alliierten Bestimmungen war es nicht erlaubt, den Präzisions-Kalendar von Gendorf nach Ludwigshafen zu „repatriieren“, und damit fehlte in Ludwigshafen im Wortsinn die Basis der Magnetophonband-Produktion. So lange Luvithermfolie aus Gendorf bezogen werden konnte, war Jacqué relativ häufig vor Ort, um die diffizilen Einstellungen des Kalenders zu überwachen. Als aber Ludwigshafen mit Gendorf wegen dessen vermeintlicher Eigenmächtigkeit, eine „Genoton“-Bandproduktion aufzuziehen, über Kreuz geriet, musste Jacqué dafür sorgen, dass der weniger präzise Kalendar der Folienfabrik Fürth-Forchheim¹⁷⁹⁵ die Trägerfolien für das Magnetophonband Typ LG und das Fertigprodukt Magnetophonband Typ L wenigstens zeitweise in annehmbarer Qualität fertigte.¹⁷⁹⁶ 1950 war eine neue Luvitherm-Anlage aufgebaut, in der Jacqué nach Lage der Dinge als Beauftragter der Magnetophonbandfabrik die Produktion begleitet haben muss.

Heinrich Jacqué hat großen Anteil an der Einführung des Langspielbandes 1953, die ohne verlässliche Folienproduktion nicht möglich gewesen wäre. Als 1956 / 1957 die Magnetophonband-Produktion wesentlich erweitert und die nahezu ausschließlich auf den Magnetophonband-Bedarf zugeschnittene Luvitherm-Fabrik gebaut wurde, rückte Jacqué am 6. Januar 1956 zum Betriebsleiter auf, eine Position, die er bis zum Beginn seines Ruhestands am 1. Januar 1961 behielt.¹⁷⁹⁷ Charakteristisch für Jacqué dürfte sein, dass er noch am 22. Dezember 1960, vermutlich seinem letzten Arbeitstag, eine Patentanmeldung fertigstellte: *Verfahren zur Verbesserung der thermischen Formfestigkeit von Magnetogrammträgern*, fast ein Vermächtnis, um die Lebensspanne „seiner“ Luvitherm-Folie im Magnetbandbereich zu verlängern.¹⁷⁹⁸

Heinrich Jacqué verstarb 72jährig am 9. Januar 1967.

Luvitherm-Verfahren liefert PVC-Folien ¹⁷⁹⁹

Celluloseacetat mit einem kleinen Anteil Cellulosenitrat galt seit 1933 / 1934 praktisch als einzig brauchbares Material für die Trägerfolie des Magnetophonbandes. Hersteller und Anwender hatten sich mehr oder weniger gut mit ihren Schwächen arrangiert, vor allem dem Reißen bei relativ geringer Belastung.¹⁸⁰⁰ Trotz des Cellulosenitrat-Anteils, der die Feucht-Formstabilität verbessern sollte,¹⁸⁰¹ nahm Celluloseacetat-Folie Wasser auf und verlor dann ihre Maßhaltigkeit.¹⁸⁰² Aus Ludwigshafener kaufmännischer Sicht missfiel am Celluloseacetat, dass es, wenn auch von I.G.-Betrieben geliefert (Dormagen beziehungsweise Rummelsburg), eben doch ein Zukaufrisprodukt war.

Ähnlich wie Carbonylisen vor 1925, war Polyvinylchlorid (PVC) lange nur in Chemikerkreisen bekannt. Seine technische Entwicklung begann Mitte der 1930er Jahre, als das I.G.-Werk Bitterfeld geeignete Verfahren entwickelte, mit denen es sich zu harten Pressmassen, gummiartigen Werkstoffen, Folien und Fasergrundstoffen

verarbeiten ließ: „Igelit“ gedieh zum wichtigsten Kunststoff der I.G. Farben.¹⁸⁰³ In Ludwigshafen, wo PVC im technischen Maßstab seit 1931 produziert wurde,¹⁸⁰⁴ forschte vor allem Hans Fikentscher an Mischpolymerisaten, die ohne Schwierigkeiten bei niedrigeren Temperaturen zu verarbeiten waren. Die bekannten PVC-Folien entstanden, als Heinrich Jacqué eine scharfsinnig ausgewertete Zufallsbeobachtung zu einem Verfahren ausbaute, das als „gleichzeitige[r] Schmelz- und Streck-Prozeß auf dem Walzenkalanders“ charakterisiert und, nach seinem Entstehungsort und der Herstellungsweise, „Luvitherm“-Verfahren genannt wurde.¹⁸⁰⁵

Das Verfahren lief in drei Hauptschritten auf Walzwerken mit einzeln gesteuerten und geheizten Walzenpaaren ab. Erster Arbeitsgang war die Formgebung zur Folie im *Mischwalzwerk*. Dazu wurde das weiße, lockere, griesähnliche PVC-Pulver auf Walzen geschaufelt, die es unter Druck und hoher Temperatur schnell zu einer gummiweichen, teppichähnlichen Bahn, einem „Fell“, aufschmolzen. Die Bahnen wurden am Auslauf der Maschine bei einer bestimmten Länge abgeschnitten und zu einer „Puppe“ zusammengerollt.

Die zweite Maschine, der *Kalander*, brachte die Folie auf drei oder vier Walzenpaaren mit Anpressdrücken bis zu 90 Tonnen und Temperaturen im Bereich 150 – 180 °C auf eine Dicke im Bereich 1/20 mm, wobei sie beachtlich an Länge zunahm und natürlich auch in die Breite ging, so dass die Überstände mit Schneidscheiben (Kreismessern) abgetrennt werden mussten. Die Kalander-Folien wurden am Auslauf gekühlt, aufgespult oder über Rollen gleich zur dritten Maschine geführt.

Der wichtigste Produktionsschritt blieb dem dritten Walzwerk vorbehalten, der Luvitherm-Maschine. Die bisher noch glasartig spröde Folie lief über eine Walze, die sie für kurze Zeit auf 200 – 230 °C erhitze (in diesem Bereich war noch ein Minimum an Formbeständigkeit vorhanden), und sofort danach über eine zweite Walze mit etwa 110 °C. Diese „thermische Behandlung“ machte die Folie ausgesprochen schmiegsam. Bestimmte Folientypen waren nach diesem Verfahrensschritt verarbeitungsfertig, andere Typen liefen noch über eine Streckwalze (etwa 110 °C), die sie bis zum Dreifachen der Ausgangslänge reckte. Beim Einlauf war die Folie etwa 10 m/s schnell, am Auslauf 25 – 30 m/s bei einer Breite von ca. 33 cm und einer Dicke von 30 µm.¹⁸⁰⁶ In einem späteren Entwicklungsschritt kam noch eine Reckung in die Breite dazu; diese „doppelt gereckten“ Folien hatten deutlich an Länge gewonnen, aber nichts von der ursprünglichen Breite eingebüßt. Das „Luvitherm-Verfahren“ war also in seinen chemischen Voraussetzungen ebenso komplex wie seine Erzeugung maschinentechnisch aufwendig. Aber dafür war die PVC-Folie bei gleicher Dicke wesentlich „kräftiger“ (bruchsfester) als die Celluloseacetat-Folie, neigte nicht zu Kanteneinrissen, nahm nahezu kein Wasser auf, war also formstabil, hochglänzend, vollkommen klar und blieb auch bei niedrigen Temperaturen elastisch.¹⁸⁰⁷ Luvitherm-Folien wurden während des Zweiten Weltkriegs keineswegs nur für die Magnetophonband-Fertigung eingesetzt, vielmehr diente die Hauptmenge zum Isolieren von Feldkabeln, also Telefonkabeln und Stromleitungen für den militärischen Bedarf.¹⁸⁰⁸ Seit 1942 wurden auch Konservendosen mit geschmacksneutraler PVC-Folie ausgekleidet, womit das knappe, sonst übliche Zinn eingespart wurde, das zudem „Geschmackseinbußen nach Öffnen der Dose“ verursachte.¹⁸⁰⁹ Ihre weitesten Anwendungen haben Luvitherm-Folien, nach wesentlichen Weiterentwicklungen der PVC-Chemie, erst nach 1950 gefunden; Klebebänder werden bis in die jüngste Zeit auf „luvithermisierte“ Folie gefertigt.¹⁸¹⁰

1940 ging die erste Luvitherm-Maschine in Betrieb. Der Kalander hatte drei Walzen mit 600 mm Arbeitsbreite, was für ungereckte Folien mit 420 mm, gereckte mit 240 mm Breite und maximal 35 µm Dicke reichte. Um das Material auch in den Breiten 4 mm, 6 mm bis 30 mm liefern zu können, gehörten zur Versuchsanlage eine Rollen-Schneidemaschine, die vermutlich, wie die der Magnetophonbandfabrik, von der Firma Goebel in Darmstadt stammte.¹⁸¹¹ – Der Zufall wollte es, dass Fikentscher und Jacqué über die erste Luvitherm-Produktion in Ludwigshafen am 25. Oktober 1940 referierten, zwei Tage, nachdem Walter Weber in Berlin seinen RRG-Kollegen erstmals über die Vorzüge der Hochfrequenzvormagnetisierung berichtet hatte.¹⁸¹²

Entwicklungsprojekt 1: Masseband (Heinrich Jacqué)

Mitte der 1930er Jahre arbeiteten Heinrich Jacqué und Friedrich Matthias in benachbarten Laborräumen, was Jacqué sehr gelegen kam, da er damals mit Matthias' Schneidmaschinen die Luvitherm-Versuchsfolien auftrennen konnte und nebenbei über den Stand der Magnetophonband-Versuche immer gut informiert war. Jacqué berichtet, bereits 1937 / 1938 habe er versuchsweise Magnetpigment (damals also noch Fe₃O₄) mit PVC-Pulver vermischt und daraus Magnetbänder gefertigt. Matthias' Skepsis, begründet in seinen eigenen „Masseband“-Versuchen (Seite 62), war berechtigt: der maximal erreichbare Pigmentanteil der Prüflinge war zu gering, um mit den Gussbändern konkurrieren zu können. Daher stellte Jacqué diese Experimente fürs Erste wieder ein.¹⁸¹³

Als jedoch im September 1942 die Magnetophonband-Krise zu eskalieren drohte, scheint Pflaumer ein „brainstorming“ angesetzt zu haben, das Vorschläge „wie z.B. walzen, spritzen, drucken auf die verschiedensten Grundlagen“ zu Tage förderte.¹⁸¹⁴ Das ist der früheste Hinweis darauf, dass Jacqué wieder mit Massebändern experimentierte, diesmal jedoch unter ganz anderen Vorzeichen als fünf Jahre zuvor, und die boten jedem Ausweichverfahren beste Chancen. Jacqué mischte also wieder Magnetpigment und PVC-Pulver (etwa im Gewichtsverhältnis 1:1), verarbeitete es im Luvitherm-Prozess und hatte damit das Produkt geschaffen, das für die nächsten zehn Jahre als „Masseband“ (so genannt, weil das Pigment in eine homogene Polyvinylchlorid-Masse eingelagert war) eine Alternative zum „Zweischichtband“ oder „Schichtband“ bildete. Was Karl Pflaumer gegenüber Hans Heyne nur angedeutet hatte, konnte Ende Oktober von Braunmühl schon „besonders vertraulich“ den Wolfenern John Eggert und Hans-Friedrich Nissen mitteilen: das Luvitherm-Band sei zwar nicht so empfindlich wie das Guss-

band, doch seien die mechanischen Eigenschaften zumindest ausreichend.¹⁸¹⁵ Von Braunmühl zeigte sich als gut informiert: am 2. November 1942 prüfte der Ludwigshafener Techniker Weber ein solches Muster, fand zwar eine um rund 5 dB geringere Dynamik als beim (seinerzeit nie wieder erreichten) Musterband 368, beurteilte jedoch den „Allg. Empfindlichkeitsverlauf bei 1000 Hz“ als „ziemlich gleichmäßig“. Jacqué war schon recht dicht an die aktuelle Gussband-Fertigung herangekommen, wenn auch sein Prüfmuster nur aus 75 m-Stücken bestand.¹⁸¹⁶

Aus einer Dokumentenlücke taucht das Luvitherm-Band erst wieder im Juni 1943 auf, als Pflaumer, jetzt in der Pflicht zur „Verhütung von Fertigungsausfällen durch Luftangriffe“, in einem Schreiben an das Ministerium Speer ausführt: „Diese Bänder erreichen in Qualität die gegenwärtigen hochgezüchteten Produkte nicht, dürften aber [den] durch die Kriegsverhältnisse eingeschränkten Ansprüchen noch genügen“ – was in Berlin so verstanden werden sollte, dass ein solches Standard-Produkt mit kürzester Vorlaufzeit „auf jeder vorhandenen Luvitherm-Ziehmaschine ... hergestellt werden kann.“¹⁸¹⁷ Karl Pflaumer und Heinrich Jacqué mussten dafür innerhalb von drei Monaten den Beweis antreten.

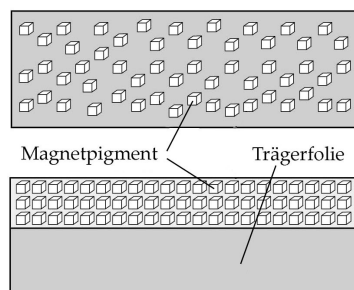


Abbildung 235: Bandquerschnitte von Masseband (oben) und Schichtband (unten) im schematischen Vergleich; nur für würfelförmiges Pigment dargestellt. In der Praxis enthalten beide Typen etwa gleich viel Magnetpigment!

Um Missverständnissen vorzubeugen, hier drei Erläuterungen anhand von Beispielen:

- **Gießen:** die Produktion des Magnetophonbands Typ C auf Koebig-Maschinen
- **Ziehen:** die Produktion des Massebands Typ L und Nachfolger auf Kalandern im Luvitherm-Prozess
- **Beschichten:** das Auftragen der Magnetschicht auf eine vorgefertigte Trägerfolie (PVC, PE)

Anders als beim Magnetophonband Typ C, bei dem sowohl Träger- wie Magnetschicht in einem Arbeitsgang gegossen werden, handelt es sich bei Bändern auf PVC- und PE-Folie um die Beschichtung eines bereits vorhandenen Trägermaterials.

Entwicklungsprojekt 2: Beschichten von PVC-Folie (Rudolf Robl)

Robls maßgeblicher Anteil an der Bewältigung der Magnetophonband-Krise hatte zur Folge, dass Pflaumer ihm – wohl als Anerkennung für das maßgebliche Referat vom 24. Februar 1943 zu verstehen – ein neues Projekt auftrag: Robl sollte, als Alternative zum Celluloseacetat, eine magnetisierbare Schicht auf Luvitherm-Folie aufbringen.¹⁸¹⁸ Das bedeutete eine klare Abkehr vom bisherigen Herstellprozess, der ja in einem Zug sowohl die Produktion der Trägerfolie als auch ihre Beschichtung umfasste, öffnete freilich auch den Weg zum „modernen“ Magnetband. Pflaumer wird mit Blick auf die noch nicht abgeschriebene Gießmaschine eher an eine Vorratsentwicklung gedacht haben, wofür auch die Planung für den Neubau der Magnetophonbandfabrik mit zwei konventionellen Gießmaschinen spricht. Andererseits zeigten, wie oben geschildert, die Unzulänglichkeiten der Celluloseacetat-Folie, dass es hohe Zeit für die Weiterentwicklung des mittlerweile zehn Jahre alten Magnetophonbandes war (Seite 220).

Robl als Chemiker wird es kaum überrascht haben, dass die bisherige Gießdispersion (Magnetit plus Celluloseacetat in Azeton gelöst) und die PVC-Folie schlecht zusammenpassten, wie er auch in mehreren Anläufen versuchte, das Begießen mit einem leichter beherrschbaren oder geringere maschinelle Präzision erfordernden Verfahren zu umgehen. Geeignete Komponenten fanden sich: als erstes ein Mischpolymerisat, das als Vinoflex MP 400 lange Jahre charakteristisch für die Ludwigshafener Magnetbänder werden sollte,¹⁸¹⁹ da es große Pigmentmengen binden konnte.¹⁸²⁰ Das als Lösungsmittel zunächst benutzte Cyclohexanon wich später dem Tetrahydrofuran (THF), seit 1941 mit etwa 10 Tonnen pro Monat gefertigt und bald in großen Mengen verfügbar.¹⁸²¹

Der chemische Teil des Auftrags war also recht schnell abgearbeitet, umso langwieriger war die Arbeit am mechanischen Teil, dem Transport der Folie durch die Gießvorrichtung. Robl und sein Laborant, der hochqualifizierte Chemotechniker Wilhelm Godel,¹⁸²² gewieft im „Umfunktionieren“ der gängigen Laborausstattung auch für solche Aufgaben, ackerten sich ohne Hilfe eines Mechanikers oder Maschinenbauers durch den Komplex „von den ersten Beschichtungsversuchen mit einer Lackiermaschine für Eisenbleche über eine Druckmaschine in der Werksdruckerei, nachher zur Spritzpistole in der Lederfärberei und schließlich zu einer aus Glasstäben und Laborstativen zusammengebauten Beschichtungsapparatur.“

Jacqué machte zwar rasch Fortschritte beim Kalandrieren der Luvithermfolie, aber sie war, verglichen mit der vollkommen glatten Oberfläche der Celluloseacetat-Folie, doch merklich schwieriger zu begießen: die Dicke schwankte periodisch (aufgrund von Walzen- oder Lagerfehlern beim Kalandrieren), oft hatte sie Falten und Höcker, schließlich, als nahezu lebenslanges Handicap, auch Löcher. Godels Ausweg aus dem Dilemma: er führte die 10 cm breite Versuchsfolie über den Scheitel eines sandgefüllten Glaszylinders, so dass sie faltenfrei unter dem Kastengießer „mit einer besonderen Vorrichtung, die auch die Dicke der Folie berücksichtigte“, durchlief. Der Glaszylinder rotierte auf einem „Rollbett“,¹⁸²³ ebenso der unbeschichtete Folienwickel und der beschichtete „Block“. Die Qualität der Probefolien, kaum länger als 25 – 30 m, lag nach den Messungen der Magnetophon-Prüfstelle

nur knapp unter der Richtschnur-Charge 368, sie waren also dem Masseband deutlich überlegen. Folgerichtig ließ Pflaumer die Versuche fortsetzen.

Zur Zeit der Explosion vom 29. Juli 1943 war also im Labormaßstab die Beschichtung der Luvitherm-Folie gelöst, als Produkt genannt Magnetophonband Typ LG (L von Luvitherm, G von Guss). Als nächster Schritt stand die Technikums-Phase an.

Entwicklungsprojekt 3 „schlägt ein“

Von erfolglosen Versuchen in Sachen Magnetophonband ist naturgemäß wenig bekannt, und so ist auch das folgende Experiment, nur von Robl überliefert, nicht einmal datierbar (vermutlich vor dem 29. Juli 1943). Ein Kollege, der gelegentlich Entwicklungsaufträge aus dem Magnetophon-Gebiet ausführte, wollte eine Mischung aus PVC-Pulver und Fe_2O_3 in einer Strangpresse aufschmelzen und aus ihrem Mundstück ein „Masseband“ spritzen, und zwar gleich in Soll-Breite und -Dicke, was

... ein sehr einfaches und elegantes Fabrikationsverfahren gewesen wäre. Leider führte dieser Weg nicht zum Ziel. Bei einem Versuch reagierte das unter einem sehr hohen Druck in der Presse stehende Gemisch explosionsartig, wobei der vordere Teil der Presse mit dem Mundstück sich ähnlich einem Granat[en]splitter tief in die gegenüberliegende Wand eingrub. Glücklicherweise kam dabei niemand zu Schaden.¹⁸²⁴

Wenn man so will, ist dies die Langfassung der zweiten Alternative aus Pflaumers Liste neuer Verfahren „wie z.B. walzen, spritzen, drucken“.¹⁸²⁵ Robl schildert freilich nicht, wie das Labor nach diesem Debakel ausgesehen hat. So kurios dieses „Bandnudelverfahren“ auch erscheinen mag, war doch in Wolfen die gleiche Idee ebenfalls erörtert worden (siehe oben), und ein kleiner Fotofilmhersteller ließ sich 1958 den dritten Aufguss sogar patentieren.¹⁸²⁶ Danach verschwindet das „gespritzte“ Magnetband, diesmal allerdings geräuschlos.

Eine Explosion zerstört die Magnetophonbandfabrik (29. Juli 1943)

Am Donnerstag, dem 29. Juli 1943, einem heißen Sommertag mit Temperaturen um 31 °C, stand längere Zeit auf einem Eisenbahngleis nahe der Magnetophonbandfabrik ein 200 m langer Rangierzug aus Kessel- und Kohlewagen. Gegen 17:53 h hörten Aniliner zuerst einen leichten Knall und danach ein lautes Zischen, eine weiße Wolke stieg hoch auf, am Boden breiteten sich Flammen aus – und dann explodierte ein mit verflüssigtem Butadien betankter Kesselwagen mit ungeheurer Wucht.

Innerhalb von Sekunden versank ein ganzer Werksteil in einem Inferno. Was die Druckwelle der Explosion eingerissen hatte, stand kurz darauf in Flammen. Vierundsechzig Frauen und Männer waren sofort tot oder starben in den nächsten Wochen, unter ihnen wenigstens sieben Zwangsarbeiter. 526 Verletzte mussten versorgt werden.¹⁸²⁷ Das Unglück geschah kurz vor dem Schichtwechsel (18:15 h), dem denkbar folgenreichsten Zeitpunkt, weil in vielen Betrieben praktisch die doppelte Belegschaft anwesend war. Kein Bombenangriff auf das Werk hatte jemals so viele Menschenverluste zur Folge.¹⁸²⁸ Die Druckwelle und Brände richteten noch in 200 m Umkreis schwerste Zerstörungen und Schäden an.¹⁸²⁹ Von der Magnetophonbandfabrik, gerade 100 m vom Explosionsherd entfernt, blieben nur verbogene Stahlträger und Schutthaufen übrig, vier Tote waren zu beklagen,¹⁸³⁰ darunter „eine dienstverpflichtete ukrainische Arbeiterin“¹⁸³¹ – vermutlich war ihr Name Odarka Zaika.¹⁸³² Wie es anderen Mitarbeitern erging, ist nicht bekannt geworden.¹⁸³³

Aus dem Schutt der Magnetophonbandfabrik sollen später noch Schneidemaschinen und Umspultische ausgegraben worden sein, doch der größte Teil des Gerätebestands war verloren, ebenso vermutlich die Hauptmenge der „Rekordproduktion“ von zehntausend Bändern seit Anfang Juli. Es mag zynisch klingen, aber Magnetophonband Typ C ist eines der wenigen Produkte, dessen Fertigungsende in Ludwigshafen, und damit auch das Ende der Alleinstellung des Werkes, auf die Minute genau bekannt ist.

Dieses „zivile“ Desaster mitten im Zweiten Weltkrieg wurde geheim gehalten,¹⁸³⁴ offensichtlich auf amtliche Anordnung, und wo Ursache und Ausmaß bekannt waren, bediente man sich verschleiender Umschreibungen, wie in einem internen Rundschreiben der RRG: „Durch eine mit den Kriegseinwirkungen nicht zusammenhängende Ursache ist die Magnetofonfilmfabrik zu Schaden gekommen und zur Zeit nicht funktionsfähig.“¹⁸³⁵

Was war in der ersten Augustwoche 1943 von der Magnetophonband-Fertigung noch übrig, und wie ließ sich die Produktion fortsetzen? Funktionsfähig waren die Produktion des Magnetpigments und des Vinoflex MP 400, die Pigmentaufbereitung und die Prüfstelle der Elektrowerkstatt, außerdem Jacques Luvitherm-Anlage sowie das Mühlenlabor, wo Robl mit der Labor-PVC-Begießmaschine experimentierte. Alles in allem war die Magnetophonband-Fertigung insgesamt zwar schwer getroffen, aber nicht völlig zum Erliegen gekommen, hatte doch auch die Wolfener „Versuchsfertigung“ Erfolg gehabt. So blieben drei Wege zum Weiterarbeiten offen:

- die offizielle Aufnahme der Magnetbandfabrikation in Wolfen
- der Produktionsstart des Massebandes auf Basis von PVC in Ludwigshafen (Seite 231)
- die beschleunigte Entwicklung des Schicht-Magnetbandes auf PVC-Trägerfolie (Seite 233)

Es sollte daran erinnert werden, dass in den letzten Julitagen 1943 Hamburg nach Luftangriffen englischer und amerikanischer Flugzeuge einem Feuersturm ausgesetzt war, der 40.000 Menschen das Leben kostete und weite Teile der Stadt zerstörte – „die Spuren sind bis heute sichtbar.“¹⁸³⁶

Produktion in Wolfen: Magnetophonband Typ C (bis 1945)

Hans Friedrich Nissen hatte schon zu Recht festgestellt, dass die mittlerweile stabil laufende Pigmentproduktion in Ludwigshafen großzügig ausgelegt und voll lieferfähig war,¹⁸³⁷ und so gab es bis 1946 weder Probleme noch Anstände, Wolfen mit Fe_2O_3 , der wichtigsten Komponente der Magnetbandfertigung, zu beliefern. Wenn auch nicht ganz unvorbereitet, sahen sich die Wolfener in die Produktverantwortung doch gewissermaßen hineinkatapultiert, zogen sich aber achtbar aus der Affäre. Damit war auch der Filmfabrik Wolfen der Start in die kommerzielle Magnetbandproduktion geglückt.

Wann und wie haben wohl die RRG-Techniker in Berlin von der Ludwigshafener Katastrophe erfahren? Erste Folge für sie war, dass sie einen Großteil ihres Magnetbandbedarfs in Wolfen bei John Eggert und Hans Friedrich Nissen decken mussten; Verhandlungen über Lieferpläne, Abnahmebedingungen und Messverfahren traten an die Stelle eher kollegialer Diskussion von Versuchsergebnissen. Das „Hochfahren“ der Produktion war natürlich Wolfener Sache. Nur hätte die Agfa-Messtechnik ohne Hilfe von der RRG nicht mithalten können, denn mit dem vorhandenen Gerätebestand war an die Qualitätskontrolle von 3.500 Bändern (zu 1.000 m) pro Monat nicht zu denken, waren dazu doch wenigstens 170 Bänder aufwendig zu messen. Das Elektrolabor Ludwigshafen konnte keine Messgeräte abgeben, da ihm Jacqué schon Anfang August größere Versuchsmengen „Luvitherm-Magnetophon-Bänder“ anlieferte und auch die Robl'schen Bandgieß-Versuche auf zügige Rückmeldung angewiesen waren.¹⁸³⁸

Ende August 1943 ging in Wolfen ein Magnetophon K 4, umgerüstet auf Hochfrequenz-Vormagnetisierung, in Betrieb, auf dem Walter Weber in der zweiten Septemberwoche zusammen mit Nissen die Kopierdämpfung diverser Bänder untersuchte, wobei die Wolfener Produktion nicht schlechter als die aktuelle Lieferung aus Ludwigshafen abschnitt. Mitte November bekamen die Wolfener Magnetbandproduzenten die Genugtuung, dass bei ihrem Produkt laut Magnetophon G.m.b.H. „die elektrischen Werte allen Anforderungen weitgehend genügen und dass die vorhandenen Schwankungen überraschend klein sind“ – Wolfener Gießqualität mit Ludwigshafener Magnetpigment hatten den Anschluss geschafft. Auffallend ist, dass Wolfen zunächst überwiegend 500 m lange Bänder auf 20 cm-Spulen liefern sollte: vordringlich muss also der Bandbedarf der Propagandakompanien für den Tonstreicher gewesen sein.¹⁸³⁹

Wolfen war zuversichtlich, die auf 3.000 km pro Monat angesetzte Magnetophonband-Kapazität bis Dezember 1943 erreichen zu können. Insgesamt blieb aber die Magnetband-Fertigung weit hinter der Nachfrage zurück: die RRG wünschte pro Monat 7.000 km, die Wehrmacht 3.000 km, andere Dienststellen wollten weitere 1.000 km haben, und diesen 11.000 km standen nur die Wolfener 3.000 km sowie 3.000 bis 4.000 km „Luvithermfilm“ gegenüber, den Ludwigshafen zu fertigen hoffte – also eine Nachfrage-Deckung von zunächst nur 50 %. – In der „Geschichte der Magnetband-Fabrikation in der Filmfabrik Wolfen 1943 - 1963“ heißt es:

1943 wurde eine Ausweichproduktion der Filmfabrik Wolfen eingerichtet mit Hilfe von 2 alten Köbig-Gießmaschinen mit 14 m-Band des Baujahres 1910. Diese Maschinen laufen heute [1963] noch. Der benötigte Magnetit wurde ausschließlich von Ludwigshafen hergestellt. In Wolfen wurde lediglich in Nitrocellulose suspendiert (sog. Farblack) und in einem Arbeitsgang auf die gleichzeitig hergestellte Unterlage aus F-Cellit vergossen. ...Zur Prüfung der Produktion wurde ... mit Unterstützung des Rundfunks eine Prüfstelle eingerichtet. Diese wurde DI Nissen übertragen. ... 1944 betrug die Produktionsmenge 31 300 km Band.¹⁸⁴⁰

Produktion Ludwigshafen: Magnetophonband Typ L (1943 ff.)

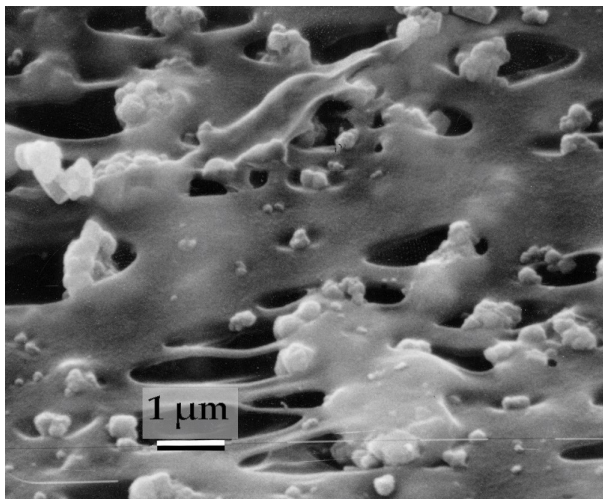


Abbildung 236: Elektronenmikroskop-Bild von Eisenoxid Fe_2O_3 in der Beschichtung des Magnetophonbandes Typ L, des ersten, seit 1943 gefertigten Massebandes auf Luvitherm-Basis. Kubische Pigmentform und das „Bindemittelgerüst“ PVC sind gut zu erkennen.

Gewissermaßen im Gleichschritt mit der Wolfener „Versuchsfertigung“ des Magnetophonbands Typ C hatte Heinrich Jacqué auch das Masseband Magnetophonband Typ L (von Luvitherm) bis nahe an die Produktionsreife entwickelt, als der 29. Juli 1943 auch ihn vor die Aufgabe stellte, so bald wie möglich etwa die Hälfte der bisher gefertigten Magnetband-Menge herzustellen. Jacqué schaffte auch das fast im gleichen Tempo wie Wolfen: im Oktober 1943 konnte er die ersten Produktionen abliefern, und gegen Jahresende war das Monats-Ziel von 3.000 – 4.000 Bändern (je 1.000 m) erreicht, vermutlich sogar überschritten (siehe unten). In dieser Zeit soll es es auch gelungen sein, bis zu 60 % des Magnetbandquerschnitts mit Magnetbandpigment zu füllen.¹⁸⁴¹

Überschlägig enthielt das Masseband pro Flächeneinheit etwa die gleiche Menge Magnetpigment wie der Typ C (bei dem das Oxid auf eine nur 20 µm dicke Schicht konzentriert war), aber es verteilte sich auf den gesamten 50 µm x 6,5 mm großen Querschnitt. Aus der Theorie ist leicht abzuleiten, dass das Masseband daher weniger „empfindlich“ sein muss als das Schichtband.

Eine Veröffentlichung von 1954 gibt -8 dB an (das wäre ein Rückgang um 60 %), was die Reserven der Magnetophon-Verstärker wohl noch ausgleichen konnten. Diesen Mangel machte aber die rund 10 dB größere Dynamik wett,¹⁸⁴² zuzuschreiben vor allem der wesentlich glatteren Oberfläche des Massebandes. Alles in allem waren diese ersten „Einschichtbänder“ eine zeitbedingt durchaus brauchbare Ausweichlösung. RRG-Techniker fürchteten freilich einen Unterschied: wenn ein C-Band riss, dann ohne Verdehnung sauber und senkrecht zur Laufrichtung; L-Band splitterte dagegen eher diagonal, und das bis zu einer Länge von 20 cm. Eine solche Stelle zu reparieren, war eine ungeliebte, langwierige Arbeit.¹⁸⁴³



Abbildung 237: Das Hotel zum Odenwald, Wald-Michelbach. Im Obergeschoss des rechten Gebäudeteils war von 1944 bis 1948 die „Magnetophonbandfabrik Waldmichelbach i. Odw.“ untergebracht

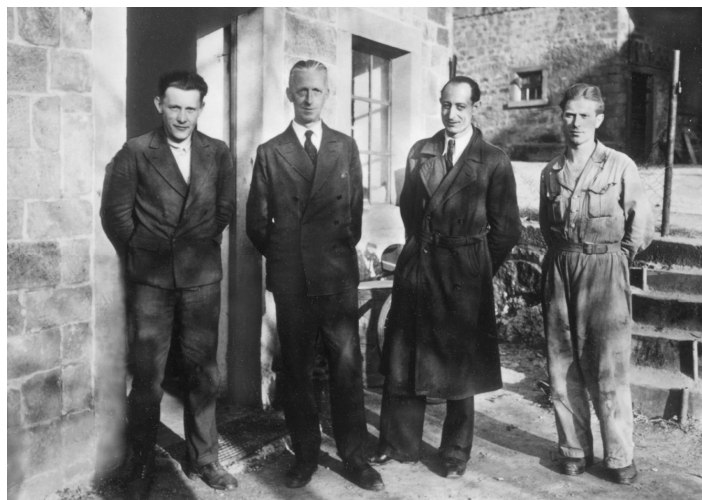


Abbildung 238: Friedrich Matthias (zweiter von links) und Mitarbeiter vor dem Garagen-Anbau der Firma Koch, Aschbach: links Otto Vondano, neben Matthias Karl Hacker (im Mantel) und Georg Heim.

Magnetophonband-Konfektionierung wird nach Wald-Michelbach verlagert

Es sind kaum Unterlagen darüber aufzufinden, wie die Magnetband-Produktion nach dem 29. Juli 1943 im Einzelnen weiterlief, insbesondere, wann und aus welchen Gründen sie nach Wald-Michelbach im Odenwald verlagert wurde, einem größeren Dorf mit Bahnanschluss, etwa 45 km von Ludwigshafen entfernt. Was schon im Mai 1943 das Rüstungskommando Ludwigshafen dringlich verlangt hatte,¹⁸⁴⁴ nämlich die Fertigung sofort zu verlagern, um keine Verluste durch Luftangriffe zu riskieren – „die Herstellung von Magnetophonbändern [ist] eine einzigartige Fertigung von besonderer Kriegswichtigkeit. Notverlagerung durch Ausweichplanung erscheint nicht ausreichend“ – war nach der großen Explosion unumgänglich geworden, denn auch die Jacqué’schen Masseband-Blöcke wollten ja geschnitten, geprüft, umgespult, verpackt und versandt sein – und die ersten dieser Bänder waren bereits im Oktober 1943 abgeliefert.

Wie auch immer und nach welchen Zwischenlösungen: im Sommer 1944 war im Tanzsaal des Gasthofs oder Hotels „Zum Odenwald“¹⁸⁴⁵ die „Magnetophonbandfabrik Waldmichelbach i. Odw.“ als Konfektionierbetrieb der Berliner Magnetophon G.m.b.H. unter Leitung ihres zweiten Geschäftsführers Friedrich Matthias in Betrieb. Das Ludwigshafener Elektrolabor hatte den Techniker W. Weber abgestellt, um ortsansässige Arbeitskräfte einzuweisen oder anzulernen. Halbfabrikate kamen von der Luvitherm-Anlage, anfangs sogar aus Wolfen.¹⁸⁴⁶ Doch da die Filmfabrik selbstverständlich leistungsfähige Schneidemaschinen besaß und die Technologie beherrschte, dürften ihre Bänder bald auf kurzem Weg zur Magnetophon G.m.b.H. Berlin gegangen sein. Ab Februar 1945 konnte sich der Wald-Michelbacher Betrieb schließlich mit Recht „Magnetophonbandfabrik“ nennen, da mittlerweile die Gießmaschine in Aschbach produzierte und die „Blöcke“ auf Handkarren zum Konfektionieren schickte.

Das Kriegsende scheint auch in Wald-Michelbach vergleichsweise erträglich abgelaufen zu sein, als amerikanische Truppen am 28. März 1945 einmarschierten, wenn sie auch den Betrieb von Anfang April bis Anfang Mai schlossen und niemanden in die Betriebsräume ließen;¹⁸⁴⁷ es scheint möglich, dass diese Aussperrung erst auf Initiative von John Herbert Orr (Seite 291) wieder aufgehoben wurde.¹⁸⁴⁸ Erhebliche Schäden wurden allerdings „polnischen Zivilisten“ zugeschrieben, vermutlich freigegebenen Zwangsarbeitern, Kriegsgefangenen oder „displaced persons“. Etwa 5.500 unkonfektionierte Magnetophonbänder Typ L und „2742 kg Magnetophonband Blöcke“¹⁸⁴⁹ unbekannten Typs waren zerstört oder gestohlen,¹⁸⁵⁰ bevor der Betrieb wieder freigegeben wurde.¹⁸⁵¹ – Später entschied das Besatzungsamt beim Landrat Heppenheim, „dass die ... Schäden zumindest zu einem grossen Prozentsatz durch Deutsche verursacht wurden, die mit den Polen befreundet waren und dort ein- und ausgingen.“¹⁸⁵²

Hauptlaboratorium Ludwigshafen wird nach Gendorf verlagert

Über die Fertigungsgeschichte des Magnetophonband Typ L zwischen 1943 und 1946 gibt es nur wenige Originaldokumente; vielleicht lief die Produktion tatsächlich ohne größere Probleme. Allerdings mündet seine Historie zusehends in die allgemeine Geschichte des Werks und der Stadt Ludwigshafen, mehr und mehr bestimmt von Luftangriffen, den hektischen Produktionssteigerungen und Lebensumständen, die Goebbels als „totalen

Krieg“ angekündigt hatte: Von 65 Luftangriffen, die allein dem Werksgelände galten (zwischen dem 3. Juni 1940 und 15. März 1945 waren es 124 auf Stadt und Werk), ereigneten sich 47 nach dem 29. Juli 1943, und wenn bis Ende 1942 meist nur „*einzelne*“ oder „*wenige*“ Flugzeuge beteiligt waren, kamen sie nun oft zu Hunderten (nach Schätzungen warfen während der großen Tagesangriffe am 19. Oktober 1944 etwa 800 Maschinen, am 1. Februar 1945 noch 700 Flugzeuge Bomben über dem Werk ab).

Wie schon skizziert (Seite 225), begann um die Jahreswende 1943 / 1944 die Verlagerung besonders gefährdeter Betriebe. Im Februar 1944 fiel die Entscheidung, wichtige Produktionen in das gut 400 km entfernte Gendorf in Oberbayern zu verlegen,¹⁸⁵³ Startsignal für die wohl größte Aktion dieser Art. Anfang März bemühte sich Hans Fikentscher erfolglos, die unersetzliche Luvitherm-Anlage, damit auch die aktuelle Ludwigshafener Magnetbandfertigung, in die Steinbachmühle bei Neckarzimmern (nur rund 65 km von Ludwigshafen entfernt) auszulagern: doch hatten Verwaltungsdienststellen die Gebäude kurzerhand requiriert, als im Neckartal eine Flugzeug-Motorenfertigung aus dem Boden gestampft werden sollte.¹⁸⁵⁴ Im Spätsommer 1944 setzte dann der Exodus in das Werk Gendorf voll ein.¹⁸⁵⁵ Paul Friedmann gehörte zu einer Vorausabteilung, die sich um Elektrizitätsversorgung und -installationen zu kümmern hatte.

Der ganze Umzug, ein Fuhrer von etwa 140 Waggonladungen, war per Bahn zu bewältigen, da LKW-Transporte dieses Ausmaßes nicht mehr genehmigt wurden. Im September und Oktober zeigte eine Serie heftiger Bombenangriffe auf Stadt und Werk Ludwigshafen deutlich genug, wie kritisch die Kriegslage war. Die Geschehnisse in Frankreich (nach der Invasion vom Juni 1944) sorgten vor allem im Westen für unentwirrbare Staus auf den Eisenbahnstrecken, besonders auf den völlig überlasteten Verschiebebahnhöfen,¹⁸⁵⁶ wo jeder Luftangriff auf blockierte Güterzüge unwiederbringliches Material hinwegfegte. So gingen schon auf den Bahnhöfen Mannheim und Mühlendorf reihenweise Waggonladungen mit Hauptlabor-Gut verloren.¹⁸⁵⁷ Als gegen Jahresende 1944 „*die Verschiebebahnhöfe in das Zentrum der britischen und amerikanischen Luftoffensiven rückten, brach das Transportsystem der Reichsbahn ... schlechthin zusammen.*“¹⁸⁵⁸

Die Luvithermanlage hat offenbar bis kurz vor ihrem Abtransport mit voller Leistung gearbeitet (soweit nicht die Energieversorgung nach Fliegerangriffen ausfiel), jedenfalls sprechen dafür fast 3.000 Magnetophonband-Blöcke (etwa 90.000 Bänder), die in Wald-Michelbach Anfang Mai 1945 auf das Schneiden, und weitere 5.500 geschnittene Magnetophonbänder, die auf das Konfektionieren warteten.¹⁸⁵⁹ Der Vorrat an unbeschichteter Luvitherm-Folie reichte sogar bis 1947.¹⁸⁶⁰

In der kavernenartigen Gendorfer Kraftwerkszentrale war schon ein geeigneter Aufstellplatz für die massige Luvitherm-Anlage gefunden, doch der Transport verzögerte sich bis Ende Dezember, als zuerst die Breitstreck-Maschine versandt werden konnte. Das war schon fast zu spät, denn am 6. Januar 1945 traf eine Bombe, zerstörte eine Umspulmaschine und eine Rollen-Schneidemaschine, ließ aber den Hauptteil der Luvitherm-Anlage unbeschädigt, ebenso die Steueranlage mit den damals unersetzlichen Spezialrelais. Am 18. Januar 1945 schlug erneut eine Bombe in nächster Nähe der Anlage ein. Endlich, am 2. Februar 1945, gingen die Hauptteile per LKW nach Schwetzingen, lagerten dort anscheinend mehr als vier Wochen, bis sie Anfang März auf zwei Güterwagen auf die Reise gingen und gegen Ende des Monats in Gendorf eintrafen.¹⁸⁶¹ Anfang Juni 1945 war dort die Luvithermanlage wieder in Betrieb.¹⁸⁶²

Ende Oktober 1945 schickte Ludwigshafen zwei Tonnen, Ende November weitere vier Tonnen „*Magnetitwalzmischung*“ nach Gendorf, aus denen Jacqué unter erheblichen Schwierigkeiten – im Material fanden sich Drahtstücke, Nägel und Metallsplitters, wer weiß welcher Herkunft – etwa 4.500 kg „*Magnetherm*“-Folie¹⁸⁶³ wälzte¹⁸⁶⁴ und die Blöcke nach Wald-Michelbach schickte, wo daraus schätzungsweise 7.500 Massebänder geschnitten wurden. Gegen Ende Januar 1946 wurde das Werk Gendorf faktisch stillgelegt,¹⁸⁶⁵ und damit endete hier die Produktion des Magnetophonband Typ L, des ersten Masseband-Typs.

In Gendorf liefen bestenfalls einige Betriebe notdürftig weiter. Vermutlich gehörte auch die Luvithermanlage dazu, jedoch nur, um „*seefeste*“ Verpackungsfolien zu liefern¹⁸⁶⁶ – ein versteckter Hinweis auf die anlaufende Demontage des Werks. Gendorf konnte zwar einen eingeschränkten Betrieb im Sommer 1946¹⁸⁶⁷ wieder aufnehmen, doch sind keine Dokumente bekannt, die über die weitere Produktion der Luvithermfolie Auskunft geben. Zumindest ab 1948 scheint die Fertigung wieder möglich; sie bildete für die nächsten sieben Jahre den Grundstock der Genoton-Magnetbandfabrikation (dazu Näheres auf Seite 342 ff.)

Magnetophonband Typ LG: Entwicklungsfortschritte

Als Rudolf Robl im Februar 1943 die Luvitherm-Schichtband-Entwicklung aufnahm (zehn Jahre nach den ersten Magnetophonband-Versuchen in Ludwigshafen), konnte er angesichts seines Erfahrungswissens annehmen, in wenigen Monaten Ergebnisse präsentieren zu können. Dass er trotzdem erst im Februar 1945 praxistaugliche Bänder ablieferte, ist nur mit den Zeitumständen zu erklären. Natürlich wären die Arbeiten viel schneller fortgeschritten, hätten Robl und Godel die Entwicklungsarbeit nicht praktisch allein leisten müssen; ein Maschinenbauingenieur, Fachrichtung Druckmaschinen, wäre eine große Hilfe gewesen. Aber die Zeitumstände – so der Luftangriff im April 1943 und die Explosion im Juli 1943 – banden die gesamte Ingenieurskapazität des Werks, und Robl musste schon froh sein, dass ihn eine Betriebswerkstatt kräftig unterstützte.¹⁸⁶⁸

Besonders bedrohlich wurden jetzt die Bombenangriffe mit ihrem gespenstischen Begleitritual von Alarmen, Betriebsunterbrechungen und Bunkeraufenthalten. Schließlich mussten die Schichtband-Versuche in den Keller

eines am 17. April 1943 stark von Bomben beschädigten Baus umziehen. Vom Befinden der Menschen einmal abgesehen, hieß das: Zeitverluste, Materialverluste, Beschaffungsprobleme. So stellte Wilhelm Godel Keilriemen für seine Versuchsmaschine aus Baumwollstreifen von Filtertüchern, Gummi und Vulkanisier-Hilfsmitteln aus der Kautschukfabrik selbst her – was sonst in Stunden beschafft war, dauerte jetzt Tage. Was bei 10 cm breiter PVC-Folie nicht störte, machte Probleme, sobald Godel auf die 32 – 38 cm breiten „Betriebsfolien“ überging. Für eine gute Schichthftung unverzichtbare Dispersions-Komponenten erweichten die Folie, und da sie natürlich auf Zug beansprucht durch die Gießapparatur lief, dehnte sie sich, schnürte seitlich ein, und die frisch beschichtete Bahn geriet außer Kontrolle. Eine weitere Frage: wie sollte, bei praktikabler Gießgeschwindigkeit, die noch feuchte Schicht trocknen? Bei der „alten“, recht langsamen Gießmaschine war der Trockentunnel gut 12 m lang, aber wie war eine eher längere Trockenstrecke auf beschränkter Grundfläche unterzubringen?

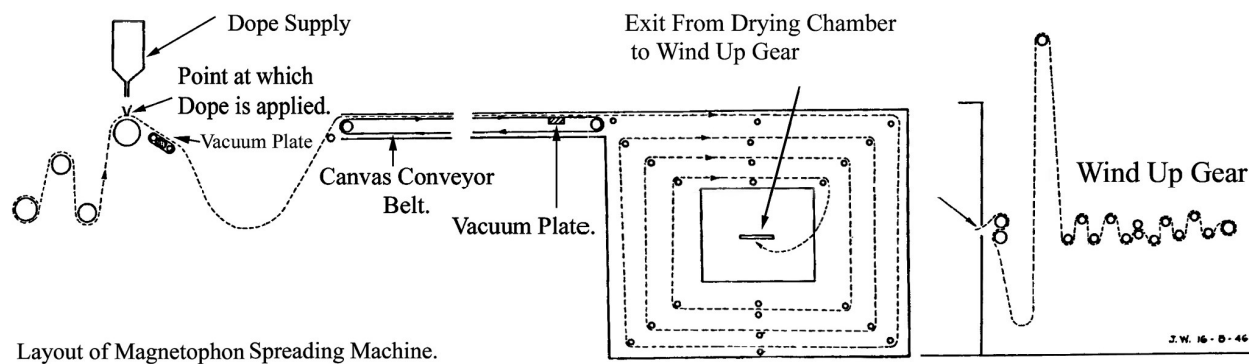


Abbildung 239: Der „pneumatische Ziehtisch“ (vacuum plate) und der Spiraltrockner (drying chamber) der Gießmaschinen von 1943 / 1945 (zunächst in Ludwigshafen, dann in Aschbach aufgebaut) und 1946 (Neubau in Ludwigshafen).¹⁸⁶⁹

Die Antwort gab ein Katalog der Firma Koebig, Radebeul (Seite 122). Der Lieferant der ersten Gießmaschine besaß Patente auf Spiraltrockner, das sind Trockeneinrichtungen, die auf kleiner Grundfläche mittels vieler angetriebener Umlenkrollen eine Art Rechteckspirale bildeten, aus deren Zentrum die Papier- oder Folienbahn (nach Umlenkung um 90°) herausgezogen wurde.¹⁸⁷⁰ Robl war in der Papierabteilung des Werks Ludwigshafen auf einen „pneumatischen Ziehtisch“ gestoßen, der sich für den Folientransport anbot. Aller Wahrscheinlichkeit nach stammte auch diese Vorrichtung zur „Beförderung von nassen und trockenen Papier- oder Stoffbahnen“¹⁸⁷¹ aus dem Hause Koebig: Ein breites, luftdurchlässiges, „endloses“ Transportband wird über zwei oder drei Rollen geführt. Auf der nach oben gerichteten Teillänge gleitet dieses Transportband über eine starre, vielfach gelochte Metallplatte, von deren Rückseite her Luft abgesaugt wird. Eine Folie, die auf dem Transportband aufliegt, wird so auf ihrer gesamten Breite „getragen“, schonend transportiert und schnürt (im Idealfall) nicht ein. Bei PVC-Folien blieben die Resultate des „Reckens“, beachtliche Festigkeit bei großer Schmiegsamkeit, erhalten.

Ein Koebig-Mitarbeiter (vermutlich Chefsingenieur Wilhelm Bartsch) bestätigte, dass sich Spiraltrockner und Ziehtisch auch für das Luvitherm-Schichtband eigneten; leider war es der Radebeuler Firma angesichts der Zeitumstände unmöglich, eine solche Maschine für Ludwigshafen zu bauen. Wie es aber der Zufall wollte, lieferte Koebig gerade ein Dutzend Fotopapier-Beschichtungsmaschinen an Wolfen aus, und ein letztes Exemplar war nach den Probelaufen noch nicht für den Versand demontiert. Robl und Godel, nach Dresden eingeladen, konnten auf dieser Maschine vielversprechende Versuche fahren. Koebig bot eine Lizenz zum Bau der Maschine an, doch das zerschlug sich aus unbekanntem Grund. Immerhin hatte das Ludwigshafener Duo so viel „know how“ gewonnen, dass eine Betriebswerkstatt eine erste (Koebig sicher vielfach verpflichtete) Maschine bauen konnte. Nach vielen kleinen Verbesserungen gelang es, bis zu 100 Meter Folie fehlerfrei zu beschichten; solche Fortschritte waren schon deshalb willkommen, weil nach jedem Bandriss der ganze, mit halbfester Dispersion verschmierte Trockenschränk zu reinigen und die Folie neu einzuziehen war. Diese Versuche lassen sich vorsichtig auf Spätsommer 1944 datieren. Immer wieder einmal von Luftalarmen unterbrochen, brachten sie keine wesentlichen Fortschritte.

Magnetophonband-Verlagerung nach und -Fertigung in Aschbach

Den Hauptgrund, die Maschine im Spätherbst 1944 zu verlagern, lieferten verständlicherweise die immer stärkeren Luftangriffe auf Stadt und Werk Ludwigshafen. Zudem war die Magnetophonbandfabrik in Wald-Michelbach mittlerweile in Betrieb, und so traf es sich gut, dass im Dorf Aschbach, zwei Kilometer „hinter“ Wald-Michelbach, ein 8 x 4 m großer Nebenraum einer LKW-Garage leer stand. Dem Aufstellungsplan nach zu schließen, von Wilhelm Godel am 20. Oktober 1944 gezeichnet, waren um diese Zeit ein längeres Elektrokabel, Dampf- und Wasserleitungen verlegt und eine Zwischendecke eingezogen. Die Gießmaschine, eine kleine Mühle und ein Rührkessel zum Ansetzen der Dispersion trafen im Dezember 1944 in Aschbach ein.¹⁸⁷² Das Magnetmaterial kam, wie in der Frühzeit des Magnetophonbandes, als Walzmasse in 50-Liter-Kannen aus Ludwigshafen (später sollen es Milchkannen gewesen sein), ebenso auch die Lösungsmittel und andere Chemikalien.

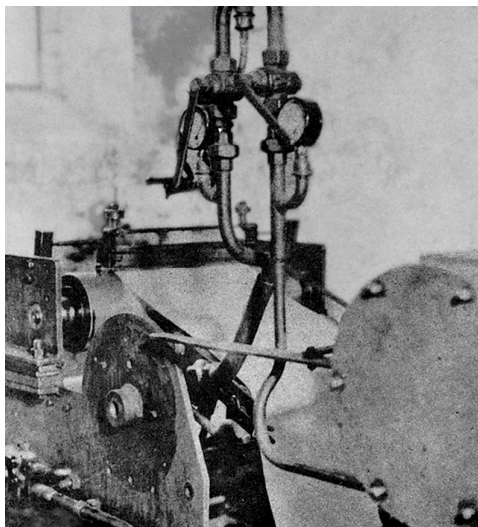


Abbildung 240 (LINKS): Der Gießerteil der Gießmaschine für das Magnetophonband Typ LG. Die Gießwalze ist ganz links im Bild zu erkennen, darüber der Gießer. Die Apparatur war in einem Nebenraum der LKW-Garage der Firma Koch, Aschbach im Odenwald, aufgebaut. Das Bild ist nur noch als schlechte Reproduktion vorhanden.¹⁸⁷³

Abbildung 241 (RECHTS): Der Trockentunnel der Aschbacher Maschine. Im Bild hinten, im rechten Winkel abgesetzt, die Aufwickelstation.

Mit ganzen fünf Mann brachte Robl Schritt für Schritt, Guss für Guss, die Magnetophonband-„Fabrik“ Aschbach zum Laufen. Die Maschine musste immer wieder umgebaut oder repariert werden. Godel hatte sich Zugang zu einem Lager mit Beutegut verschafft und „organisierte“ amerikanische Kugellager für die Gießwalze. In einem Nachbardorf fand er eine mit Drehbänken, Fräsmaschinen und sonstigem Gerät ausgestattete Werkstatt, die zwar dem Heereswaffenamt unterstand, ihn aber übers Wochenende die anfallenden Präzisionsarbeiten erledigen ließ. Ab Februar 1945 lieferte die Maschine bei 4,2 m/min Gießgeschwindigkeit (um $\frac{2}{3}$ schneller als die „alte“ Gießmaschine) pro Tag zwei 1.000 m lange „Blöcke“, die in Wald-Michelbach in jeweils 40 Bänder geschnitten wurden. Pro Monat verließen Aschbach also rund 2.000 Bänder in durchaus zufriedenstellender Qualität. Heinrich Jacqué hatte vor dem Abtransport der Luvitherm-Anlage nach Gendorf noch genügend L-Band-Blöcke wie auch unbeschichtete Folie produzieren können, so dass Konfektionierung in Wald-Michelbach und Produktion in Aschbach einstweilen weiterlaufen konnten. Die Magnetophonbandfabrik lieferte also das Schichtband Typ LG und das Masseband Typ L zeitweise gleichzeitig.¹⁸⁷⁴

Die präziseste Beschreibung der Aschbacher Maschine (dem Vorbild der beiden Ludwigshafener Maschinen vom Baujahr 1946 / 1947) und ihrer Funktionsweise findet sich in dem britischen Bericht „*The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System*“:

The sheet coating plant is about 10 metres long and 1 metre wide, consisting of a series of rollers for handling long lengths of sheet. At the input end there is a spreading device with a bridge piece for levelling off the coating of oxide mixture to a constant thickness. The mixture is held in a hopper and is kept constantly mixed by means of a small motor-driven paddle right up to the moment of trickling into a trough located immediately above the sheet. The thickness of deposit is .015 mm. ... The coated sheet is drawn through a 5-metre long tunnel, through which a current of hot air (about 25° C <sup>sic>) is constantly drawn, at a velocity of 5 cm/sec. (taking five hours to run through 1 kilometre length).

The tunnel opens out into a large chamber about 2 metres square to form the final drying stage. About 16 metres of sheet are spirally wound round little rollers in about four turns, starting from the outside and working inwards, the sheet debouching from the centre of the chamber at right-angles to the main tunnel through a narrow slit, after which it is wound up on a bobbin driven by a slipping clutch. There are thus about 20 metres of sheet in the drying tunnel and chamber at any time, each portion of the sheet taking about 6 minutes to pass through completely. ...

The coated sheet is then taken to the village of Wald Michelbach to another shed where it is slit into strips 6.5 mm. wide, some 40 strips being cut from the sheet at a time by circular rotating knives on paper slitting machine.¹⁸⁷⁵

Am 28. März 1945 erreichten amerikanische Truppen Wald-Michelbach und Aschbach, glücklicherweise ohne destruktiven Widerstand brechen zu müssen. Übereinstimmend berichten Wilhelm Godel und Rudolf Robl, nach einigen Wochen sei Hans Joachim von Braunmühl in Begleitung *amerikanischer* Offiziere in Aschbach erschienen und habe angeboten, die komplette Magnetophonband-Fabrik nach Bad Homburg vor der Höhe zu verlegen – wo John Herbert Orr wenig später die Rundfunktechnische Zentrale ansiedelte. Robl lehnte dieses erneute „Verlagerungs“-Angebot ab, obwohl das Argument, in Ludwigshafen werde doch nie wieder Magnetband produziert, damals eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich hatte. Robl wusste es besser: als die Aschbacher Maschine im September 1945 eine Woche lang störungsfrei produziert hatte, übergab er sie an Friedrich Matthias und kehrte nach Ludwigshafen zurück, wo im April 1946 wieder eine Magnetband-Gießmaschine lief. – Eine Aufstellung der von 1943 bis 1945 produzierten Magnetophonband-Mengen zeigt Tabelle 28, Seite 642.

Ludwigshafen: Letzte Wochen und Ende des Zweiten Weltkriegs

Die Hauptpersonen der Magnetophonband-Produktion haben den Krieg überstanden; als Folge der Verlagerungen lebten sie in den letzten Monaten und Wochen vor Kriegsende außerhalb von Ludwigshafen: Rudolf Robl und Friedrich Matthias in Aschbach beziehungsweise Wald-Michelbach, Paul Friedmann und Heinrich Jacqué in Gendorf. Friedmann hatte es fertiggebracht, rechtzeitig Geräte aus dem Elektrobetrieb in eine „Ausweichstelle“ in Neckargemünd zu verlagern,¹⁸⁷⁶ bevor in einem der schlimmsten Luftangriffe am 15. Dezember 1944 auch das Elektrolabor nach Bombentreffern ausbrannte;¹⁸⁷⁷ das Magnetophon-Prüflabor mit seinen schalldichten Räumen und der restlichen Einrichtung war verloren.

Nach dem letzten Bombenangriff vom 15. März 1945 sprengte die deutsche Wehrmacht am 20. März die Rheinbrücke zwischen Mannheim und Ludwigshafen und unterbrach damit Straßen-, Bahn- und Telefonverbindungen. Drei Tage später, am 23. März 1945, rückten amerikanische Truppen in das Werk ein. Für Ludwigshafen bedeutete dies das faktische Ende des Zweiten Weltkriegs.¹⁸⁷⁸

Von Wald-Michelbach (1945 – 1948) nach Gendorf

Zwischen Februar 1945 und Frühsommer 1946 produzierte in den Westzonen Deutschlands allein die Fabrik in Wald-Michelbach Magnetophonband. Die Aschbacher Gießmaschine muss recht zuverlässig gelaufen sein, denn im Mai 1946 konnte ein „Messband“ mit der Chargennummer 368 LG gefertigt werden, um das „alte Musterband“ 368 abzulösen. Aus den Querelen, die die Spitzenqualität des „Ideal“-Bandes Charge 368 (von 1939 / 1940) verursacht hatte, waren die richtigen Schlüsse gezogen, und so sollte „das neue Messband ... kein ‚anzustrebendes Ziel‘ sein, sondern ... lediglich als Maßstab für Empfindlichkeit, Frequenzgang, Dynamik usw., dienen.“¹⁸⁷⁹

Mit Jahresbeginn 1946 kehrten alle rechtsrheinischen „Ausweichstellen“ wieder nach Ludwigshafen zurück, ausgenommen die „Magnetophonbandfabrik Waldmichelbach i. Odw.“¹⁸⁸⁰ Ihre Anbindung an das Werk Ludwigshafen funktionierte trotz aller Transportprobleme (Rheinbrücke Ludwigshafen – Mannheim gesprengt, der Tunnel Kreidach der Überwald-Bahnstrecke Weinheim – Wahlen im Odenwald blockiert), und das galt für die soziale Betreuung der Mitarbeiter ebenso wie für den Materialnachschub. Um das Maß vollzumachen, trennte der Rhein die französische (mit Ludwigshafen) von der amerikanischen Besatzungszone, Quelle unendlicher bürokratischer Schwierigkeiten. Wald-Michelbach profitierte davon insofern, als die nach Neckargemünd ausgelagerte komplette Magnetophon K 7-Apparatur sowie Pegelschreiber und Zubehör in den Odenwald wanderten, so dass hier verlässliche Messwerte zu erwarten waren.¹⁸⁸¹

Bänder aus Wald-Michelbach zeigten weniger Fehler als die Ludwigshafener Produkte, was der besseren Sichtung des verwendeten Materials und größerer Sorgfalt beim Umspulen – sprich: Ausschneiden sichtbarer Fehlstellen – zugesprochen wurde.¹⁸⁸² Die Odenwälder hatten ihr Handwerk gelernt, selbst aus zweifelhafter Walzmasse entstanden etwas bessere Bänder als im Hauptwerk.¹⁸⁸³ Anfang 1947 wurde die Situation schwieriger, einmal wegen instabiler Energieversorgung – Stromsperrungen sollen für drei Tage pro Woche die Fertigung blockiert haben¹⁸⁸⁴ –, dann, weil nach und nach die Vorräte an hochwertigem Magnetpigment und der noch in Ludwigshafen produzierten Luvitherm-Folie ausgingen. Einen kapitalen Ausreißer reklamierte der NWDR im Juni 1948, als Bänder mit der lächerlichen Kopierdämpfung 37 dB (Sollwert: 52 – 55 dB) auftauchten.¹⁸⁸⁵



Abbildung 242: Kaum zu glauben, was sich aus Magnetband(ab-fall) machen lässt: Handarbeiten aus Magnetband und weißem Vorspannband, geknüpft und gehäkelt um 1947. Die Aufnahme entstand in Wald-Michelbach im Frühjahr 2005; die Handtasche im Hintergrund war reinweiß, die im Vordergrund hatte noch die typische Farbe der LG-Bänder jener Epoche. Angesichts der allgemeinen Materialknappheit der Nachkriegsjahre waren solche Handarbeiten begehrte Artikel!

Freilich war es schlechterdings unmöglich, die Magnetband-Produktion in Wald-Michelbach auszuweiten, was die neugegründeten Rundfunkanstalten, bald auch Schallplattengesellschaften, immer dringlicher verlangten. Eine LKW-Garage und ein Gasthaussaal sind eben keine Fabrikationsbauten. Das heißt, die Kapazitäten der drei westzonalen Magnetbandfabriken (Ludwigshafen, Wald-Michelbach und die bald anlaufende Produktion bei Agfa Leverkusen) reichten für den Bedarf der deutschen Abnehmer nicht aus, zumal aus der Ludwigshafener Produktion auch noch ein Exportkontingent für Frankreich zu decken war (wo es also bereits eine nennenswerte Zahl von Tonbandgeräten gegeben haben muss). Im Herbst 1947 hatte bereits die amerikanische Militärregierung Hans Schießer beauftragt, „sich nach einer Fertigungsstelle in der Bi-Zone umzusehen, die in der Lage sei, etwa 50.000 Bänder pro Jahr¹⁸⁸⁶ für den Export nach den USA herzustellen.“¹⁸⁸⁷ Herr Dr. Schießer habe sich daraufhin mit Herrn Dr. Matthias / Waldmichelbach in Verbindung gesetzt. Eine Zusammenarbeit zwischen diesem Werk und dem Werk Gendorf <sic> würde grundsätzlich die Möglichkeit zur Herstellung solcher Mengen von Magnetophonbändern ergeben. Es würde dann jedoch für den innerdeutschen Bedarf nicht viel übrig bleiben.“¹⁸⁸⁸ Nach Lage der Dinge – das erste

Ampex-Magnettongerät, Model 200, erschien erst im April 1948 – musste hinter diesem Projekt Colonel Richard H. Ranger gestanden haben, der sein erstes „Rangertone“-Modell schon im Juni 1947 für serienreif hielt.¹⁸⁸⁹ Als im Spätsommer 1948 das Gerücht aufkam, „*dunkle Machenschaften ... von amerikanischen Herren in Frankfurt*“ zielten darauf ab, die Wald-Michelbacher Anlage in die USA zu verfrachten,¹⁸⁹⁰ beschlagnahmten amerikanische Militärbehörden Mitte September 1948 alle dortigen Maschinen und ordnete ihre Verlagerung nach Gendorf an¹⁸⁹¹ – letztlich im wohlverstandenen Interesse westeuropäischer Abnehmer. Auch die Rundfunktechnische Zentrale, namentlich Hans Schießer, begrüßte die Umsiedlung, verbesserte dies doch die Aussicht auf reibungslose Versorgung der Rundfunksender: Anorgana Gendorf sollte maximal 20.000 Bänder pro Monat produzieren, etwa das Dreifache des damaligen Ausstoßes von Wald-Michelbach plus der Ludwigshafener Fertigung.¹⁸⁹² Rein sachlich sprach für Gendorf natürlich der Luvitherm-Präzisions-Kalender, auch wenn er nur richtig funktionierte, wenn Jacqué wieder einmal nach dem Rechten gesehen – und dabei Verdächtiges bemerkt hatte: als er zufällig in ein Labor kam, stand er vor Magnetpigment-Proben und anderen unverkennbaren Anzeichen dafür, dass hier eine eigene Bandproduktion im Aufbau war – ¹⁸⁹³ Grund für den Vorwurf, Matthias habe daran schon monatelang im Geheimen gearbeitet.¹⁸⁹⁴

Friedrich Matthias geriet über den endgültigen Wechsel nach Gendorf in einen schweren Konflikt, schien seine Arbeit doch mit seinen Pflichten gegenüber Ludwigshafen zu kollidieren. Offiziell trat er zum 1. Oktober 1948 nach Gendorf über,¹⁸⁹⁵ dürfte aber erst im Winter dorthin umgezogen sein.¹⁸⁹⁶ Es half wenig, dass ihm sein neuer Arbeitgeber versicherte: „*Vom Zeitpunkt der Beschlagnahme an sind Sie auf Grund des durch die US-Besatzungsmacht in unserer Zone geschaffenen Rechtszustandes ausschließlich an die Weisungen des U.S.-Control-Office, Frankfurt /M. und der von diesem eingesetzten Organe gebunden, selbst wenn wirklich B.A.S.F. noch Ansprüche aus dem Dienstvertrag gegen Sie hätte, wären Sie durch die oben geschilderte höhere Gewalt ohne Ihr Verschulden daran gehindert, ihnen zu entsprechen.*“ ¹⁸⁹⁷ Das Odium des „freiwilligen Übertritts“ blieb an Matthias hängen und sollte Jahre später, als die Magnetbandfertigung in Gendorf zu Ende ging, dem nun Schwerbehinderten weitere Sorgen bringen.

Spätestens im Dezember 1948 waren die Anlagen aus Wald-Michelbach und Aschbach nach Gendorf abtransportiert. Wer seit 1944 von Ludwigshafen nach Wald-Michelbach gegangen war, kehrte wieder in die Pfalz zurück. Einige tüchtige Odenwälder, bis Ende der 1970er Jahre als Meister oder Vorarbeiter in Entwicklung und Produktion am Erfolg des Magnetbands beteiligt, kamen mit. Die vielleicht abenteuerlichste Episode in der Geschichte des Magnetophonbandes war zu Ende.

AEG: Magnetophon-Bereich 1939 bis 1945

Magnetophon K 5: die unbekannte (Nur-)Wiedergabemaschine



Abbildung 243: Magnetophon K 5, Laufwerk. Die Mechanik entspricht der des Magnetophon K 4. Das kleine Abschirmgehäuse (vorn Mitte) verdeckt den Wiedergabe-Magnetkopf. Die Begleitpapiere bezeichnen dieses Exemplar als „Führergerät“.

© Archiv GFGF



Abbildung 244: Ein Verstärkersatz zum Magnetophon K 5. Oben der Wiedergabeverstärker, in der Mitte Leistungs-(Lautsprecher-)Verstärker, unten das Netzgerät. Ein Bild des zugehörigen Lautsprechers ist nicht auffindbar. Unter der Klappe dürften sich Anschlüsse und Aufbewahrungsfächer für die Verbindungskabel zum Laufwerk befunden haben.

© Archiv GFGF

Erst, als um das Jahr 2013 Bilder des Magnetophon K 5 wiedergefunden wurde, hatte das Rätselraten um einen Typ sein Ende, dessen Existenz lange Jahre nur anhand von vier Textdokumenten nachzuweisen war. Wie daraus zu entnehmen, handelte es sich beim K 5 um eine reine Wiedergabe-Apparatur mit dem Laufwerk des Magnetophon K 4 (Einsparungen: Aufnahmeverstärker mit HF-Generator, Sprechkopf und Löschkopf). Als Wiedergabekopf diente die Standardausführung, die seinerzeit in allen Magnetophonen und Tonschreibern zu finden war, hier montiert in einen vereinfachten, kompakten Kopfträger.¹⁸⁹⁸

Dass das Magnetophon K 5 bereits 1942 im Geräte-Programm der AEG nicht mehr genannt ist, obwohl die Maschine bei der Tonband GmbH erst im gleichen Jahr auftaucht, spricht für das von Hans Westpfahl angegebene Baujahr 1939 (laut einer Notiz der I.G. Farben von Oktober 1937 steht die Entwicklung „billige[r] Nurwiedergabegeräte ... erst in den ersten Anfängen“¹⁸⁹⁹). Westpfahl erinnerte sich 1981 nur noch daran, dass das Magnetophon K 5 AEG-intern „Puppenspieler“ genannt worden sei (... wir lebten in einer Diktatur, da mußte man ja mit Nachfragen vorsichtig sein ...). Roland Schellin fand allerdings heraus, dass es sich dabei aller Wahrscheinlichkeit nach keineswegs um den Tarnnamen eines Geheimprojekts handelte, sondern sozusagen um Klartext:

Mindestens ein Magnetophon K 5 soll Anfang der 1940er Jahre an ein Marionettentheater geliefert worden sein. Was auf den ersten Blick abwegig scheint, bekommt deutlichere Konturen, wenn man bedenkt, welche Bedeutung die nationalsozialistische Propaganda mit dem „Reichsinstitut für Puppenspiel“ selbst dieser Kunstgattung zuwies. Im Oktober 1941 berichteten die Kieler Nachrichten über die Eröffnung des ersten Fronttheaters für Handpuppenspiel bei der Kriegsmarine, und am Tag der Wehrmacht, am 22. März 1942, wurden in Kiel in mobilen Theaterwagen Marionetten-Aufführungen gezeigt. Zur Mannschaftsbetreuung gab es sogar Marionetten-Theater auf Kriegsschiffen, wie die Lieferung von Marionetten für das Puppentheater an Bord des Schlachtschiffs „Tirpitz“ belegt. Immerhin gewährleistete der Einsatz eines Nur-Wiedergabe-Magnetophons, dass tatsächlich nur der vorgegebene Propagandatext aufgeführt wurde; fatal, wenn jemand vom Text abgekommen wäre und improvisiert hätte, egal, ob mutwillig oder um Textschwächen zu kaschieren ...¹⁹⁰⁰

Dem Magnetophon K 5 widmet Richard H. Rangers umfassender Bericht FIAT Final Report No. 923 von 1947 nur einen kurzen, aber gewichtigen Absatz:

Neat play-back units which are about 18 inches long, 12 inches front to back and about eight inches high [46 x 30,5 x 20,5 cm], have been made up. These were used in the homes of the favored few to play records purchased for an approximate price of 12 Rm. a roll. A few symphonies were thus available. The story is that Hitler was first introduced to the magnetophone in his headquarters on the Russian front in 1942, and immediately he ordered a plane to bring additional symphony recordings from Berlin.¹⁹⁰¹

Was hinter der letzten Bemerkung steckt, ist im folgenden Exkurs zu finden.

Als die Tonband GmbH ihre Kopier-Einrichtung aufbaute, gehörte zumindest ein Magnetophon K 5 zum Inventar, es diente zum Abspielen der Originalbänder und stand mit vergleichsweise bescheidenen RM 1.571 zu Buch.¹⁹⁰² Die Konfiguration des Magnetophon K 5 war vollkommen ausreichend für einen „Masterläufer“ und auch insofern einleuchtend, als etwa die RRG, wichtigster Kunde der Tonband GmbH, sehr besorgt darum war, Schäden an ihren Originalbändern durch eventuell remanent-magnetisch gewordene Aufnahme-Tonköpfe zu vermeiden (Seite 208). – Soweit bekannt, ist kein einziges Magnetophon K 5 erhalten geblieben.

Exkurs VIII: Magnetophon K 5 als Geburtstagsgabe für den „Führer“

In populären US-amerikanischen Publikationen hielt sich lange die Behauptung, Hitler habe die Erfindung des Magnetophons gewissermaßen befohlen, damit er – nach Kriegsbeginn – seinen jeweiligen Aufenthaltsort geheim halten könne, wenn eine seiner Reden im Rundfunk übertragen wurde. Von der Absurdität dieser Fabel einmal abgesehen, gab es in Deutschland ein leistungsfähiges Netz von Rundfunkkabeln, das Übertragungen von nahezu jedem beliebigen Ort erlaubte. Die Wurzel der *story* könnte das Umschlagbild der Mai-Ausgabe 1941 der RRG-Publikation Reichsrundfunk sein, das RRG-Mitarbeiter in Uniform bei den Vorbereitungen zur Aufzeichnung einer Hitler-Rede zeigt,¹⁹⁰³ dazu auch zwei Magnetophone R 23. Alles in allem hat Hitler zwischen 1939 und 1945 etwa sechs Rundfunkreden gehalten, darunter die „außerplanmäßige“ vom Abend des 20. Juli 1944. Es scheint keine offizielle Zählung zu geben, jedenfalls war er nicht bei Tag und Nacht zu hören, wie eine weitere „urban legend“ wissen will.

Wenn nicht schon Anfang 1941, begann Hitlers persönliche Bekanntschaft mit dem Magnetophon spätestens kurz vor dem Zusammentreffen mit Carl Gustav Mannerheim. Joseph Goebbels diktierte zu dieser Zeit in sein Tagebuch:

26. April 1942: Unser Geschenk eines Magnetophon-Apparats mit den dazugehörigen Tonbändern hat ihm große Freude bereitet. So kann er sich wenigstens eine ganze Sinfonie ohne Unterbrechung vorführen lassen.¹⁹⁰⁴

Anlass für das aufwendige Geschenk war offensichtlich Hitlers 53. Geburtstag, den er im „Führerhauptquartier“ Wolfsschanze bei Rastenburg verbrachte. Einen Monat später schreibt Goebbels:

30. Mai 1942: In diesem Zusammenhang erwähnt der Führer auch, daß er in letzter Zeit verschiedentlich auf dem Magnetophon-Band Sinfonien von den Berliner und den Wiener Philharmonikern gehört habe. [...]¹⁹⁰⁵

Wieder einen Monat später wird der Reichspropaganda-Minister grundsätzlich:

1. Juli 1942: [...] Das Schall- und Magnetophon-Aufnahmeverfahren verspricht die allergrößte Zukunft. Wir sind jetzt schon in der Lage, ganze Sinfonien auf schmalen Tonbändern aufzunehmen. [...] Wenn dies Verfahren weiterentwickelt wird, dann wird es nach dem Kriege die ganze Schallplattenindustrie über den Haufen werfen. Ich möchte deshalb die Ausnutzung einer so weitgehenden Erfindung nicht der Privatindustrie überlassen; hier muß sich das Reich einschalten [...] Jedenfalls will ich dafür sorgen, daß eine so durchschlagende technische Erfindung, die unseren ganzen Kulturverbrauch auf eine neue Basis stellen könnte, nicht privatisiert und damit zu kapitalistischen Zwecken ausgenutzt wird.¹⁹⁰⁶

Dieses Magnetophon K 5 schaffte offensichtlich auch noch den Weg nach Obersalzberg:¹⁹⁰⁷ Goebbels notierte am 21. April 1944, er habe Hitler zum 54. Geburtstag eine Furtwängler-Magnetbandaufnahme der Vierten Symphonie von Anton Bruckner geschenkt, über die er sich sehr gefreut habe.¹⁹⁰⁸ Wahrscheinlich handelt es sich allerdings um Bruckners Fünfte Sinfonie B-dur, die am 25., 26., 27. und 28. Oktober 1942 auf dem Konzertprogramm der Alten Philharmonie Berlin stand. Die 69 Minuten lange Aufnahme, basierend auf der Überspielung von den vier Originalbändern,¹⁹⁰⁹ ist als CD zugänglich.¹⁹¹⁰

Zwei Monate später folgte die Siebte Bruckner-Sinfonie in einer Einspielung vom 6. April 1944 mit dem „Linzer Reichs-Bruckner-Orchester des Deutschen Rundfunks“ unter Georg Ludwig Jochum.¹⁹¹¹ Sie war an Hitlers Geburtstag gesendet worden, der an diesem Abend eine Konferenz mit hochrangigen Militärs hatte und daher nicht zuhören konnte. Ersatzweise ließ Hans Fritzsche, „Leiter Rundfunk“ im Goebbels-Ministerium, eine Kopie (aus dem Bestand der RRG) von Berlin aus per Kurier auf den Berghof bringen. Das ist der letzte – indirekte – Hinweis auf dieses Magnetophon K 5.

Um auf die oben zitierte Ranger-Bemerkung zurückzukommen: ganz präzise ist nicht, was er vermutlich von AEG-Mitarbeitern erfahren hat, vor allem fehlt jeder Hinweis, wer weiter zu den „favored few“ gehörte.

AEG: Magnetophone aus der Fabrik Drontheimer Straße

Über die Entwicklung der Tonbandtechnik bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs ist oben geschrieben worden, über das „Leben in der Fabrik“ – insbesondere unter Kriegsbedingungen – gab es bisher nur Andeutungen, soweit sie für die Entwicklung der Technik interessant waren. Hier sollen nun einige heute noch nachzeichenbare Aspekte beleuchtet werden. Das kann allerdings nicht immer in chronologischer Reihenfolge geschehen. Wenn Ereignisse, über die an anderer Stelle ausführlich berichtet wird oder worden ist, hier zugunsten zusammenhängender Lesbarkeit wiederholt sind, dann verkürzt und mit Verweis auf die ausführliche Schilderung.

Die FDS, Fabrik Drontheimer Straße (Berlin N 20, also im Stadtteil Wedding, Drontheimer Straße 35 - 38, Abbildung 245), war seit 1935 Produktionsort für die Magnetophone und Tonschreiber. Eduard Schüller und Hans Westpfahl¹⁹¹² geben über Produktionsstätten und Mitarbeiter eine Reihe von Informationen, oder diese lassen sich zumindest erschließen. Eine weitere wichtige Quelle bilden der Informationsaustausch zwischen der AEG und I.G. Ludwigshafen sowie die Interviews mit ehemaligen Mitarbeitern.¹⁹¹³

Zu Beginn der Entwicklung arbeiteten im Kabelwerk Oberspree (KWO) innerhalb des Fernmeldelabors (Fm/Lb) unter Dr. Theo Volk an der Tonbandtechnik nur wenige Mitarbeiter „hauptberuflich“; unter dem Gruppenleiter Dipl.-Ing. Eduard Schüller (ab 1. August 1933) waren das der Ingenieur Siegfried Müller und der Labormechaniker Fritz Voigt, am 1. November 1933 kam der Laboringenieur Hans Westpfahl dazu. Wenn Bedarf bestand, wurde diese kleine Mannschaft unterstützt von verschiedenen Seiten, etwa von Laborleiter Dr. Theo Volk, von weiteren Labormitarbeitern wie Richard Keller und Richard Goldschmidt sowie von Willi Patzschke, der bereits 1933 in der Fabrikenoberleitung am Friedrich-Karl-Ufer angestellt war, von Spezialisten für Teilaufgaben, wie etwa dem Konstrukteur Eduard Untermann, dem Elektroniker Heinrich Fanselow, dem Vertriebsmann Direktor Elfe sowie von ganzen Abteilungen, wie etwa der Werkstatt des Forschungsinstituts Reinickendorf (Holländer Straße) und Entwicklungsabteilungen aus den Rundfunk-Apparatefabriken Treptow.¹⁹¹⁴

Ganz entscheidend für die gesamte Entwicklung der Tonbandtechnologie waren von Anfang an zwei Persönlichkeiten, ohne die das ganze Vorhaben gescheitert wäre: Hermann Bücher und Friedrich Matthias. Eduard Schüller berichtet:

Bei dieser Konstellation war es nicht verwunderlich, dass Hermann Bücher eine wahre Liebe zum Tonband faßte. Trotz aller Schwierigkeiten und Rückschläge ist er in seiner Liebe dem „Magnetophon“ bis zu seinem Tode treu geblieben.

Die enge Zusammenarbeit mit Dr. Matthias in Ludwigshafen, wo ich oft mehrere Tage an der Gießmaschine mitarbeitete, führte zu einer echten Freundschaft, die nach getaner Arbeit immer wieder bei einer guten Flasche Pfälzer Wein aus der berühmten Kellerei der BASF besiegelt wurde.¹⁹¹⁵

Neue Mitarbeiter wurden besonders ab 1935 eingestellt. Dipl.-Ing. Heinz Lübeck konnte sich sogar wissenschaftlich betätigen; er befasste sich mit der Magnetkopfoptimierung, die er Ende 1937 mit seiner Promotion zum Dr.-Ing. abschloss: „*Magnetische Schallaufzeichnung mit Filmen und Ringköpfen*“.¹⁹¹⁶ Auch Hans Schießler arbeitete in den ersten zwei Jahren seiner Tätigkeit in der FDS – also von 1936 bis 1938 – wissenschaftlich, allerdings an einem zeitbedingten Thema „*Beitrag zur Untersuchung der Wirkungsweise von Sirenen*“. Auch er konnte diese Arbeit bis zur Promotion führen.¹⁹¹⁷

1935 übernahm Hans Schepelmann den Vertrieb der Magnetophone, zuerst in den AT (Apparatefabriken Trep-tow), später in der FDS. Er konnte sich relativ schnell hocharbeiten und wurde am 1. Oktober 1942 Haupt-Geschäftsführer der Magnetophon GmbH, mit einem für damalige Zeiten so hohen Gehalt, dass der „Reichstreu-händer der Arbeit für das Wirtschaftsgebiet Brandenburg“ zustimmen musste.¹⁹¹⁸ Am 1. September 1942 war er zusätzlich zum Referenten für Tonaufzeichnung beim Minister für Bewaffnung und Munition ernannt worden.¹⁹¹⁹ Es kann als erwiesen angesehen werden, dass er eine Führerposition bei der SS innehatte, allerdings nach dem Kriege relativ schnell „entnazifiziert“ wurde.



Abbildung 245: Eines der Gebäude der „Fabrik Drontheimer Straße“, in der die Magnetophone gefertigt wurden.

Als 1935 der Durchbruch der Magnetophone auf der Funkausstellung (Seite 95) gelang, war Eduard Schüller schon die technische Leitung der FDS übertragen worden. In diesem Werk war die Abteilung Magnetophon (Mgt) den AEG Apparatefabriken Treptow, in Berlin SO, Hoffmannstraße 15 - 24, unterstellt. Dort fungierte Direktor Schätz als „Betriebsführer“. Die Zahl der Mitarbeiter der FDS stieg insbesondere mit dem Markterfolg des K 4 und der Entwicklung und Fertigung der Tonschreiber relativ schnell an. Als Maximalzahl nennt Schüller fast 500 Mitarbeiter allein für die Mgt-Abteilung. Am 30. Mai 1945 nennen die beiden FDS-Direktoren Schüller und König in einer Aufstellung für die sowjetische Militäradministration einen Mittelwert von 440 Arbeitern und 125 Angestellten für das Jahr 1944.¹⁹²⁰ Diese Zahlen sind allerdings kritisch zu wichten, weil dort während des Krieges eben nicht nur Tonbandgeräte gebaut worden sind. Die in der FDS ansässige Fertigung der Klangfilm G.m.b.H. war zwar 1942 an Siemens gegangen (im Zug der Ende 1941 zwischen Siemens und AEG ausgehandelten „Telefunken-Regelung“, mit der beide Häuser ihre Lieferprogramme „bereinigten“¹⁹²¹). 1944 war der Bau von Teilen

für „Kurzwellen-Funkgeräte“ ausgelagert worden. Aber als kriegswichtige Produktion wurden für AT noch „Einzelteile für Funkgeräte“ gefertigt sowie „Schalttafeln für U-Boote“ (hinter diesen drei etwas nichtssagenden Ausdrücken sind in der genannten Aufstellung wichtige, hochmoderne Zulieferteile für die Marine versteckt worden: Die FDS baute Komponenten für Funkmessgeräte und zur Wasserschallortung (heute Radar und Sonar) des Hauptlieferanten GEMA (Gesellschaft für elektroakustische und mechanische Apparate GmbH, unter anderem auch Arbeitgeber für Curt Stille (Seite 44). Nach Harry von Kroge bearbeitete die AEG in der FDS das Gebiet „Schiffbau-, Flug- und Heerwesen“,¹⁹²² nach Schüller und König waren diese Zulieferungen allerdings nur Teilefertigungen der Mgt-Fabrik FDS für die AT. Hans Westpfahl berichtet darüber hinaus von Mess- und Prüf-einrichtungen für Torpedos und Unterwasserminen. Dieses Labor wurde ihm im Oktober 1943 sogar unterstellt, nachdem der sich dorthin hatte transferieren lassen, weil man ihm aus Protektionsgründen einen Parteige-nossen vorgesetzt hatte, der nach Wegzug der Kino-Abteilung nicht mehr anderweitig beschäftigt werden konnte (Westpfahl hatte seit 1936 bis 1943 das Magnetophon-Prüffeld geleitet). Wie sich die Zahl der Mitarbeiter gegen Kriegsende auf die genannten Aufgaben verteilt hat, ist nicht überliefert.

Während des Kriegs spielten die Magnetophone für die RRG zwar eine nicht zu unterschätzende Rolle; kriegswichtig waren aber besonders die Tonschreiber sowie deren Entwicklung und Fertigung. Für diese Pro-duktion wurden die beteiligten Mitarbeiter „uk-gestellt“, auch wenn sie gemustert und im wehrfähigen Alter waren. Allerdings wurde dies in den Mitarbeiterlisten besonders gekennzeichnet, so dass über ihnen immer das Damoklesschwert der Einberufung zum Fronteinsatz schwebte. Dies führte zu einer bedrückten Stimmung,

weil die Kunden – sowohl die zivilen der RRG (genannt wurde Hans Joachim von Braunmühl) wie auch die militärischen (namentlich Oberregierungsbaurat Kerkhof vom Heereswaffenamt) – die Situation ausnutzten, um bei Abnahmen Maximalforderungen zu stellen.¹⁹²³ Aber auch diejenigen, die an den Tonschreibern beschäftigt waren, wurden, sobald erforderlich, zusätzlich zu anderen militärischen Aufgaben herangezogen.

Mitten im Krieg und nach dem großen Erfolg der HF-Löschung und -Vormagnetisierung waren zur Vermarktung dieser neuen Technologie auf zivilem Sektor von der AEG und I.G. Farben noch zwei weitere Firmen gegründet worden, die Magnetophon G.m.b.H. für die Geräte (Seite 208) und die Tonband GmbH für bespielte Bänder (Seite 210). Mit Gründung der gemeinsamen Magnetophon G.m.b.H. ging 1942 das jahrelange „gentlemen's agreement“ zwischen AEG (Hermann Bücher) und I.G. Farben (Wilhelm Gaus) in einen vertraglich geregelten Zustand über. Allerdings zeigten sich bei deren Gründung schon Auswirkungen der durch den Krieg bedingten Personalknappheit: es gab Schwierigkeiten, den Posten des kaufmännischen Prokuristen zu besetzen.

Probleme mit den Tonbändern der I.G. führten zu einer Krise, weil die Lieferverpflichtungen gegenüber militärischen Kunden nicht eingehalten werden konnten (Seite 219); hier wurde Hans Schießler als Kontaktmann zur I.G. Ludwigshafen eingesetzt. Weitere Gespräche auf Leitungsebene – etwa zu den GmbH-Gründungen – führten auf AEG-Seite Direktor Hans Heyne, Hans Schepelmann und teilweise Heinz Lübeck (unter Heyne war erstmals ein Magnetophon – vom Typ K 2 oder K 3 – in den USA vorgestellt worden, nach dem Krieg wurde er Vorstandsvorsitzender der AEG, später auch von AEG-Telefunken; siehe Seite 220). Es fällt auf, dass bei den Gesprächen Eduard Schüller fast nie und Friedrich Matthias nur selten erwähnt werden. Auch im Rahmen der ersten öffentlichen Vorführung des HF-Lösch- und -Vormagnetisierungs-Verfahrens im Juni 1941 sind diese bei der AEG und der I.G. entscheidend wichtigen Entwickler unter den Beteiligten nicht zu finden. Über die Gründe mag spekuliert werden – eventuell lag beiden mehr an der Lösung technischer Probleme als an öffentlichen Auftritten; allerdings zeigte Schüller unmittelbar nach Kriegsende, dass er durchaus fähig war, selbst fundamentale Krisen in den Griff zu bekommen.

Magnetophon-Fertigung nach Zühlsdorf verlagert

In der zweiten Jahreshälfte 1940 begannen die Luftangriffe der Alliierten auf Berlin. Wie dies die Arbeit beeinflusst hat, berichten explizit weder Eduard Schüller noch Hans Westpfahl. Immerhin müssen die Mitarbeiter von ihren Wohnungen, die über Berlin verteilt lagen, täglich zur Arbeit gefahren sein – und zwar durch ein (besonders ab Herbst 1943) zunehmend zerstörtes Berlin. So fuhr Schüller von seiner Wohnung am ehemaligen Flughafen Johannisthal etwa 18 km von Süden nach Norden durch die Berliner Innenstadt, Westpfahl 12 km von Friedenau im Westen zur FDS. Auch musste die AEG unbedingt Sicherungsmaßnahmen durchführen. Um etwa die Lieferbarkeit der Tonschreiber selbst bei einer nicht auszuschließenden Bombardierung der FDS sicherzustellen, wurden 1943 in Zühlsdorf, 22 km nördlich der FDS, zwei große Tanzsäle als Ausweichquartiere gemietet und als Montagewerkstätten genutzt.¹⁹²⁴ Im „Schützenhaus“ (Abbildung 246), heute „Heidekrug“ und in weniger als 100 m Entfernung, im „Lindenwirt“¹⁹²⁵, wurden vorrangig Tonschreiber aus zugelieferten Komponenten montiert, geprüft und dokumentiert. Außer externen Zulieferteilen, wie z. B. den Motoren von SAJA (Sander & Janzen, Berlin N 58, Sonnenburger Straße 70), war die mechanische Fertigung der Komponenten, das Teilelager und auch ein gewisser Teil der Endmontage bis zur Kapitulation und darüber hinaus in der Drontheimer Straße beheimatet. Während die in der FDS beschäftigten Mitarbeiter weitgehend in ihren bisherigen Wohnungen blieben, bezogen die Mitarbeiter in Zühlsdorf zum Teil Gästezimmer im „Schützenhaus“, oder sie wohnten zur Untermiete in Privatquartieren. Weiter in der FDS arbeiteten unter anderem Schüller, Westpfahl, Rudolf Assmann und der Großteil der Mgt-Belegschaft. In Zühlsdorf werkten Hans Schießler, Bernhard Vinzelberg und zwölf weitere „Arbeitskameraden“. Von der Gesamtbelegschaft sind heute nur noch 25 Mitarbeiter namentlich bekannt. Das sind insbesondere die in der TL (technischen Leitung) und dem Lb (Labor) beschäftigten, sowie die Werksmitglieder in Zühlsdorf. Diese Listen hat Westpfahl hinterlassen.¹⁹²⁶ Weitere Namen sind auch aus anderen Quellen geläufig, so der von Rolf Müller-Ernesti aus Veröffentlichungen, oder Hans Schepelmann (in Berlin im August 1943 ausgebombt¹⁹²⁷) und Heinz Lübeck, die als Kontaktpersonen zu den „GmbHs“ und zur I.G. Farben eine wichtige Rolle spielten.

Rolf Müller-Ernesti und Heinrich Stoffer nahmen bei der Auslieferung der Tonschreiber eine wichtige Funktion wahr: Sie begleiteten für die AEG die technische Abnahme, die „in der Nähe von Wandlitz, in einem weitgehend vor elektromagnetischen Störungen geschützten Areal“, erfolgte.¹⁹²⁸ Wo dieses Gelände genau lag, ist nicht bekannt. Allerdings ist der Weg von Zühlsdorf nach Wandlitz nur knapp 7 km lang und führt durch lichte Wälder. Da die eigentliche Umgebung der beiden Orte nicht als elektromagnetisch ungestört bezeichnet werden kann, scheint die Vermutung berechtigt, dass die Abnahmen in den Wäldern zwischen beiden Orten stattgefunden haben. Vielleicht ist dieser Abnahme-Ort sogar der Grund, dass Zühlsdorf für die Montage der Tonschreiber ausgewählt wurde: Vor Beginn des Zweiten Weltkrieges hatten umfangreiche Messungen ergeben, dass das Gebiet östlich und südlich von Wandlitz (Lanke, Ladeburg) günstige Radio-Empfangeigenschaften zeigte, so dass dort (in der Gemarkung Lobetal) auch die spätere Kommandozentrale für die U-Boot-Kriegsführung des BdU (Befehlshaber der Unterseeboote) Karl Dönitz, das sogenannte Objekt „Koralle“, gebaut und bis Anfang 1945 genutzt wurde.¹⁹²⁹ Angesichts dieser Messergebnisse ist es durchaus vorstellbar, dass der militärische Auftraggeber zuerst die Abnahmestelle für die Tonschreiber und dann erst die Montagestelle im nahe gelegenen Zühlsdorf ausgewählt beziehungsweise der AEG „vorgeschlagen“ hat.



Abbildung 246: Zühlendorf, Gasthof zum Schützenhaus, historische Aufnahme, heute Gaststätte Heidekrug. In dem einstöckigen Saalbau links im Bild war 1944 / 1945 die Tonschreiber-Fertigung der AEG ausgelagert.

Bei Kriegsende war die FDS nur geringfügig beschädigt, die Fertigungsstraßen waren sogar noch vollständig funktionsfähig. Allerdings war die Produktion vor Kriegsende so strikt auf die Tonschreiber ausgerichtet, dass zum Beispiel die Komponenten für die HF-Magnetophone R 22a und K 7 in Frankreich gefertigt werden mussten: bei der Firma Ducretet in Paris¹⁹³⁰ – und diese Zulieferteile waren nicht funktionsfähig! K 7-Magnetophone waren bis dahin nur in wenigen Exemplaren ausgeliefert und eingesetzt worden; einige Dutzend sind erst nach Kriegsende ausgeliefert worden.

Wie die FDS, überstanden auch die Tanzsäle in Zühlendorf den Krieg unzerstört, obwohl die US Air Force im Juni 1944 an drei Tagen nacheinander schwere Luftangriffe auf die Bramo-Werke (Brandenburger Motoren-Werke) flog, einem Hersteller von Flugzeug- und Raketen-Motoren, der in etwa 2 km Entfernung von den Tanzsälen in den Wäldern zwischen Zühlendorf und Basdorf lag. Damals sollen die Bramo-Werke dem Erdboden gleichgemacht worden sein.¹⁹³¹

Innerhalb der Fabrik Drontheimer Straße wurden kriegsbedingt ebenfalls Sicherungsmaßnahmen getroffen. Eine ist bekannt geworden, weil gerade Hans Westpfahl vom Betriebsführer dafür ausdrücklich gelobt wurde. Er hatte in freiwilliger Arbeit eine „Rundspruchanlage“ geschaffen, die „die Leistungsfähigkeit der Luftschutzorganisation und damit auch die Sicherheit der Fabrik entscheidend gesteigert hat“. Auch privat zogen die Mitarbeiter durchaus Konsequenzen aus den kriegserischen Ereignissen. Eduard Schüller hatte Anfang Oktober 1935 – sozusagen als Belohnung nach der erfolgreichen Präsentation der ersten Magnetophone – Charlotte Brüscke (1915 bis 2002) geheiratet.¹⁹³² Jetzt, 1941, brachte er sie und ihre zweijährige Tochter Susanne in eine „bombensichere“ Gegend auf einen Bauernhof bei Kolberg in Pommern, wo er sie von Berlin aus ab und zu besuchte. Zur Geburt der zweiten Tochter Sabine kehrten beide 1942 noch einmal vorübergehend nach Berlin zurück. Gegen Kriegsende verlor Schüller, der wie üblich in seiner Arbeit aufgegangen sein dürfte, den Kontakt zu seiner Familie. Seine Frau floh mit den zwei Töchtern vor der einrückenden russischen Armee nach Westen, ohne dass Schüller davon Kenntnis erhielt. Er selbst blieb in Berlin und musste nach dem Krieg den Suchdienst des DRK einschalten, erfuhr dann aber relativ schnell, dass seine Angehörigen bei seiner Mutter, die wiederum aus Schlesien geflüchtet war, in Bad Salzflun untergekommen waren. Die Entfremdung führte allerdings letztlich zur Trennung der ersten Ehe Schüllers.



Abbildung 247: Betriebsappelle für die „Gefolgschaft“ waren auch bei AEG an der Tagesordnung – hier spricht der AEG-Direktor Klemm vor der Übertragung der Hitler-Rede „Deutsche Arbeiter, fangt an“ im „Gemeinschaftsempfang“.

Können Fotos – soweit noch vorhanden – Aufschluss über die damaligen Ereignisse geben? Auf den ersten Seiten von Eduard Schüllers Privatalbum frappt ein Foto von einem Aufmarsch der „Betriebszelle des Heinrich Hertz Instituts“, wahrscheinlich zum 1. Mai 1933. Besonders stutzt man, weil ja schon 1933 der Name „Heinrich Hertz“ wegen der jüdischen Vorfahren des Forschers aus dem Institutsnamen entfernt wurde (allerdings verwendeten „Insider“ weiterhin den Namen „Heinrich Hertz Institut“). Dagegen wirken Fotos aus der KWO-Maschinenhalle anlässlich der Führerrede „Arbeiter fangt an“ am 10. November 1933 und einer Rede des Direktors Klemm (KWO) an die Betriebsangehörigen schon fast normal – zumindest aber so, wie man sie für jene Zeit erwartet (Abbildung 247). Das AEG-Archiv des SDTMB besitzt Fotosammlungen von den Funkausstellungen der Jahre 1933 und 1934 (leider nicht von 1935). Auffällig ist, dass 1933 selbst Hitler und Goebbels – gleichzeitig – den AEG-Stand besichtigt haben, geführt offensichtlich von Professor Waldemar Petersen (1880 – 1945, seit 1931 stellvertretender Vorstandsvorsitzender, 1926 mit Hermann Bücher zusammen in den Vorstand der AEG berufen, bekannt als „Vater der modernen Hochspannungstechnik“), sowie weiteren AEG-Mitarbeitern, von denen wiederum erstaunlich viele schon damals das „Partei-Bonbon“ angesteckt hatten. Von der FDS gibt es nur wenige Fotos aus jener Zeit; selbst Hans Westpfahl verwendete eigene, spätere Aufnahmen, wenn er das für die Magnetophonentwicklung so wichtige Werk zeigen wollte. Während der Kriegszeit war es natürlich geraten, das Fotografierverbot kriegswichtiger Gebäude zu beachten. Dass dann aber ein Foto von Westpfahl erhalten geblieben ist, das ihn bei der Prüfung des kriegswichtigen Tonschreibers b zeigt, ist umso erstaunlicher (Seite 160).

Abbildung 248: „Hoher Besuch“ bei AEG, 1943: Vittorio Mussolini (Sohn des italienischen Duce, Bildmitte, heller Anzug) wird in der Fabrik Drontheimer Straße ein Magnetophon vorgeführt – und zwar von Eduard Schüller (ganz rechts). Weiter im Bild: Direktor Schätz, links außen, neben ihm Eduard Untermann (halbverdeckt – das einzige bekannte Bild des Magnetophon-Konstrukteurs) sowie Professor Waldemar Petersen (zweiter von rechts, stellvertretender Vorsitzender der AEG).



Ein besonderes Ereignis war im Jahre 1943 offensichtlich der Besuch von Vittorio Mussolini (1916 – 1997), ältester Sohn des italienischen Duce Benito Mussolini, in der FDS.¹⁹³³ Vittorio Mussolini war damals noch jung, aber bereits beim italienischen Überfall auf Abessinien (1935) als Kampfflieger bekannt geworden. 1943 trat er als Filmschaffender auf und interessierte sich deshalb für Magnetophone. Aufschlussreich sind die Fotos, die bei dieser Präsentation entstanden, heute deshalb, weil sie wichtige Persönlichkeiten der AEG zeigen, von denen sonst kaum Bilder vorhanden sind (Abbildung 248). Da ist außer Eduard Schüller zum einen der schon erwähnte Direktor Schätz zu sehen. Auch Chefkonstrukteur Eduard Untermann war anwesend. Weiter sieht man Waldemar Petersen, der hier offensichtlich die Firmenleitung vertritt. Dass Hermann Bücher sich anscheinend nicht mit den politischen Größen jener Zeit hat ablichten lassen, könnte mit seiner Zurückhaltung gegenüber den damaligen Machthabern zu tun gehabt haben (siehe Seite 56). Diese Haltung soll ambivalent gewesen sein. So hat Bücher akzeptiert, dass er 1942 in Albert Speers „Rüstungsrat“ berufen wurde – was er als Vorsitzender eines der großen Elektrokonzerne freilich kaum hätte ablehnen können. Auf der anderen Seite konnten die Autarkie-Bestrebungen der Reichsregierung nicht im Sinne eines international erfolgreich agierenden Konzerns sein. Bücher soll zahlreichen Berliner Juden mittels Beschäftigung bei der AEG Schutz geboten und sich im Vorstand vehement gegen den Aufkauf jüdischen Vermögens eingesetzt haben,¹⁹³⁴ was für ein Werk, das von jüdischen Deutschen gegründet und über Jahrzehnte erfolgreich geführt wurde, allerdings auch angemessen war.

Es kann vermutet werden, dass Magnetophon-Präsentationen vor „Kulturschaffenden“ üblich waren, wenn auch entsprechende Bilder nicht mehr existieren: Die Negative wurden – wie die auch sonst bekanntermaßen umfangreiche AEG-Fotodokumentation zwischen 1930 und 1945 – in der Vorstandszentrale am FKU (Friedrich-Karl-Ufer 2-4) aufbewahrt. Das Gebäude wurde im Februar 1945 bei Bombenangriffen sowie bei den Bodenkämpfen Anfang April 1945 (Nähe Reichstag und Brandenburger Tor) so vollständig zerstört (Abbildung 249), dass die Dokumentationen als verloren gelten müssen.¹⁹³⁵

Abbildung 249: Die im Februar 1945 und im April 1945 zerstörte AEG-Zentrale FKU (Friedrich-Karl-Ufer 2 - 4), Sitz des Vorstandes und der Fabriken-Oberleitung. Hier war auch das AEG-Archiv mit seiner umfangreichen Fotodokumentation untergebracht.

Nur Trümmer und Schutt sind von dem imperialen Gebäude geblieben, das Abbildung 83 zeigt ...



Die Entwicklung der Tonbandgeräte ging auch im Kriege mit allen Höhen und Tiefen weiter. Schon 1943 hatte die RRG die Stereotechnik mit Magnetophonen so weit entwickelt, dass dieses neue Verfahren dem Auslandspressesklub am 21. April 1943 an Hand von Aufnahmen demonstriert werden konnte (Seite 204). Im gleichen Jahr begann die RRG im „Haus des Rundfunks“ an der Masurenallee systematisch und im großen Umfang mit der Aufnahme bekannter Orchester auf Tonbändern. Diese wurden von den deutschen Sendern abgestrahlt. Ihre hohe akustische Qualität ließ bei alliierten Spezialisten den Verdacht aufkommen, dass die RRG Tag und Nacht große Orchester „live“ spielen lassen würde. Mehrere Toningenieure, insbesondere Helmut Krüger, machten während der Aufnahmen zusätzlich Stereomitschnitte auf speziell gefertigten Magnetophonen, obgleich die Sender noch lange nicht in der Lage waren, stereofone Musiksendungen auszustrahlen.¹⁹³⁶ Der Stereo-Magnetkopf war wieder eine Erfindung von Eduard Schüller.

Etwa zur gleichen Zeit, im Mai 1943, hatte die AEG mit ihrem technisch anspruchsvollsten Tonschreiber b Anlaufprobleme, so dass dieses Gerät wohl erst ab Mitte 1943 für die Front zur Verfügung stand. Und ebenfalls zu dieser Zeit war bei der I.G. Ludwigshafen die Tonbandkrise noch nicht überwunden; die zuständige Behörde stellte fest, dass „die Herstellung von Magnetofonbändern eine einzigartige Fertigung von besonderer Kriegswichtigkeit“ sei.¹⁹³⁷ Dies wohl auch, um Druck auf die Entwicklung zu machen. Von der AEG wurden Hans Schießer und Bernhard Vinzelberg abgestellt, um Prüf- und Messvorschriften für die Tonbänder auszuarbeiten und mit der I.G. abzustimmen.



Abbildung 250: Tefi-Amateurgerät, 1950er Jahre.

Gegen Kriegsende begannen einige Mitarbeiter, sich Gedanken über zukünftige „Friedensprodukte“ zu machen. Offiziell war das natürlich unzulässig, und schon gar nicht durften irgendwelche Vorarbeiten zu solchen Projekten ausgeführt werden. Aber aus Hinweisen und aus Nachkriegsnotizen,¹⁹³⁸ die teilweise damalige Bemühungen widerspiegeln, lässt sich schließen, dass die Überlegungen recht breit gefächert waren. Vor 1945 tarnte man diese Tätigkeiten, indem man solchen Projekten Namen gab, die schon anderswo vergeben waren. So berichteten Ehemalige, dass man unter „Tonschreiber f Blattschreiber“ – gemeint war wohl der Tonschreiber e – auch über einen zivilen „Blattschreiber“ als Diktiergerät nachdachte, bei dem der Tonarm zeilenweise über ein Magnetblatt geführt wurde, etwa so, wie eine Schreibmaschine zeilenweise ein Blatt Papier beschreibt. Auch das Blatt sollte das Format genormten Schreibpapiers haben. Natürlich führte der erforderliche

Zeilensprung zu kurzzeitigen Aussetzern, so dass dieses Verfahren für Musikaufnahmen und ähnliche Anwendungen nicht in Frage kam. Aber es hatte auch Vorteile, wie etwa das übersichtliche Lagern der Blätter in Ordnern oder den schnellen Zugriff auf jede definierte Stelle auf dem jeweiligen Blatt.

Ab etwa 1936 wurde zunehmend über ein Konkurrenzverfahren berichtet, das nach 1945 und insbesondere in den 1950er Jahren eine nennenswerte Rolle spielen sollte: Das Tefifon, anfangs auch Tefiphon geschrieben. Dieses Gerät und Verfahren, dessen Technik und Geschichte Herbert Jüttemann ausführlich beschrieben hat,¹⁹³⁹ hatte 1945 schon seinen ersten Höhepunkt erreicht. Von Kurt Daniel (1905 – 1977) als Telefonanrufbeantworter (!) entwickelt, erschien 1933 das Basis-Patent DE 579 997, weitere 75 deutsche Patente folgten zwischen 1937 und 1955. Vorgestellt wurde die Technologie anlässlich der Funkausstellung 1936, also ein Jahr nach dem

Magnetophon. Technische Grundlage war ein flexibles Kunststoff-Schallband (zumindest bei seiner Vorstellung auf der Funkausstellung 1936 in Form einer „endlosen“ Möbius-Schleife¹⁹⁴⁰), in das Rillen nach Art der Schallplatte eingeprägt waren. Das Band wurde anfangs lose, später in einer Kassette aufgewickelt und trug mehrere, nebeneinander liegende Tonrillen, die mechanisch mit einer grammophon-ähnlichen Nadel abgetastet wurden. Der wesentliche Vorteil des Schallbandes gegenüber der Schallplatte war die lange Spieldauer der Aufnahmen (eine beziehungsweise vier Stunden wurde in Seriengeräten zum Standard, gegenüber etwa vier Minuten bei den damals üblichen Schellackplatten), und zwar ohne deren Qualitätsverluste auf den Innenrillen. Verglichen mit dem Magnetophon fiel seine einfache, leichte, kleine Bauweise auf; sein wesentlicher Nachteil, zumindest gegenüber den HF-Magnetophonen, war die geringe Dynamik. Immerhin hatte Tefi – der damaligen Zeit entsprechend – auch schon militärische Anwendungen erschlossen, beispielsweise mit einem Wiedergabegerät, das als Kennungsgeber auf Fliegerhorsten eingesetzt wurde: Um Flugzeugen (etwa Nachtjägern) nach dem Einsatz den Weg zum Heimatflughafen zu weisen, sendete die Flugsicherung eine Kennung, die der Pilot anpeilte und so zurückfand. Die bis dato übliche Morsezeichen-Kennung war natürlich vom Gegner leicht zu missbrauchen, deshalb verwendete man als Kennung die Stimmen bekannter Filmschauspieler, die vom Tefifon endlos abgespielt wurden. Die frühesten Dokumente im AEG- und I.G.-Bestand zum Tefifon beziehen sich auf die Bemühungen Daniels, in Ludwigshafen oder in Wolfen geeignete Bänder herstellen zu lassen, was wegen der Zusammenarbeit zwischen der AEG und I.G. zu gegenseitigen Informationen und Rückfragen führte. Nach 1950, als Überlegungen zum Wettbewerb auf dem Markt für Amateurgeräte (siehe die Abbildung 250) eine zunehmende Rolle spielten, erlebte das Tefifon eine kurze Blütezeit.

Langer Anlauf zum Magnetophon K 7

Chronologie der Entwicklung

Es wäre unverzeihlich gewesen, wenn die zuständigen AEG-Mitarbeiter nach den Vorstellungen eines Magnetophon-Labormodells am 19. August und 8. Oktober 1940 außer dem technischen Wert nicht auch die Chancen erkannt hätten, die die Hochfrequenzvormagnetisierung für ihren Geschäftsbereich Magnetophon versprach. Eine Vorentscheidung fiel bereits am 1. Oktober, nach der die Produktion des Modells K 4 etwa im Herbst 1941 auslaufen sollte, „sobald der neue Koffer mit Hochfrequenz lieferbar wird“.¹⁹⁴¹

Hermann Bücher gab am 29. Oktober 1940 nach einem eindringlichen Plädoyer für das HF-Magnetophon die „Planung für die Zukunft“ vor:

1.) Rundfunkmaschine. Unter Anwendung der neuesten Erkenntnisse ist eine neue Apparatur für stationäre Verwendung im Rundfunkbetrieb zu entwickeln. Herr Geheimrat Bücher stellt sich die Architektur dieser Maschine etwa derart vor, daß Filmteller, Kopf-Aggregat und Bedienungstasten auf einem schrägen Bedienungspult angeordnet werden, hinter dem in Gestellform Verstärkersätze und Netzteil aufgebaut werden. Diese Maschine soll ein möglichst technisches Gesicht bekommen, für das erfahrungsgemäß die Kunden eher bereit sind, einen hohen Preis zu zahlen. Gegebenenfalls soll Herr Architekt Krebs für die Ausführung hinzugezogen werden. [...]¹⁹⁴²

Das hieß: Bücher wollte die qualitative Zäsur HF-Vormagnetisierung für eine optische, zugleich ergonomische Aufwertung eines AEG-Produkts nutzen. Wohlgemerkt: in einer „Rundfunkmaschine“ – damit war allerdings nicht ausschließlich die RRG gemeint, mit deren Richtlinien seine Skizze kaum in Einklang zu bringen gewesen wäre. Vielmehr dürfte sich die AEG bedeutende Exporterfolge erhofft haben – man geht wohl nicht zu weit, daran zu erinnern, dass sich nach dem „Polenfeldzug“ 1939 und dem „Westfeldzug“ (Belgien, Niederlande, Frankreich vom 10. bis 25. Juni 1940) Märkte ganz neuer Dimension zu öffnen schienen. Die Schallplattenproduktion würde von der Wachsplatte auf das Magnetophon umsteigen. Außerdem kannte die AEG die diversen Rundfunkanstalten, die sich mit den schon etwas antiquierten Stahlband- oder gar Wachsplatten-Maschinen abmühten. Jedenfalls: Bücher genehmigte hier ein Budget zur Umgestaltung und technischen wie ergonomischen Optimierung einer Maschine, die das Modell K 4 ablösen sollte.

Dass sich die RRG für das Magnetophon K 7 als Koffergerät nicht interessiert hat, ist daraus zu schließen, dass bisher weder Korrespondenzen mit der AEG noch Besprechungsprotokolle in Sachen Gestaltung des Magnetophons K 7 bekannt geworden sind. Hat es also das K 7 überhaupt in die RRG-Studios geschafft? Jedenfalls fehlt eine K 7-Braunbuchbeschreibung, ebenso wenig taucht im „Blaubuch“ des DDR-Rundfunks eine Spur auf. Das Gleiche gilt übrigens für den K 7-Nachfolger, das Magnetophon K 8. Die Sachlage änderte sich, als nach 1945 viele R 22a entweder verschollen oder reparaturbedürftig waren und lediglich neugebaute Magnetophone K 7 aushelfen konnten.

Selbstverständlich sollten in die Neukonstruktion alle Erfahrungen einfließen, die in den ersten Praxisjahren des K 4 (und des R 22) angefallen waren – siehe dazu die „Fehlersammlung“ auf Seite 203. Eigene Ideen der AEG-Konstrukteure setzten ebenso wie Vorschläge und Anregungen von Anwendern deutliche Anreize und lieferten gute Gründe, eine Neukonstruktion anzugehen, die der überlegenen Konzeption der Magnetbandtechnologie – dank Hochfrequenzvormagnetisierung – entsprechen und wirtschaftliche Erfolge bringen sollte. Nach wie vor blieb es – entgegen Büchers Vision – allerdings bei der Drei-Koffer-Bauweise aus Laufwerk, Verstärker und einem Lautsprecher (siehe unten).

Die Ergonomie des K 4 / R22-Laufwerks hatte in der Tat Schwächen. Es fehlte eine eigene Taste für das Band-Vorspulen; dafür waren vielmehr Rücklauf- und Halt-Taste gleichzeitig zur drücken und entsprechend lang

festzuhalten. Wie bei mehrfach belegten Bedienelementen unvermeidlich, wird dies über kurz oder lang zu Fehlschaltungen und damit zu Bandschäden geführt haben.

Außerdem fehlte eine Vorrichtung, um das Magnetophonband während des Umspulens von den Magnetköpfen abzuheben; es scheint beim K 4 vielmehr Praxis gewesen zu sein, das Band unmittelbar von einem Wickelteller zum anderen¹⁹⁴³ (also „am Kopfträger vorbei“) umzuspulen – tatsächlich sind einzelne Exemplare bekannt, bei denen in der Mitte zwischen den Spulentellern nachträglich eine drehbare Umlenkrolle angebracht worden ist.¹⁹⁴⁴ Das war umso naheliegender, als andernfalls nicht nur Köpfe unnötig abgeschliffen und Bänder stark beansprucht, sondern Unvorbereitete von geisterhaftem Lärm erschreckt wurden, wenn das Gerät dabei zufällig noch auf die Wiedergabe-Lautsprecher geschaltet war.

Allerdings ist die Entwicklung des Magnetophons Modell K 7 insgesamt ziemlich schlecht und – wohl der Zeitumstände wegen – nur sozusagen punktweise dokumentiert. Die Bezeichnung „K 7“ taucht erstmals Anfang Februar 1941 in einem Produktionsplan auf, der für das Geschäftsjahr 1942/1943, also ab Herbst 1942, nicht weniger als 40 Magnetophone K 7 *pro Monat* vorsah¹⁹⁴⁵ – und damit eine Vorlaufzeit bis Produktionsbeginn von mindestens einem Jahr. Bis dahin wäre auch der Großteil der RRG-Aufträge an HTS-Maschinen (R 22a) ausgeliefert. Und: es wäre aufschlußreich zu erfahren, wo Hans Schepelmann, Leiter der Magnetophon-Produktion und höherer SS-Führer, den Markt sah, der jährlich etwa 500 K 7-Geräte hätte aufnehmen sollen.¹⁹⁴⁶

Mitte Mai 1941 befand sich das Projekt offiziell im Entwicklungsstadium,¹⁹⁴⁷ Ende Februar 1942 wurde das „Koffergerät K 7 [als] zukünftiges transportables Modell mit Hochfrequenz-Einbaumöglichkeit, auch als Gestellgerät“ angeführt, allerdings war das „Koffergerät K 4“ nach wie vor in Produktion.¹⁹⁴⁸

Immerhin termingerecht wurden gegen Jahresende 1942 der Ludwigshafener Magnetophonband-Prüfstelle zwei dieser neuen Anlagen zugesagt. Ein Exemplar wurde allerdings schnell wieder gestrichen, das andere überbrachte Hans Schießler nach wiederholten Verzögerungen im Juni 1943 persönlich.¹⁹⁴⁹ Wolfen hatte dagegen zur Unterstützung seiner Magnetbandentwicklung schon im Februar 1943 die neue Apparatur erhalten,¹⁹⁵⁰ während die Ludwigshafener sich auch jetzt noch weiter gedulden mussten: „Das Gerät kann zur Zeit noch nicht verwendet werden [...] Vorläufig wird deshalb mit der K 4-Apparatur weitergemessen“.¹⁹⁵¹

Schepelmanns ambitionierte Planung von 1941 war schon zeitbedingt überhaupt nicht einzuhalten, und so scheint es bei der zunächst geplanten Vorserie von nur 30 Stück geblieben zu sein.¹⁹⁵² Sie müsste in dem Zeitraum vor dem Umzug der Magnetophon-Fertigung nach Zühlsdorf gebaut worden sein. In einem Buchungsbeleg der Magnetophon GmbH vom 30. September 1944, dem Ende des Geschäftsjahres 1943/1944, tauchen im Lagerbestand vier K 7-Laufwerke auf.¹⁹⁵³ Danach ist zwischen Sommer 1943 und 1945 vom K 7 kaum etwas zu finden; Richard Ranger entdeckte im Frühsommer 1945 teilmontierte Komponenten für 18 Stück K 7, also allenfalls halbfertige, immerhin bereits nach Fabrikationszeichnungen gebaute, demnach produktionsreife Geräte.¹⁹⁵⁴ Die kurz nach Kriegsende erstellten FIAT-Berichte konzentrieren sich freilich auf technische Details, bei Datierungen sind sie eher vage. Wie viele K 7 noch vor Mai 1945 tatsächlich zum Einsatz gekommen sind, bleibt demnach Spekulation; seine „große Zeit“ kam erst nach 1946. Die Gesamtzahl der unter dem Namen Magnetophon K 7 in den diversen Entwicklungsstufen gebauten Exemplare ist nicht mehr festzustellen; als Größenordnung wird man insgesamt hundert Stück annehmen können.¹⁹⁵⁵

Magnetophon K 7

Allgemeines

So schlecht es um Abbildungen des Magnetophons K 7 steht, so gut sind Schaltpläne und sogar Fabrikationszeichnungen überliefert.¹⁹⁵⁶ So verwendeten etwa die Berichte der Siegermächte teilweise auch die Vorlagen der AEG;¹⁹⁵⁷ als Firmenimpressum diente noch das der AT Apparatefabriken Treptow. Die Originalzeichnungen der AEG nach dem Kriege bauten offensichtlich ebenfalls auf den gleichen Vorlagen auf; so gibt es einen Schaltplan des K 7, gezeichnet am 20. Januar 1946 von der AEG Hamburg, Abt. Mgt. Offiziell gab es zu diesem Zeitpunkt Magnetophonaktivitäten der AEG nur in Berlin und Kiel. Erst drei Monate später fuhr eine Hamburger Delegation (Seite 257) nach Berlin und beschloss dort, nach Erhalt der „Production Permit“ Magnetophone des Typs K 7 in Berlin und Hamburg zu bauen. Für diesen Besuch dürfte dieser Schaltungszustand fixiert worden sein, er weist schon wesentliche Verfeinerungen und Verbesserungen gegenüber den vorhergehenden Ausführungen auf.

Derselbe Schaltungszustand ist auch in Richard Rangers im Mai 1947 abgeschlossenen FIAT-Report 923 wiedergegeben, und zwar gleich doppelt; die zweite trägt den Vermerk „As corrected by Rundfunk Laboratories“, stammt also von der Rundfunktechnischen Zentralstelle Bad Homburg, die am 16. Oktober 1946 der AEG Berlin Abänderungen des K 7 vorgeschlagen hatte, die „nur wenig neues Material erfordern und zu Qualitätsverbesserungen führen [...].“¹⁹⁵⁸ Ranger nennt sie in der „List of Targets Visited“, seinen Reisezielen, ebenso wie die neue AEG-Zentrale in der Berliner Hohenzollernstraße.¹⁹⁵⁹ In beiden Schaltbild-Versionen fehlt unter anderem die Brumm-Kompensationsspule. Immerhin verdanken sich diesem Bericht die einzigen noch vorhandenen Abbildungen des Magnetophons K 7 (siehe Abbildung 255).

Den letzten – bekannten – Stand geben ein Schaltplan samt Schaltbildstückliste vom 2. Juli 1946 wieder, die vermutlich in Berlin entstanden sind, weil der Hinweis auf „Abt. Hamburg“ ebenso fehlt wie ein Hinweis auf die AT (also die Apparatefabrik Treptow). In diesen Schaltplan wurden auch Feinheiten eingearbeitet, die wohl

aus der Laborerprobung zur Brummunterdrückung im Frühjahr 1946 entstanden sind (Seite 260). Weiter finden sich hier die Sockelschaltbilder der sieben Röhren. Wie weit sie mit den in früheren K 7 verwendeten Röhren übereinstimmen, lässt sich nicht sicher feststellen, weil entsprechende Angaben in den älteren Schaltplänen fehlen. Allerdings könnte man aus einem schlecht reproduzierten Photo in FIAT 923 schließen, dass vergleichbare Typen verwendet wurden.

Die komplette Drei-Koffer-Anlage sollte komplett RM 3.888 kosten.¹⁹⁶⁰ War auch die Laufwerksplatte nur geringfügig gewachsen (K 4: 62,5 x 32 cm = 2.000 cm²; K 7: 58 x 37 cm = 2.146 cm²), nahm die neue Maschine wegen ihrer Höhe von 35 cm (gegenüber 20 cm bei K 4 / R 22) fast das doppelte Volumen ein; das Gewicht war von 30 kg auf 40 kg gestiegen.



Abbildung 251: Beim Magnetophon K 8 besser zu sehen als beim K 7: Umspulregler ganz links, Betätigungsschieber für den Bandabheber (oberhalb der Halt-Taste, diese mit Auslöser für den Bandabheber)

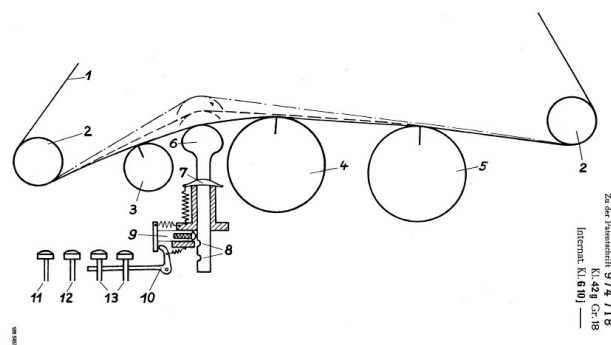


Abbildung 252: Schemazeichnung „Bandabheber“ aus dem Patent DE 974 718 (siehe Text)

Kopfträger

Der K 7-Kopfträger brachte als lang erwartete Neuerung den beim K 4 sehr vermissten Bandabheber. In der Abbildung 255 sowie anderen, kaum reproduktionsfähigen Bildern aus diesem Bestand ist eine Art Drehgriff im linken Viertel des Kopfträgers zu sehen, oberhalb der Halt-Taste. Sie betätigt die „verschiebbare Bandabhebevorrichtung“, der in einer dreizehnseitigen K 7-Betriebsanleitung nur ein (lückenhafter) Satz gewidmet ist: „Ein am Kopfträger angebrachter Bandabheber dient dazu, das Band von den Köpfen abzuheben, um den Kopfverschleiss auf ein Mindestmass herabzusetzen.“¹⁹⁶¹ Als günstigste Position erwies sich der Raum zwischen Lösch- und Aufnahmekopf (Abbildung 252). Außer den Grundstellungen – Bandabheber in Ruhestellung ohne Bandberührung, in der Endstellung Band von allen Magnetköpfen abgehoben, eben der Position beim Umspulen allgemein – erlaubt die Konstruktion auch Zwischenpositionen: das Band ist dann zwar von Lösch- und Aufnahmekopf abgehoben, liegt aber am Wiedergabekopf mehr oder weniger „leicht“ an (es geht um Abstände von einem bis zwei Millimetern). Beim Umspulen werden, etwas Übung vorausgesetzt, eine längere Pause, der Übergang von Sprache zu Musik oder der Wechsel von einem Sprecher zum anderen relativ sicher zu finden sein, da „der Aufzeichnungsinhalt des Trägers noch erkennbar bleibt“. In späteren Ausführungen halten Zahnstange und Rasten den Bandabheber in der gewünschten Position, ein Auslöser, verbunden mit der Halt-Taste, lässt ihn in die Ruhestellung zurückspingen. Abbildung 251 zeigt die weiterentwickelte Ausführung beim Magnetophon K 8, die vermutlich dem Text von Schüllers Erfindungs-Patent DE 974 718 vom 31.12.1948 entspricht.¹⁹⁶² Ähnliche Konstruktionen haben auch die Magnetophone T 8 und T 9 übernommen.

Betrieblich unbequem und elektrisch unzulänglich dürfte die Abschirmung der Magnetköpfe im Kopfträger R 7 beziehungsweise R 7a gewesen zu sein. In seinem letzten Patent, DE 891 465 vom 1. Dezember 1944, steuert Eduard Untermann eine bewegliche „Brummklappe“ bei (Abbildung 253), die den Bandpfad vor Aufnahme- und Wiedergabekopf freigab und damit gegenüber dem etwas verbauten Spalt der bisherigen Ausführung das Einlegen des Magnetbandes erleichterte (Abbildung 254). Dieser Untermann-Nachlass erscheint erstmals im K 7-Kopfträger. In weiterentwickelter Form findet sich die „Brummklappe“ noch bis zu den Magnetophonen T 9 und M 5 vor dem Wiedergabekopf; erst beim Magnetophon M 10 (6,3 mm-Ausführungen) ist sie dank geschickteren Aufbaus und besserer Kopfabschirmung entfallen.

Motore

Bemerkenswerte Änderungen betrafen auch die Motore, vor allem den Tonmotor. Hatten bisher die Magnetophone (K 1 und die Tonschreiber ausgenommen) meist Asynchronmotore mit einer Nenndrehzahl zwischen 1.460 und 1.470 Upm,¹⁹⁶³ erhielt Magnetophon K 7 einen Synchronmotor (1.500 Upm) und, daraus folgend, eine Tonrolle mit dem Durchmesser 9,8 mm anstelle der bisherigen 10 mm. Man setzte also voraus, dass das Netz seine Nennfrequenz präzise einhielt, in den 1940er Jahren durchaus noch nicht selbstverständlich. Dagegen liefen Asynchronmotoren, so lange sie ihre Betriebstemperatur noch nicht erreicht hatten oder die Netzspannung

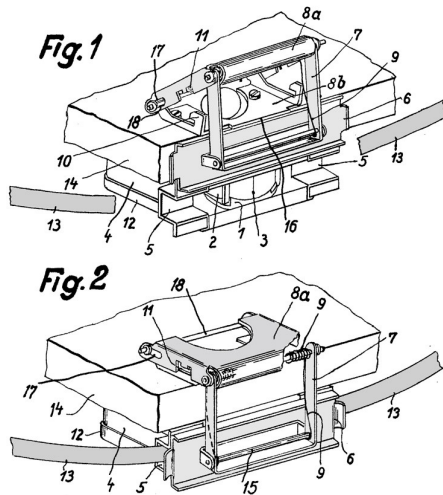


Abbildung 253: Eduard Untermanns letztes Patent, „Abschirmung für Magnetköpfe in Magnetongeräten“, angemeldet am 1. Dezember 1944.

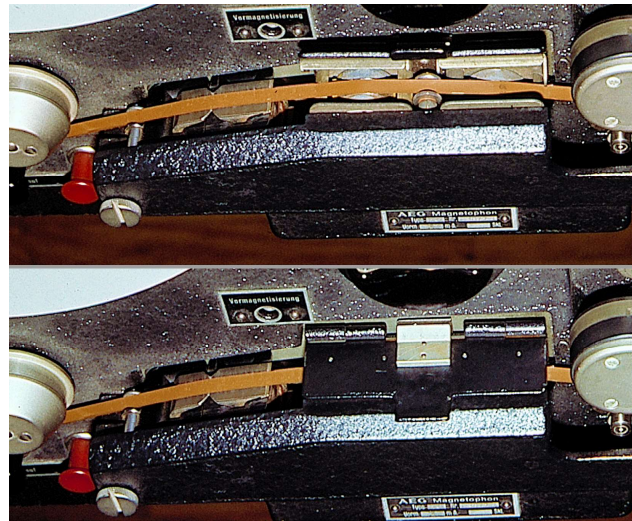


Abbildung 254: Die „Brummklappe“ vor Aufnahme- und Wiedergabekopf beim Magnetophon K 4 (entsprechend R 22 / R 22a)

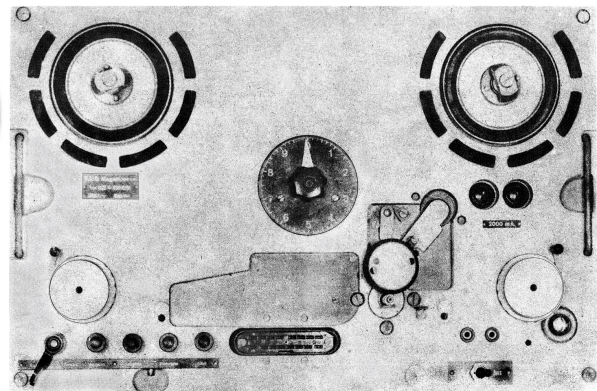
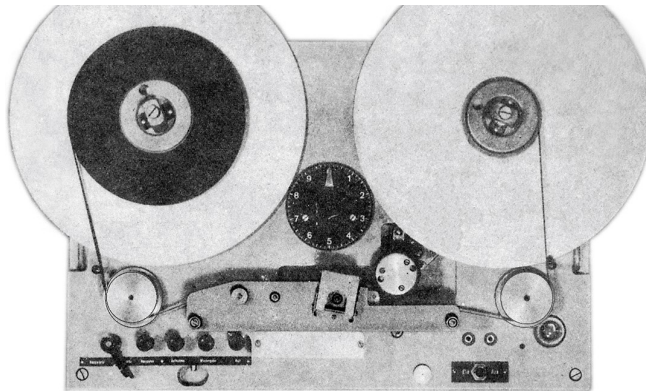


Abbildung 255: Das Magnetophon K 7, Stand Frühjahr 1947. Die beiden nur in schlecht gedruckten Reproduktionen bekannten Bilder stammen aus Richard Rangers FIAT Final Report No. 923, „Further Studies in Magnetophones and Tapes“ vom Mai 1947.¹⁹⁶⁴ Gegenüber Magnetophon R 22a sind mehrere Neuerungen zu erkennen: Knebelgriff („Rangierhebel“) für Vor- und Rückspulen mit jeweils zweistufig wählbarer Umspulgeschwindigkeit, zusätzliche Umlenkrolle zwischen Gummiandruckrolle und rechtem Wickelteller, Brummklappe, Bandlängenanzeige. – Der Vergleich mit dem Magnetophon K 8 zeigt unverkennbare äußere Ähnlichkeiten beider Modelle, größere Abweichungen weist nur der flüssiger modellierte K 8-Kopfträger auf.

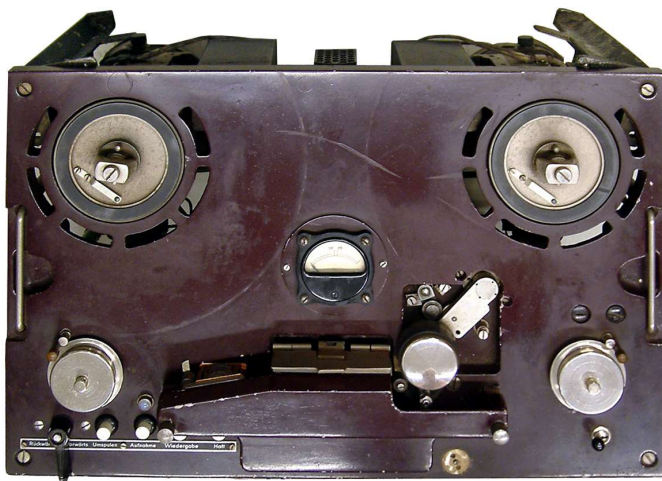


Abbildung 256 (LINKS): Ein Gerät aus der Entwicklungsreihe oder eine Sonderanfertigung des Magnetophon K 7, fernsteuerbar, deshalb entfielen einige der üblichen Ausstattungsmerkmale, die hier mittels Relaissteuerung realisiert wurden. Die Typbezeichnung ist nicht ersichtlich, der Einsatzzweck nicht bekannt. Baujahr etwa 1947.

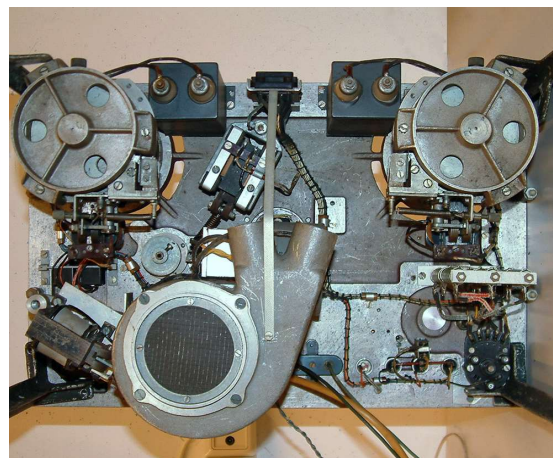


Abbildung 257 (RECHTS): Dasselbe Gerät von unten. „Windhose“ zur Belüftung und Kühlung der Wickelmotore. Die vom Tonmotor erzeugte Zwangsumluft wurde in den Innenraum geblasen und entwich über die Lüftungsschlitze unter den Wickeltellern.

absackte, zu langsam.¹⁹⁶⁵ Bis etwa 1970 arbeiteten in netzbetriebenen Studio-Magnetophonen grundsätzlich Synchronmaschinen als Tonmotore. Die Wickelmotore, bisher Kollektor-Typen, wichen langlebigen bürstenlosen Asynchronmotoren, die keine Funkenstörungen produzierten.¹⁹⁶⁶ Das erforderte zwar ein paar „Hilfskondensatoren“, ersparte dafür aber die „Notbremsen“ gegen das für unbelastete Bürstenmotoren typische Durchgehen. Außerdem waren die älteren Motore lauter gewesen, mussten aufwendiger gegen elektromagnetische Störungen geschirmt werden und verschlissen schneller.

Laufwerk und Bremsen

Als erster Magnetophon-Typ besaß K 7 einen „Vor-Rückspulschalter“ (Abbildung 255), mit dem man beim Umspulen die Bandgeschwindigkeit in Stufen von Vorlauf über Stop zum Rücklauf verstellen konnte. Die Funktion dieses Knebelgriffs, genannt auch „Rangierschalter“ oder „Rangierhebel“, übernahmen alle zukünftigen AEG-Studio-Magnetophone.

Die Beschaltung war vergleichsweise einfach (Abbildung 258). Die gezeichnete Schalterstellung gilt für den Aufnahme- beziehungsweise Wiedergabe-Betrieb des Magnetophons: Der links gezeichnete Motor Mo3 des rechten Wickeltellers wurde über U2 und Vorwiderstand W18 so mit Strom versorgt, dass er das Band straff aufspulte. Der linksdrehende Motor Mo2 erhielt über U1 und W14 das zum Bandabbremsen beim Spielen erforderliche Drehmoment. Im Umspulmodus wurden U1 und U2 umgelegt. Dadurch wurden beide Motoren über S3 und die Widerstandskette W9 bis W12 angesteuert. Je nachdem, ob jetzt der Rangierhebel dichter an „Vorlauf“ oder „Rücklauf“ stand, erhielt der Vorlauf- beziehungsweise der Rücklaufmotor das höhere Drehmoment und bestimmte so Wickel-Geschwindigkeit und -Richtung.

Optisch vielleicht am auffälligsten: Die bisher einzige Umlenkrolle mit ihrem kegelstumpffartigen Oberteil wich einer zylindrischen Ausführung mit größerem Durchmesser, dazu kam eine gleichartige Rolle am rechten Rand (beide mit Fühlhebeln für die Bremsensteuerung), so dass das Magnetband jetzt nicht mehr unmittelbar von der Gummiandruckrolle auf den rechten Wickelkern anliefe, vielmehr passierte es kurz vor dem rechten Wickelteller eine letzte Bandführung. Das dürfte der Wickelqualität zugute gekommen sein – die damaligen Magnetbänder hatten ja keine Rückseitenmattierung.

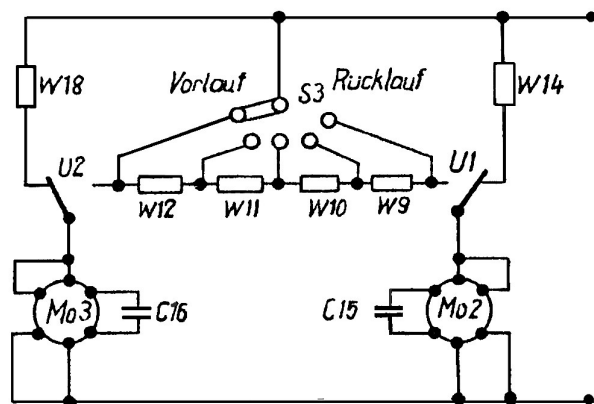


Abbildung 258: Die „Rangierschaltung“ des Magnetophons K 7 zur Schnelligkeitswahl beim Vor- und Rückspulen. In Umspulstellung waren die Schalter U1 und U2 gegenüber dem Bild umgelegt, dann bestimmte die Stellung des Rangierschalters S3 die Laufrichtung des Bandes und dessen Schnelligkeit.

Die Laufwerksschaltung war gegenüber R 22a vergleichsweise einfacher geworden, das galt auch für die Motorsteuerung, weil diese ohne Fernsteuerungen auskam. Auch die für Kollektormotoren üblichen Entstörmassnahmen entfielen. Es gab nur Anlaufkondensatoren, strombegrenzende Widerstände, Bremsmagnete und Entstörungen für die Schaltkontakte. Die mechanische Einstellung dieser Schaltkontakte (Einstellkraft, zeitliche Kontaktreihenfolge) soll „eine Wissenschaft für sich“ gewesen sein.¹⁹⁶⁷

Wie es unterhalb der Laufwerksplatte aussah, zeigt ein Gerät aus der Entwicklungsreihe oder eine Sonderanfertigung des Magnetophon K 7 (Abbildung 255). Auch für die Motorkühlung fanden sich neue Wege. Nach wie vor trug der Tonmotor ein überdimensioniertes Gebläse, selbst die „Windleithose“ des K 4 findet sich wieder (Abbildung 257), allerdings blieben jetzt ihre Auslass-Stutzen offen. Noch in der ersten K 7-Serie, die die Westalliierten im August 1945 erhalten hatten, fanden sich die bekannten weiter-

terleitenden Luftführungen,¹⁹⁶⁸ die danach aber entfielen, weil die Wickelmotore auch ohne Fremdkühlung auskommen konnten. Die Zwangsumluft, die das Gebläse am Tonmotor in den Innenraum unterhalb der Montageplatte förderte, nahm die Wärme auf und strömte über die Schlitz in der Laufwerksplatte oberhalb der Wickelmotore aus (Abbildung 256). Die Lüfterwirkung der Bandteller beschleunigte die Luftabfuhr zusätzlich.

Die Fehlertabelle (Seite 203) und einige Hinweise einer K 7-Beschreibung lassen auf Schwächen und aufwendige Justage der K 4- wie der R 22-Bremsen schließen – man ahnt die entsprechenden Betriebsstörungen, derenwegen schon das R 22a verstärkte Bremsen bekommen hatte. Nun erforderte das höhere Drehmoment der K 7-Wickelmotore eine Neukonstruktion: „Die Bremsbänder sind besonders breit und stabil gehalten, so dass sie einem Dauerbetrieb gewachsen sind. Eine etwa notwendige Nachstellung der Bremsen ist ... bequem von Hand möglich“.

Verstärker

Der Bildteil von Rangers Bericht zeigt alle K 7-Verstärkerstufen – wie übrigens auch beim Magnetophon K 8 – sowie ein Netzteil mit Anschlußfeld in einem gemeinsamen Rahmengestell vereint. Wie bei früheren Bauweisen, ragen die waagrecht eingebaute Röhren in einem rund-ovalen Schutzgitter über die Frontplatte hinaus. Einzelkomponenten nach Rundfunkbauweise (wie V 5 und V 7b) sind nicht bekannt. Wesentliche Fortschritte sind: ein dreistufiger anstelle des früheren zweistufigen Aufnahmeverstärkers, im Wiedergabeverstärker ver-

feinerte Gegenkopplung zur Höhenanhebung, schließlich die Detaillierung der HF- und Tonsignal-Einkopplung in den Aufnahmekopf.

Die Verstärker bestanden aus drei Baugruppen. Ein Aufnahmeverstärker gab für den Standardfall (1,55 V Eingangsspannung) das Signal über einen potentialfreien Eingang auf drei Vor-Pentoden der Stahlröhrenserie (EF 12, EF 14). Die Beschaltung zwischen den Röhren war wegen der mit der HF-Vormagnetisierung eingeführten Höhenanhebung aufwendiger geworden als zu Gleichstrom-Zeiten. Die letzte Röhre steuerte den Aufnahmekopf indirekt (Übertrager) an. Auf der Sekundärseite wurde der Hochfrequenzstrom dem Signal zugemischt, er kam von zwei weiteren Vor-Pentoden: eine erzeugte den HF-Strom für den Aufnahmekopf, die andere den HF-Löschstrom. Beide Röhren waren über ihre Steuergitter synchronisiert, so dass keine störenden Interferenztöne aufgrund von Schwebungen der beiden Hochfrequenzströme entstehen konnten.

Ein weiterer Vorverstärker stand für den Fall zur Verfügung, dass am Eingang kein Standardsignal (1,55 V entsprechend +6 db) anstand, etwa beim Anschluss eines Mikrofons. Dieser Verstärker arbeitete weitgehend unabhängig von den anderen Kreisen, er hatte sogar eine eigene Spannungsversorgung inklusive Transformator. Hier waren Röhren der Außenkontaktserie eingesetzt, eine Vorpentode (AF 7) und eine Endpentode (AL 4). Das Signal wurde hinter der Endpentode zum Eingang des Standardverstärkers gegeben. Natürlich war die AL 4 für diese Aufgabe überdimensioniert – sie hatte noch eine weitere Aufgabe (siehe unten). An den Ausgang des Verstärkers war noch eine steuerbare Mischröhre vom Typ AH 1 angeschlossen, wie im Verstärkerkoffer des Magnetophons K 4 bildete sie zusammen mit einem schnell einschwingenden Milliampere-Meter einen Spitzenwertanzeiger zur Aussteuerungskontrolle des Magnetbandes: starke Signalamplituden wurden einerseits korrekt angezeigt, andererseits machte die Rücklaufverzögerung (langsame Kondensatorentladung) die Anzeige leichter ablesbar.

Der dritte Verstärker, der Wiedergabeverstärker, arbeitete ebenfalls mit zwei Vor-Pentoden der Stahlröhrenserie. Die im K 4-Verstärker noch einfache, starre Frequenzbeeinflussung war, wie im V 5, jetzt um eine – mittels Gegenkopplung in Grenzen einstellbare – Höhenanhebung ergänzt worden. Das Ausgangssignal dieses Verstärkers diente während der Aufnahme über Kopfhörer zur Hinterbandkontrolle. Es konnte im Wiedergabebetrieb aber auch auf den genannten Mikrofonverstärker geschaltet werden, der dann mit einer Ausgangsleistung von 4 W auf einen Lautsprecher arbeitete – dafür war die Leistungsfähigkeit der Endpentode AL 4 vorgesehen.

Zum Eingangskreis des Wiedergabeverstärkers gehört eine Kompensationsspule, die Einstreuungen aus Motoren oder Transformatoren neutralisieren und so den Geräuschabstand verbessern sollte.

Weitere Verbesserungen und Neuheiten

Zu den Neuheiten im Magnetophon K 7 gehört auch eine neue Bauart des Wegmesswerks, laut AEG Bandlängenanzeige (im Studiojargon „Banduhr“). Angetrieben von der rechten Leitrolle, zeigte es die Bandposition auf einer Zehnerskala an. Da es auf der Laufwerksplatine zwischen beiden Bandtellern in unmittelbarer Nähe vor dem Bandpfad eingebaut war, behinderte es Schnittarbeiten (was erst beim Magnetophon T 8f korrigiert wurde: die Banduhr rückte an den hinteren Platinenrand, die Skala zeigte Bandspielzeiten in Minuten an, siehe Abbildung 256). Die bisherigen elektrischen Techniken, die auch zur Fernmessung geeignet waren, ersetzte eine rein mechanisch arbeitende Ausführung. Der Antrieb erfolgte von der rechten Leitrolle aus mit zwei Schneckengetrieben und einer unterhalb der Laufwerksplatine verlaufenden Welle. Auch die abtastenden Mess- und Schaltwerke (Seite 101) waren nicht mehr vorgesehen, und weil ohnehin nicht benötigt, waren sie in den Studios demontiert worden.

Eine willkommene Service-Erleichterung boten die neuen Magnetophone mit der Art ihrer Halterung: Während im K 4 ein geschweißter Winkelrahmen unterhalb der Laufwerksplatine alle Komponenten umgab und damit eine gewisse Steifheit des Aufbaus bewirkte (Abbildung 145, Seite 133), betonte man ab K 7 die leichtere Zugänglichkeit: An den vier Ecken der Laufwerksplatine waren Aluminiumbeine (Abbildung 257) angebracht, die zum einen den Raum zwischen ihnen leicht zugänglich machten, sich zusätzlich leicht demontieren ließen, im montierten Zustand jedoch ideale Standfüße bildeten, auch bei seitlicher Gerätelage. Den Einbau in ein Gehäuse oder in eine Truhe erleichterten diese Füße darüber hinaus als sichere Führung.

Neben den „typgerechten“ K 7-Maschinen hat es offensichtlich noch „K 7-Zwitter“ gegeben, die wohl aus gerade vorhandenen Komponenten zusammen gesetzt worden sind – einen solchen, sogar fernsteuerbaren Abkömmling zeigt Abbildung 256. Es verwendete die Original-Platine der K 7 (mit sechs Schlitzen je Motor) und hatte einen eckigeren Kopfträger, der – nach seinen Steckern und Kopfabschirmungen zu urteilen – von der K 4 zu stammen scheint. Eine Reihe von Vereinfachungen ergab sich, weil es ein ferngesteuertes Gerät war: Schnellbedienungen für die Brummkappen oder Bandabheber waren deshalb nicht erforderlich, ebenfalls konnte der Sicherungstaster für die Aufnahmetaste entfallen – ja, alle Tasten waren nur einfache „Klingelknöpfe“, deren funktionale Verknüpfung und gegenseitige Verriegelung erst über Relais in der Steuereinheit realisiert wurden. Selbst die Bandlängenanzeige entfiel; ihren Platz nahm ein Netzspannungs-Meßgerät ein.

Wie Recherchen für diese Publikation zeigten, kann allerdings von einem fest umrissenen Typ Magnetophon K 7 nicht die Rede sein. Es scheint vielmehr, als sei unter diesem Namen keineswegs die Kennung eines komplett neuen Typs zu verstehen, sondern eine Art „Landmarke“ nach einer lange Reihe mühevoller Optimierungsschritte zwischen 1941 und etwa 1947. Als nach teils harscher Kritik, etwa vom Berliner Rundfunk, weitere

Detailverbesserungen zu einer leidlich ausgereiften Konstruktion führten, betrachtete die AEG Berlin dies als Zäsur, die auch den neuen Namen „Magnetophon K 8“ rechtfertigte. Eine grundsätzliche Neukonstruktion kann eigentlich erst das Magnetophon T 9 genannt werden, das freilich im Lauf seiner Produktionszeit ebenfalls größere Veränderungen zu verzeichnen hat.

Magnetophon K 8

Die anhaltenden organisatorischen Turbulenzen in der Magnetophongeräte-Produktion der AEG spiegeln sich in der bemerkenswert unübersichtlichen Chronologie des Magnetophons K 8. Obwohl die AEG noch Mitte 1946 bei den Studio-Magnetophonen auf K 7 setzte, wurde bereits am 22. Februar 1947 das K 8 beworben – zusammen mit „entmilitarisierten“ Tonschreibern (Seite 259). Die in dieser Werbeschrift „*Magnetophon – das ideale Schallaufzeichnungsgerät*“¹⁹⁶⁹ ebenfalls angegebene Hamburger Anschrift dürfte wohl nur als Kontaktadresse gedacht gewesen sein – dort wurde jedenfalls zu jener Zeit keines der genannten Geräte gebaut oder betreut.¹⁹⁷⁰

Es passt ins Bild, dass eine weitere Informationsmappe „*AEG Magnetophon K 8*“ erst zwei Jahre später, im Januar 1949,¹⁹⁷¹ gedruckt worden ist – mitten in der Luftbrücken-Zeit. Man muss sich daher fragen, wann und an wen denn nun die ersten Geräte vom Typ K 8 gingen – es scheint erst ab Anfang 1949 ausgeliefert worden zu sein.¹⁹⁷² Eine umfassende Antwort steht aus. Zwischen den beiden genannten Terminen legte die AEG Winterhude im November 1947 die technische Beschreibung ihres neuen Magnetophons T 8 vor, das dann schon im Jahre 1947/48 seine Betriebseinführung beim NWDR hatte¹⁹⁷³ (zur Technik dieser Geräte siehe Seite 271).

Magnetophon K 8 war das letzte Studiogerät, das nach dem Muster des gerade vierzehn Jahre alten Magnetophons „K 1“ auf drei Koffer aufgeteilt war: je einer für das Laufwerk (dieses auch separat zum Einbau angeboten), den „Entzerrer-Verstärker“ (mit zwei Verstärkern für Aufnahme und Wiedergabe, zwecks Hinterbandkontrolle) sowie eine Lautsprecherbox.¹⁹⁷⁴ Wie schon das K 7, taucht K 8 weder im Braunbuch der westdeutschen Rundfunkanstalten noch im entsprechenden Blaubuch des DDR-Rundfunks auf – hat sich also hier nicht durchsetzen können. Dass dennoch einzelne Geräte getestet worden sein können, ist nicht auszuschließen (bekannt ist allerdings ein Magnetophon K 8 aus RIAS-Beständen mit der Bezeichnung „R 22c“).



Abbildung 259 (LINKS): AEG Magnetophon K 8, das letzte in Berlin gebaute Studio-Magnetbandgerät der AEG. Das hier gezeigte Exemplar ist leicht modifiziert (unter anderem Umstellung auf 38,1 cm/s, Ausnehmung für die Sperrtaste).

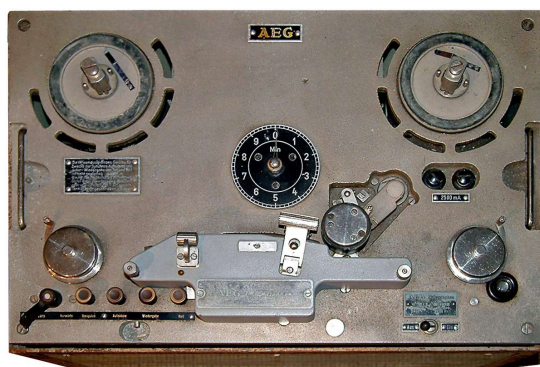


Abbildung 260 (RECHTS): Magnetophon K 8 ohne Wickelteller; Lüftungsschlitze als grobes Unterscheidungsmerkmal gegenüber Magnetophon K 7. Links vorn der „Rangierhebel“ zur Wahl der Vor- oder Rückwärts-Umpulgeschwindigkeit, wie schon beim K 7 vorhanden.

Bandantrieb und Bedienelemente

Betrachtet man das K 8-Laufwerk von oben (Abbildung 259), ist es schwierig, Unterschiede zum Magnetophon K 7 (Abbildung 255) zu finden. Wahrscheinlich wurden weitgehend K 7-Rohlinge und Werkzeuge auch für K 8 eingesetzt. Die Komponenten bis herunter zu den Schaltern, Sicherungen, Rangierhebel, Glühlampe und so weiter sind durchweg identisch. Unter den Bandtellern zeigt sich, dass der ringförmige Kühlluftaustritt nur fünf anstelle von sechs Durchbrüchen aufweist – die beim K 7 noch vorhandenen sechsten Schlitze zwischen Motoren und Laufwerkbefestigungen dürften unzulässige Werkstoffschwächungen verursacht haben (trotzdem zeigt eine Broschüre vom Januar 1949 das K 8-Laufwerk noch mit sechs Schlitzen – wie beim K 7). Auch die Bandlängenanzeige kann zur Unterscheidung dienen; sie war zwar sehr ähnlich aufgebaut, diejenige des K 7 war aber deutlich robuster und hatte einen großen Knopf zur manuellen Verstellung (etwa zur Nullsetzung); diese Einstellmöglichkeit findet sich natürlich auch beim K 8 ebenso wie beim T 8, wenn auch in einer zierlicheren Konstruktion. Der Kopfträger des K 8 glich dem des K 7 bis hin zu den Steckern, sah aber gefälliger aus (Kantenverrundung, modernere Bandabheber und „Abschirmklappen“, später Brummklappen genannt, „professionellere“ Abschirmungen (Abbildung 289, Seite 280) der Köpfe im Vergleich zu den einfachen Blechschirmen des K 7).

Verstärker-Elektronik

Der Schaltplan des K 8 vom Dezember 1948 (!) bot ein in sich geschlossenes Bild. Das Umstöpseln zwischen verschiedenen Verstärkern wurde durch einfache Schalterbetätigung ersetzt: Der Mikrofoneingang war zwar noch immer vom Normeingang (1,55 V) getrennt, beide arbeiteten aber auf den gleichen Verstärkereingang. Die Anpassung geschah über einen Schalter. Das Signal der Mikrofon-Eingangsröhre konnte außerdem auf den Eingang des Leistungsverstärkers geschaltet werden, so dass dieser für Ansagen genutzt werden konnte. Auch der 100 mV-Ausgang des Wiedergabeverstärkers ließ sich mittels Schalterbetätigung auf den Leistungsverstärker schalten, der nun dank Gegentaktendstufe bis zu 2 Watt Ausgangsleistung auf den Lautsprecher brachte. Der vereinfachte Spitzenwertanzeiger arbeitete mit einer Pentode. Leider ist nicht ersichtlich, welche Röhren im Schaltplan eingesetzt wurden, ein museales Gerät etwa aus der gleichen Zeit zeigt allerdings, dass die überholten Außenkontaktröhren durch Stahlröhren (bis auf eine Gleichrichterröhre) ersetzt wurden, meist als klirrarmer beziehungsweise klingarmer Typen wie EF 12k. Der lineare Frequenzbereich reichte unverändert von 30 Hz bis 10 kHz, die „Hochfrequenz“ für Löschung und Vormagnetisierung betrug 50 kHz. Dass in der Nachkriegszeit verschiedene Tonbandtypen angeboten wurden, musste auch bei der Aussteuerungsanzeige berücksichtigt werden. Das Instrument zeigte einen niedrigen Grenzwert für den „C-Film“ und einen deutlich höheren für den „L-Film“ (das sogenannte Masseband).

Trotz ihres holprigen Starts und ihres, wie sich zeigen sollte, kurzen und eher begrenzten Erfolgs verkörpern Magnetophon K 7 wie seine Weiterentwicklung Magnetophon K 8 mit ihren aus der Rundfunk-Praxis abgeleiteten Verbesserungen den Typ des Studio-Tonbandgeräts, wie er den AEG-Modellen T 8, besonders dem Modell T 9, zugute gekommen ist und die jahrzehntelange Präsenz der Magnetophone in europäischen Rundfunkanstalten begründet hat. Es ist natürlich kein Zufall, dass sich auch andere Tonbandgeräte-Hersteller bei diesem Vorbild anlehnten. Die ausführlichen alliierten Technik-Berichte (BIOS, FIAT,¹⁹⁷⁵ CIOS, TBK) und die Freigabe der deutschen Patente im Ausland dürften dazu Einiges beigetragen haben.

Magnetophon K 8, Kenndaten (mit eigenem) Verstärker

Baujahre: 1947 – ca. 1950

Bandgeschwindigkeit 77 cm/s, Tonrollendurchmesser 9,8 mm, Synchrondrehzahl 1.500 U/min

Spieldauer bei 1.000 m Bandlänge: 21 min, Vollspur

Frequenzgang etwa 30 bis 10.000 Hz

Vormagnetisierungs- und Löschstrom-Frequenz 50 kHz

Eingangspegel +6 dB (1,55 V) oder Mikrofon (1 mV)

Ausgangspegel 100 mV, über Leistungsverstärker bis 2 Watt

Netzversorgung: 220 V Wechselspannung, 50 Hz

Angaben über Gleichlaufwerte und Konstanz der Bandgeschwindigkeit sind nicht auffindbar

Abmessungen:

Laufwerk, geschlossen: 58 x 37 x 35 cm, Gewicht etwa 39 kg,

Laufwerk, geöffnet, mit aufgelegten Bandtellern: 64 x 42 x 33 cm, Gewicht etwa 39 kg.

Verstärkerkoffer 56 x 36,5 x 40 cm, Gewicht 38 kg.

Lautsprecher 47,5 x 27 x 50 cm, Gewicht 18 kg, Zubehörkoffer 52 x 32,6 x 23 cm, Gewicht 15 kg.

Preis ab Werk zwischen etwa DM 4.400 und 6.300, variierte stark von Auftrag zu Auftrag.

AEG Berlin, FDS: Kriegsende und erste Nachkriegsjahre

AEG-Dokumente zu den Ereignissen unmittelbar vor und bei Kriegsende, etwa den Straßenkämpfen in Berlin, sind nicht bekannt – wenn es sie denn überhaupt gegeben hat. Man erfährt von den Betroffenen, dass der Betrieb in Zühlsdorf nur noch nachts arbeiten konnte, weil tagsüber der Strom gesperrt war. Der Konstrukteur Eduard Untermann sei in diesen Tagen verschollen – es wurde spekuliert, ob er in Kampfhandlungen geraten war, oder – als SS-Mann – sich das Leben genommen hat; „*seine Mentalität war so.*“¹⁹⁷⁶ Und „*Eduard [Schüller] konnte unnachahmlich komisch seine erste Begegnung mit einem russischen Soldaten schildern, die zum Verlust seiner Armbanduhr führte.*“¹⁹⁷⁷

Erst über die Zeit kurz nach der Kapitulation sind wieder mehr Unterlagen vorhanden, weil Eduard Schüller, der die FDS kontinuierlich weiterführte, wichtige Unterlagen aufbewahrt hat – vielleicht, um einen schnellen Zugriff darauf zu haben, vielleicht auch schon als Sammlung für seine mehrmals begonnene „Geschichte der Magnetophone“. Diese Notizen Schüllers beginnen Anfang Mai 1945.¹⁹⁷⁸ Sie werden erstaunlich gut ergänzt von Aussagen Otto Schefflers, späterer Technischer Direktor des Deutschlandfunks und bis dahin im „Haus des Rundfunks“ der RRG an der Charlottenburger Masurenallee beschäftigt.¹⁹⁷⁹ Spätere Interviews der Beteiligten in den 1980er Jahren sind naturgemäß nicht mehr so präzise, erhellen aber manches Detail.¹⁹⁸⁰

Seit den ersten Maitagen war Berlin von der Roten Armee erobert und zunächst ausschließlich von sowjetischen Truppen besetzt worden; erst Anfang Juli 1945 rückten Amerikaner und Briten, im August Franzosen in ihre Berliner Sektoren ein, und seither lag die Fabrik Drontheimer Straße (FDS) im französischen Sektor.

Schüller begann unmittelbar nach der Kapitulation (8./9. Mai 1945), sich eine Übersicht über die Situation (Lagerbestände, Mitarbeiter und so weiter) in der FDS zu verschaffen. Dann kam am 16. Mai der erste große Rückschlag: Eine sowjetische Militärkommission „besichtigte“ das Werk und ließ bis zum 30. Mai 1945 die noch weitgehend unzerstörte und funktionsfähige Fabrik demontieren. Die Mitarbeiter der Roten Armee scheinen

allerdings die Bedeutung der Tonbandgeräte nicht erkannt zu haben; nach der „Ausplünderung“ der Fabrik standen aus einer Vorserie von 30 Geräten¹⁹⁸¹ noch 18 Magnetophone K 7 praktisch fabrikfertig in der FDS. Des Weiteren waren laut Schüller „immer noch einige hundert Tonschreiber in verschiedenen Stadien der Fertigung“ vorhanden, außerdem teilfertige Geräte, Baugruppen und Bauteile für diese militärischen Geräte.¹⁹⁸² Das stimmt mit der Bilanz der Magnetophon GmbH vom 30. September 1944 überein, wonach „über Auftrag hinaus disponierte“ (also auf gut Glück gebaute?) Geräte in Mengen herumstanden: immerhin fünf Tonschreiber c und 28 Tonschreiber d, aber nicht weniger als 235 Tonschreiber b.¹⁹⁸³ Später werden die russischen Dienststellen konstatieren, dass ihnen das K 7 nicht gut genug gewesen sei, sie hätten sich mehr für die HTS-Version des K 4 interessiert – diese „handgesteuerte Truhe, stationär“ ist bekannter als Magnetophon R 22(a).

Im Gegensatz dazu zeigten sich die Westalliierten sehr an den Tonbandgeräten interessiert, nachdem sie deren Wert schon seit 1944 dokumentiert hatten (Seite 288). Deshalb teilten sie die achtzehn K 7-Geräte unter sich auf, was allerdings erst frühestens Mitte August 1945 geschehen sein kann. Richard H. Ranger, bekannt als zuverlässige Quelle, erläuterte die Umstände 1958:

The center of the Magnetophone production was the A.E.G. in the part of Berlin which finally came under the French. I found that there were parts for eighteen machines available which had not been assembled. The French agreed to let them be assembled and the eighteen were to be apportioned six to the French, six to the British and six to the U. S. When I came back some weeks later, I found the first had gone to the French, the second to the British and the third was to go to the French. Well, we finally got that straightened out and five of ours did excellent service in our Army Broadcasting and the sixth one I brought back to Fort Monmouth, along with some twenty cases of all kinds of technical equipment which would be of interest to the Signal Corps. A good bit of this material was color photography. And, of course, quite a bit was about the three types of tape they were then making. I gave some lectures on what I had found and shipped some of the units to those who asked for them in this country. I figured it was the finest type of reparations we could get and I was glad to be able to pass the information around.

J. Herbert Orr, (now president of ORRadio Industries) had gotten them back to coating Luvitherm magnetic tape at the Wald Michelbach plant before he had a bad auto accident over there which laid him up for some months.

Actually, several Magnetophones of various vintages were liberated <sic> to this country and all of this really started the tape industry in this country.¹⁹⁸⁴

Im Winter 1945 standen dreißig Magnetophone K 7 zur Endmontage bereit.¹⁹⁸⁵ Der Berliner Rundfunk bekam im März 1946 eine unbekannte Anzahl K 7 „im unfertigen Zustand ... zur Prüfung geliefert“, die umgehend und nachdrücklich beanstandet wurden.¹⁹⁸⁶ Im August 1946 waren kaum mehr als acht Geräte ausgeliefert,¹⁹⁸⁷ erst im Dezember kam ein Gerät zur BBC London,¹⁹⁸⁸ der Südwestfunk Baden-Baden erhielt aus einem Kontingent der französischen Besatzungsmacht Anfang 1947 zwei Maschinen.¹⁹⁸⁹ Die Magnetophon G.m.b.H. durfte ihre Produkte nämlich nicht etwa frei verkaufen, sondern musste ausnahmslos alle Geräte an die westlichen Besatzungsmächte abliefern.¹⁹⁹⁰ Die DEFA konnte bei den Dreharbeiten zum Film WOZZEK (April bis August 1947¹⁹⁹¹) zwei Magnetophone K 7 einsetzen (Seite 473).

In den ersten Tagen und Wochen unmittelbar nach Kriegsende arbeiteten natürlich die Post – und auch der Telefonverkehr – noch nicht wieder. Man behalf sich, indem man seine Briefe, meist kurze Notizen, per Kurier schickte und den Geschäftspartner bat, dem Kurier gleich eine Antwort mitzugeben. Häufig waren das erste tastende Versuche, um festzustellen, ob es den gesuchten Betrieb oder gar den Gesprächspartner überhaupt noch gab. Als Beispiel mag ein Brief von Otto Janzen, Inhaber von Sander & Janzen, Entwickler und Lieferant unter anderem von Synchronmotoren für Tonbandgeräte, an Eduard Schüller dienen. Er schrieb am 31. Mai 1945:

Nachdem nun der Krieg beendet ist und unsere Fabrik erhalten blieb, wollen wir versuchen, die dringendsten Arbeiten wieder aufzunehmen. Soviel ich von außen bemerken konnte, ist auch Ihr Betrieb stehen geblieben, und ich hoffe, dass auch Ihre Abteilung wieder in Gang kommt ... Sollten Sie diesen Brief heute persönlich erhalten, so bitte ich um eine kurze schriftliche Antwort und diese dem Boten gleich mitzugeben¹⁹⁹²

Eine Verbindung nach Zühlsdorf war nicht vorhanden – man wusste also in der FDS nicht, was dort gelaufen war, etwa was dort noch an Geräten und Ersatzteilen zur Verfügung stand. Auch von den dorthin „ausgelagerten“ Mitarbeitern hat sich anscheinend niemand in der FDS zurückgemeldet. Die Verbindung zu den AT scheint besser funktioniert zu haben; bereits Ende Mai war ein Organigramm erarbeitet, das die FDS weiter als Abteilung der AT unter demselben „Betriebsführer“ (immer noch die ominösen Begriffe!) Direktor Schätz auswies. Eduard Schüller und ein bisher nicht hervorgetretener Herr König waren zu sich gegenseitig vertretenden Direktoren der FDS ernannt worden. Zu dieser Zeit sind noch 62 „Gefolgschaftsmitglieder“ im Werk mit Anlauf- und Reparaturarbeiten beschäftigt, man plant für die Zukunft allerdings nur acht Angestellte und 32 Arbeiter.¹⁹⁹³

Berliner Rundfunk, Masurenallee

Das „Haus des Rundfunks“, ein markantes Klinkergebäude an der Masurenallee 8 – 14 (heute Sitz von rbb, Radio Berlin Brandenburg), bis Kriegsende Zentrale der RRG, war in seiner Bausubstanz praktisch unbeschädigt geblieben, konnte aber kaum noch senden, da Übertragungsleitungen, Sender und andere Technik zerstört waren. Otto Scheffler hat als Zeitzeuge diese letzten Kriegstage miterlebt: Der zum Schutz des Hauses vorgesehene Volkssturm wurde noch kurz vor Kriegsende zur Verteidigung des Propagandaministeriums und des Führerbunkers abgezogen. Die etwa 20 Betriebsangehörigen (Techniker und Technikerinnen, Sprecher und Redakteure), die als eine Art Werkschutz ausgebildet worden waren, zogen wieder ihre Zivilkleidung an und widersetzen sich dem Befehl, die Technik zu vernichten, indem sie wichtige Bauteile, wie etwa die Röhren,

ausbauen und versteckten. Nach Schefflers Erinnerung kam ein russischer Jeep mit einem Major Popow wohl am 2. Mai am Haus des Rundfunks an; man sagte ihm zu, die Technik des Hauses innerhalb eines Tages wieder betriebsfähig zu machen.¹⁹⁹⁴ Antony Beevor widmet in seinem Buch „*Berlin 1945 – das Ende*“ der Besetzung des Rundfunkgebäudes zwar nur ein kurzes Kapitel, aber hier finden sich noch einige wichtige weitere Details. Er berichtet nach einem Interview mit Richard Baier, dem damals achtzehnjährigen Sprecher in der Masurenallee:

SMERSCH-Offiziere ließen das Gebäude des „Großdeutschen Rundfunks“ in der Masurenallee von Truppen des NKWD umstellen. Alle Mitarbeiter mußten an ihren Schreibtischen Aufstellung nehmen. Sie waren erleichtert darüber, dass sie nicht versucht hatten, ihre Technik außer Funktion zu setzen oder zu zerstören. Der verantwortliche SMERSCH-Offizier, Major Popow, den deutsche Kommunisten begleiteten, behandelte sie gut. Er sorgte auch dafür, dass die Soldaten die vielen jungen Frauen in dem Gebäude schützten. Das nützte ihnen allerdings wenig, als sie einige Tage später nach Hause gehen durften.¹⁹⁹⁵

SMERSCH war die gefürchtete militärische Spionageabwehr des NKWD und arbeitete gegen äußere und innere Feinde. Das Wort ist eine Abkürzung des russischen Ausrufs „*smert schpionam!*“, Tod den Spionen!

Laut der gleichen Quelle berichtete Baier, dass er am 2. Mai 1945 noch nachts um 1:55 Uhr die letzten Nachrichten des Großdeutschen Senders aus dem Bunker des Funkhauses verlesen habe – jene berühmte Meldung, nach der „der Führer“ im Abwehrkampf um Berlin gefallen sei. Es muss aber nach den Angaben Schefflers bezweifelt werden, dass diese Nachrichten noch abgestrahlt wurden, zumindest nicht über den Sender Tegel: Scheffler erzählt von einer Fahrt mit einem russischen Militärfahrzeug, bei der geprüft wurde, bis wohin die im Studio gesendeten Programme denn überhaupt noch gelangten. Er berichtet von dieser „*wohl schrecklichsten Fahrt seines Lebens*“ (er sah nach drei Monaten im Bunker zum ersten Mal die zerstörte Wirklichkeit Berlins), dass schon das Verteiler-Fernamt in der Winterfeldtstraße zerbombt war und dass die Leitungen zum Sender Tegel, die unter Brücken etwa über die Spree geführt worden waren, beim Einsturz dieser Brücken zerrissen waren.

Damit aber der Sender Tegel innerhalb von drei Tagen wieder in Betrieb genommen werden konnte, wurde ein Notbetrieb gestartet, indem das Programm in der Masurenallee auf Tonband aufgenommen, per Kurier nach Tegel gebracht und dort in einem Übertragungswagen abgespielt und gesendet wurde. Auch beim Sender in Tegel musste improvisiert werden: Es gab keine öffentliche Stromversorgung mehr. Der Treibstoff für das Notstromaggregat wurde erst einmal aus liegengelassenen Lkws abgezapft.

Obleich Major Popow nur knapp drei Wochen in der Masurenallee blieb, hat er für den weiteren Fortgang der Magnetophongeschichte wohl noch eine wichtige Rolle gespielt, deshalb eine weitere Erinnerung Schefflers:

Nachdem also zunächst Major Popow mit einem Stab von Russen das Regiment im Funkhaus Berlin übernommen hatte, verließ er aber kurzzeitig danach, am 19. Mai 1945, schon wieder das Haus des Rundfunks ... Major Popow war für uns ja ein sehr angenehmer Chef, er sprach vorzüglich Deutsch. Ich habe später noch erfahren, dass er in den Jahren 1931 bis 1933 Techniker im Haus des Rundfunks war und daher so gut Bescheid wußte. Er hatte außerdem in Deutschland Hochfrequenztechnik studiert.

Scheffler berichtet dann noch von den verschiedenen Demontagen im Haus des Rundfunks und von den nur wenigen noch im Hause verbliebenen Tonschreibern.

Die sowjetische Verwaltung hatte Hans Mahle (eigentlich Mahlmann, Mitglied der aus Moskau eingeflogenen „Gruppe Ulbricht“¹⁹⁹⁶) zum Intendanten des „Berliner Rundfunks“ ernannt. Der Programmgestaltung kam zugute, dass man noch auf das große RRG-Archiv mit seinen hochwertigen Tonbandaufnahmen zurückgreifen konnte. Auch nachdem im August 1945 die drei West-Alliierten ihre Sektoren besetzt hatten, blieb das Funkhaus eine sowjetische Enklave, um das die Briten im Juni 1952 sogar einen Stacheldrahtzaun zogen. Wegen dieses unhaltbaren Status’ und gezielter Nadelstiche – so sprengte im Dezember 1948 die französische Besatzungsmacht beim Ausbau des Flughafens Tegel den „ostrundfunk“-eigenen hölzernen Sendemast, „*weil er im Wege stand*“ – hatte der Berliner Rundfunk 1946 ein Provisorium, im Februar 1956 das „Funkhaus der DDR“ in der Nalepastraße, Berlin-Oberspree, nicht weit entfernt vom Kabelwerk Oberspree der AEG, in Betrieb genommen.¹⁹⁹⁷ Erst in diesem Jahr wurde auch das Funkhaus in der Masurenallee dem Berliner Senat übergeben.¹⁹⁹⁸

Berliner Rundfunk ordert Magnetophone

In dieser Lage musste der Berliner Rundfunk in mehrfacher Hinsicht eine Sonderstellung für die Nachkriegsgeschichte der Tonbandtechnik-Entwicklung einnehmen. Nach dem Wegfall des militärischen Marktes hatte jetzt für die FDS natürlich der zivile Markt erste Priorität. Heimgeräte gab es noch nicht und das einzige Funkhaus, das dicht genug bei der Fabrik lag, war nun einmal der Berliner Rundfunk. Außerdem musste der Bedarf an Bändern, die für besagten Notbetrieb erforderlich wurden, nach oben schnellen. Damit war die Situation eigentlich optimal für Eduard Schüller bei seinen Bemühungen, den Fertigungsbetrieb in der FDS wieder zu normalisieren. Es kam früh zu ersten Gesprächen zwischen Mitarbeitern der FDS und des Berliner Rundfunks; schon am 13. Juni unterschrieb Intendant Hans Mahle einen Begleitbrief („*to whom it may concern*“) in deutsch und russisch, in dem die Bedeutung der AEG für den Rundfunk bescheinigt und zuständige Stellen gebeten wurden, den Direktoren Schüller und König zu ermöglichen, ihre Aufgaben zu erfüllen.¹⁹⁹⁹ Am selben Tag hatte eine Besprechung mit Fritz Ferger von der technischen Betriebsleitung des Rundfunks stattgefunden, in der Ferger die Herren Schüller (AEG) und Franke (Magnetophon GmbH) auf den dringenden Bedarf des Rundfunks an Geräten, Bändern, Reparaturen und so weiter hinwies. Schüller erwähnte im Gespräch die wieder geordneten Verhältnisse (!) in der FDS, betonte aber in seiner Gesprächsnotiz, dass nur Lieferungen in begrenztem Umfang aus restlichen Vorräten möglich sei, weil unter anderem aus Wolfen und Ludwigshafen keine Nachrichten vorlägen.²⁰⁰⁰

AEG-Magnetophon: Neustart in Berlin

Hoffnungen und Rückschläge

Ebenfalls am 13. Juni 1945 nahm die Firma Telefunkenplatte wieder Kontakt zur FDS auf und bestellte zwei komplette „Magnetophon-Apparaturen für Hochfrequenz“.²⁰⁰¹ Am 18. Juni 1945 teilte die Tobis Filmkunst GmbH mit, dass man im Auftrag einer russischen Filmagentur den Betrieb wieder aufgenommen habe und bat wegen der großen Wichtigkeit um den kürzesten Liefertermin für ein Magnetophon K 7.

Mitten in diesen Geschäftsstart platzte der „Befehl Nr. 3“ von Marschall Schukow, veröffentlicht am 15. Juni 1945 in der Berliner Zeitung. Soweit er die FDS betrifft, wird – vereinfacht gesagt – die Ablieferung aller Kriegsmittel jeglicher Art zwischen dem 17. und 23. Juni 1945 an den Militärkommandanten verlangt. Bei Verweigerung oder auch nur Fristverletzung „werden die Verantwortlichen [Betriebsleiter waren ausdrücklich erwähnt] nach den Gesetzen der Kriegszeit zu strenger Verantwortung gezogen.“²⁰⁰² Als Kriegsmittel waren natürlich die Tonschreiber anzusehen, die noch in großer Zahl in der FDS standen (aus Zühlsdorf waren immerhin schon 19 Tonschreiber b1 abgeholt und zur sowjetischen Kommandantur in Königs Wusterhausen gebracht worden).²⁰⁰³ Die Direktoren Schüller und König boten diese Geräte am 23. Juni 1945 in einem Schreiben dem zuständigen Kommandanten an, wobei sie gleich darauf hinwiesen, dass eine Militärkommission bereits im Mai das Werk durchsucht und demontiert habe. Daraufhin scheinen keine weiteren Maßnahmen erfolgt zu sein. War der Befehl Nr. 3 der letzte Versuch der SMAD, an derartige deutsche Kriegs-Technologie zu gelangen, bevor die Westalliierten ihre Sektoren besetzten? Und reichte anschließend die verbleibende Zeit nicht mehr aus, um auf die Antwortbriefe der Betroffenen zu reagieren?

Gleichzeitig mit der FDS wurde auch die Magnetophon-Gesellschaft wieder aktiv. Am 19. Juni 1945 fand eine Besprechung zwischen AEG und Magnetophon G.m.b.H. statt, deren Ergebnis der GmbH-Prokurist Konrad Franke am 25. Juni 1945 in einem Brief zusammenfasste.²⁰⁰⁴ Danach bestand die Magnetophon G.m.b.H. darauf, dass der im Krieg geschlossene Vertrag auch nach Kriegsende zu gelten habe, selbst für den Fall, dass die AEG vorerst mangels Aufträgen ihr Geschäft (nur) mit Reparaturen wieder starten sollte. Konkret hieß das, dass die Abwicklung aller Aufträge ausschließlich über die Magnetophon G.m.b.H. zu erfolgen hatte.

Schepelmanns Markteinschätzung 1945

Zwei Wochen später machte sich Hans Schepelmann namens der Magnetophon G.m.b.H. Gedanken über die zukünftige Produktpalette der Magnetophone.²⁰⁰⁵ Diese Aufstellung war entscheidend wichtig, weil sie sehr nüchtern den Stand der Gerätetechnik beschrieb und, darauf aufbauend, untersuchte, welche Technik die AEG beherrschte und welche Geräte mit welcher Technik auf dem Nachkriegsmarkt erfolgreich abzusetzen sein würden. Der umsatzstarke militärische Sektor war ja weggebrochen, zivile Nachfrage in notwendiger Größe lag noch in weiter Ferne. Die vorhandene Technik teilte er in Gruppen, deren Potential er kritisch hinterfragte: es gab große Geräte wie das K 7 oder den Tonschreiber f. Daneben gab es die Gruppe der kleinen Geräte, etwa Reportagegeräte, wobei er einen TonS c-HF nennt. Ebenfalls zu den kleinen Geräten rechnet er Blattschreiber als Diktiergeräte sowie Magnetophone für den Amateurmarkt.

Der TonS f sei zu teuer und deshalb nicht abzusetzen. Das Magnetophon K 7 sollte als wichtiges Gerät für den Studio-Betrieb betrachtet und gefertigt werden. Er hält dieses Gerät allerdings – und zwar zu Recht – noch nicht für fabrikationsfertig. Außerdem seien von diesem Typ nicht mehr als 20 Geräte pro Monat abzusetzen, was nicht ausreiche, das Geschäft zu tragen. Auch von dem Reportagegerät erwartete er keine großen Stückzahlen, wobei aus seiner Benennung (TonS c-HF) nicht hervorgeht, ob er das von der RRG entwickelte und gebaute Kleinstübertragungsgerät R 26 meinte (Seite 206), ja, ob er es überhaupt kannte. Jedenfalls solle man es wegen geringen Bedarfs „nebenher laufen“ lassen. Als Diktiergerät dachte er an den militärisch nicht zu Ende entwickelten Tonschreiber e, den „Folienschreiber“. Den lehnte er erst einmal ab, zum einen, weil Diktiergeräte in Deutschland ebenso wie im Ausland sehr umstritten wären, zum anderen, weil er nach dem Kriege mit einem großen Andrang billiger Schreibkräfte auf den Arbeitsmarkt rechnete. Vorrangig interessant waren für ihn Amateurgeräte – ein Wort, das es damals noch nicht gab; er spricht von „Volks-Spielgeräten“. Hier sieht er einen nennenswerten Markt, einerseits reine Wiedergabegeräte – etwa als Alternative zu Plattenspielern –, andererseits für „Kombigeräte“, die aufnehmen und wiedergeben können. Für den Anfang sei allerdings das Schwergewicht auf Kombigeräte zu legen, also ihre Entwicklung und Vermarktung voranzutreiben, weil es noch kein Bandaufnahmen-Sortiment zu kaufen gäbe, so dass die Kunden ihre Bänder – wobei er vorrangig an Musik denkt – selber etwa mit Rundfunksendungen bespielen könnten. Erst wenn ein Markt vorbespielter Bändern geschaffen sei, könne man an den Absatz reiner Wiedergabegeräte denken. Diese wären zudem noch preisgünstiger, sollten aber von Anfang an so ausgelegt werden, dass sie mit einem einfachen Bausatz zu Kombigeräten aufgerüstet werden könnten.

Prognosen müssen sich an der Realität messen lassen, und die Realität war Mitte 1945 bestimmt komplex und schwer vorhersagbar. Was die großen Studiomaschinen angeht, sollte Hans Schepelmann Recht behalten, wenn auch der Start noch schwieriger war als erwartet. Der Blattschreiber wurde so fürs Erste nicht gebaut, und als es um Diktiergeräte ging, lag Mitte der 1950er Jahre die Betonung nicht mehr auf den komplizierten, großen „Maschinen für das Direktionszimmer“, sondern auf den individuellen, tragbaren Geräten, deren „Speicher“ dann tat-

sächlich „Blätter“ waren, jedoch kreisrunde Scheiben. Die Bedeutung der Amateurgeräte wurde richtig erkannt, allerdings kamen die dafür in den nächsten Jahren geschaffenen Geräte AW 1 und AW 2 (Kombigeräte – AW bedeutete Aufnahme und Wiedergabe) beziehungsweise W 1 und W 2 (reine Wiedergabegeräte) selbst Ende der 1940er Jahre zu früh und zu teuer auf den deutschen Markt; zu jener Zeit reichte „Otto Normalverbrauchers“ Einkommen noch nicht einmal aus, um seine Grundbedürfnisse zu decken. Doch ab etwa 1950 war das Interesse an den Möglichkeiten der Kombigeräte um so viel größer als an reiner Musikwiedergabe, dass Nur-Wiedergabe-Geräte praktisch bedeutungslos blieben.

Alles in allem sah es noch gegen Ende 1945 in der FDS sehr trübe aus. So ist über den damaligen Stand der Fertigung in einem britischen Report zu lesen:

In December 1945 the position regarding manufacture in Germany (excluding the Russian zone which, of course, was not investigated) was that no manufacture of any model was in progress. In the factory of AEG, 35 Drontheimer strasse, Berlin (French Sector) assembly of about 30 machine type K7 was in progress. Most of the parts for these were available but it was stated that further production would be impossible until fresh tools, etc. had been made. ... No attempt has been made to assess what stocks there may be of any types of Magnetophon recorders amongst captured enemy equipment.²⁰⁰⁶

Nach Hans Schepelmanns Analyse war also der zukünftige Markt umrissen. Bereits jetzt, wenige Wochen nach dem Kriege, hatten sich sogar schon mehrere Interessenten für das Magnetophon K 7 gemeldet. Dennoch wurden die 18 vorhandenen K 7 nicht verkauft, sondern standen noch Mitte August in der FDS, wo sich dann die Alliierten ihrer bedienten. Und Schüllers Notizen brechen kurz vor Mitte Juli 1945 ab. Was war geschehen?

Schüller entgeht einer Entführung

Eduard Schüller sollte von der sowjetischen Besatzungsmacht entführt werden und war deshalb aus Berlin geflohen. Darüber gibt es keine expliziten schriftlichen Zeugnisse, aber mündliche Mitteilungen und Rückschlüsse aus anderen Fakten erlauben trotzdem eine recht zuverlässige Aussage. Dass namhafte Wissenschaftler und Techniker von der sowjetischen Besatzung entführt wurden, ist bekannt. Dass dieses Schicksal auch Schüller zugeordnet war, ist gesichert: er berichtete insbesondere seiner Frau und seinen Töchtern eine Anekdote vom Besuch einer sowjetischen Delegation Mitte der 1950er Jahre in seinem Telefunken-Werk. Nach einem gemütlichen Beisammensein habe sich der Russisch-Dolmetscher mit den Worten verabschiedet: *„Wissen Sie eigentlich, dass ich Sie damals beschattet habe in Berlin? Wir wollten Sie kidnappen!“* Der Name des Dolmetschers: Popow (!).

Eduard Schüller bestätigte diese Begegnung, was er 1945 in Berlin erlebt hatte: Er hatte den Tipp bekommen, dass seine Wohnung von der sowjetischen Besatzungsmacht beschattet wurde. Kurz entschlossen ging er nicht mehr nach Hause zurück, sondern verließ Berlin – wohl mit kaum mehr, als er auf dem Körper trug – in Richtung Hamburg, größtenteils zu Fuß. Soweit die Fakten, die er selbst berichtet hat. Allerdings ist schon der Zeitpunkt dieser Flucht nicht überliefert, aber nach dem Gesagten ist wohl davon auszugehen, dass sie Mitte Juli 1945 stattgefunden hat. Und wenn auch viele Russen Popow heißen und weitere Details nicht bekannt sind, kann wohl angenommen werden, dass der spätere Dolmetscher Popow mit dem SMERSCH-Major Popow identisch war. Die Fakten sind zu zahlreich und sprechen eine zu deutliche Sprache: Popow hatte eine verantwortliche Stellung in einer schlagkräftigen Geheimorganisation, beherrschte die deutsche Sprache perfekt, war Fachmann für Hochfrequenztechnik, hatte Gelegenheit gehabt, in der Masurenallee Schüller kennen zu lernen, ohne dass dieser ihn kennen gelernt haben musste. Er hatte seinen ersten Auftrag – die Besetzung und Wiederinbetriebnahme des Berliner Funkhauses – relativ schnell und erfolgreich abgeschlossen, war also frei für neue Aufgaben. Und inzwischen hatten wohl auch die Sowjets die Bedeutung der Magnetophone erkannt – wenn auch vielleicht erst durch Major Popow anlässlich der Besuche Schüllers im Haus an der Masurenallee. Und wenn man jemanden entführen wollte, war das vor dem endgültigen Einzug der Franzosen in ihren Sektor natürlich einfacher, als wenn man das Opfer später aus diesem Sektor hätte herausholen müssen.

Hans Westpfahls „Verlagerung“ nach Neumünster

Hans Westpfahl sah sich mit seinem ganzen Mess- und Prüfeinrichtungs-Labor für Torpedos und Unterwasserminen (Seite 240) noch am 11. April 1945, und damit kurz vor der Kapitulation am 8. Mai 1945, aufgrund eines der zahlreichen „Führernotprogramme“ nach Neumünster in Schleswig-Holstein versetzt, wo er in einer leerstehenden Halle das Labor der „Land und See-Leichtbau GmbH“ wieder aufbauen sollte. Dieser AEG-Rüstungsbetrieb baute unter anderem Sprengköpfe für zielsuchende Torpedos mit der Code-Bezeichnung „Zaunkönig“, bei deren Entwicklung auch Tonschreiber c(a) eingesetzt wurden (Seite 151). Nach einem schweren Luftangriff am 13. April 1945 war die Halle bei Ankunft der Labormannschaft allerdings völlig zerstört,²⁰⁰⁷ und nachdem britische Militäreinheiten rasch vorankamen – Kiel etwa wurde am 5. Mai 1945 übergeben, worauf die Briten alle „militärisch wichtigen“ Gebäude sperrten, auch die Werften, ebenso wie deren Zulieferer –, war an Rüstungs-Forschung nicht mehr zu denken. Weder von der AEG Berlin noch später aus Hamburg kamen irgendwelche Direktiven, so dass sich Westpfahl und seine Leute mit allerhand Gelegenheitsarbeiten durchschlagen mussten. Er schaffte es auf den zeittypisch abenteuerlichen Wegen im Februar / März 1946 wieder nach Berlin, wo er das Magnetophon-Prüflabor neu aufbaute und bis zu seiner betriebsbedingten Entlassung Anfang 1950 leitete.²⁰⁰⁸

Magnetophon-Bau in Kiel: Episode im Ungewissen

In dieser wirren ersten Nachkriegszeit befasste sich noch eine weitere Gruppe von AEG-Angehörigen mit Magnetophonen, und zwar in Kiel, zunächst in einem Eisenbahnwaggon. Hans Schießler,²⁰⁰⁹ Hans Schepelmann und offenbar auch weitere Personen aus Zühlsdorf oder Berlin hatten sich dorthin durchgeschlagen, Eduard Schüller stieß nach seiner Flucht aus Berlin zu ihnen. Über diese etwa ein Jahr dauernde Episode ist nur sehr wenig bekannt, insbesondere sind viele Fragen, die sich heute dazu stellen, nicht mehr zu beantworten. Immerhin bestätigen nicht nur Schießlers und Schüllers Erinnerungen diese Episode, sondern auch Schüllers Berichte über seine Reisen von Hamburg nach Kiel. Seltsamerweise hat niemand die beiden nach näheren Umständen gefragt, also wer und wo wann was veranlasst oder gemacht hat, so dass man heute auf karge Hinweise und Rückschlüsse angewiesen ist.²⁰¹⁰ Nicht einmal der „Firmensitz“ ist bekannt: die Suche nach Auskünften in Kieler Archiven, wie dem Stadtarchiv oder dem des Registergerichts, hatte keinen Erfolg. Das Original des – wie zumindest dem Titel nach zu vermuten – aufschlußreichsten Dokuments „*Magnetophon Sound Recorder and Reproducer 1939 - 1946, A.E.G. Berlin and Kiel (in German and English)*“ ist nach einer unsachgemäßen Neukatalogisierung nicht mehr auffindbar (eine Kreuzverweisliste fehlt, angeblich enthält der FIAT- oder CIOB-Bericht P.B. 95210 auch Konstruktionszeichnungen und Beschreibungen des Magnetophons K 7).²⁰¹¹

Die Gruppe blieb, in wechselnder Besetzung etwa ein Jahr lang in Kiel. Weshalb sie aber offensichtlich mit Magnetophon-Auftrag nach Kiel geschickt wurde, ist unbekannt und auch aus Schüllers Unterlagen nicht ersichtlich. Eines ist allerdings sicher: ohne Fertigungsmöglichkeiten, Werkstoffe, Zulieferungen vom Mutterhaus und so weiter wäre man nicht in der Lage gewesen, auf dem Magnetophon-Sektor so zu arbeiten, dass dies mehrere Mitarbeiter ernährt hätte. Was hat man also gefertigt? Nun, darüber gibt es immerhin Informationen aus Interviews:²⁰¹² Wie so viele Firmen nach dem Zusammenbruch, versuchte man, wie Hans Westpfahl in Neumünster, zu liefern, was der Markt verlangte und was man mit einfachsten Werkzeugen und vorhandenen Werkstoffen machen konnte, etwa Feuerhaken, Handkarren und Radioreparaturen – später bekam man Gelegenheit, Magnetophone von den neugegründeten deutschen Rundfunkanstalten auszubessern. Aber schon Anfang 1946 hatte man dort auch ein Magnetophon K 7 zur Verfügung und führte – wie auch die FDS – Versuche zur Optimierung dieses Gerätes durch, teilweise in Zusammenarbeit mit Kieler Firmen. – Übrigens hat Hans Westpfahl in dem nur etwa 35 Straßen-Kilometer entfernten Neumünster seinerzeit offenbar nichts von den Kieler Aktivitäten erfahren.

Am 12. Juli 1946 kamen drei britische Fachleute aus dem BIOS-Team zu einer Befragung nach Kiel. Ihr zwölf Zeilen langer Bericht bringt wenig Neues – außer der Namensnennung eines ansonsten unbekannten Dr. Hagemann und anstehenden Verhandlungen über die Lieferung von 100 Magnetophonen K 7 nach Frankreich –, verriet zwar auch nicht den Standort dieser Produktionsstelle, erwähnt dafür aber den kurz bevorstehenden Umzug nach Hamburg.

Das gleiche BIOS-Team besuchte am 21. Oktober 1946 den Magnetophon-Betrieb in der Hamburger Krochmannstrasse, traf dort allerdings weder Schießler noch Schüller, sondern einen „Herrn Schubert“ an. Der bestätigte aktuelle Probleme mit dem Magnetophon K 7, die dem BIOS-Team schon aus Berlin bekannt waren (vom Besuch am 15. Oktober 1946), spricht aber auch von Problemen mit der Beschaffung der unumgänglichen Betriebsausrüstung ohne Hilfe der Militärbehörden. Weitsicht – oder einfach die realistische Einschätzung der Lage – spricht aus dem Schlußsatz des Berichts:²⁰¹³ *“This factory seems to be the most likely source of Magnetophones in the near future and every encouragement should be given to get into production.”*

Innerbetriebliche Konkurrenz: Pläne für ein Magnetophon-Werk in Hamburg

Die Flucht Schüllers aus Berlin hatte natürlich erhebliche Konsequenzen auf die Magnetophonentwicklung der nächsten Jahre. Hinzu kamen noch weitere, für diese Zeit Berlin-typische Probleme, die dazu geführt hatten, dass sogar Hermann Bücher die neue AEG-Zentrale nach dem Kriege nicht in Berlin, sondern in Hamburg aufbaute: Durch Enteignungen (Umwandlung in VEB) und Demontagen gingen letztlich fast 75 % der AEG-Substanz verloren, es gab erhebliche Materialengpässe, Zulieferbetriebe im sowjetischen Einflussbereich fürchteten weitere Demontagen und – für die direkte Nachkriegszeit entscheidend: Die Bankeinlagen der AEG waren in Berlin blockiert, in Hamburg jedoch nicht.²⁰¹⁴ So kam es, wohl ausgelöst durch den Entführungsversuch, im Oktober 1945 zum Beschluss des AEG-Vorstands, in Hamburg ein weiteres Magnetophon-Werk aufzubauen.

Was zu dieser Zeit noch nicht recht einzuschätzen war: Das Funkhaus in Hamburg (zunächst Radio Hamburg, seit dem 22. September 1945 Nordwestdeutscher Rundfunk, NWDR) war weitgehend unzerstört, die Abteilung Zentraltechnik mit ihren hervorragenden Ingenieuren übernahm Arbeiten und Entwicklungen, die bisher in das Ressort der Labors in der Berliner Masurenallee gefallen waren. Die Zusammenarbeit mit dem neuen Magnetbandgerätestück, sicher begünstigt auch durch die örtliche Nähe, sollte sich für beide Seiten in jedem Sinn als gewinnbringend erweisen.

Verlagerung und organisatorische Probleme

Im April 1946 war Eduard Schüller – diesmal mit Hans Schießler – wieder in Berlin und besprach sich mit AEG-Angehörigen, mit Geschäftspartnern ebenso wie mit Kunden. Manche Gesprächsnotizen, erhalten in Schüllers Nachlass, werfen Schlaglichter auf die damalige Situation und sind daher als wichtige zeitgeschicht-

liche Dokumente zu betrachten.²⁰¹⁵ Allerdings wurden in diesen Notizen nur dienstliche Belange erörtert – „Privates“ fehlt völlig, obgleich sich auch dazu viele Frage stellen: Man konnte sich zwar innerhalb Berlins noch relativ ungehindert bewegen, auch die Grenzkontrollen nach Westen waren noch nicht so strikt wie wenige Jahre später. Aber warum hat sich Schüller nach den Erfahrungen seiner Flucht der Gefahr ausgesetzt, während einer Zugfahrt oder auf der Landstraße verhaftet zu werden? Sind die Herren vielleicht mit einem Lkw der westalliierten Besatzer gefahren, wie sie es in den Gesprächsnotizen für Lieferungen empfehlen? Hat Schüller versucht, an das Eigentum in seiner Wohnung zu kommen, die ja nun im Ostsektor der Stadt lag? Oder haben das Freunde schon vorher für ihn besorgt? Alle diese Fragen bleiben ohne Antwort.

Eine Reihe von Gesprächen mit Angehörigen der AEG und der Magnetophon G.m.b.H. gibt ein bedrückendes Bild der Gesamtlage. Die Leitung der FDS lag inzwischen bei den Direktoren Walther und Dr. Werner, Herr König war nach personellen Querelen Chefkonstrukteur geworden. Die Fabrik stand unter Vermögensaufsicht der französischen Besatzung, welche die Interessen der FDS in jeder Beziehung unterstützte. Man hatte wieder etwa 300 Mitarbeiter eingestellt und eine größere Zahl Werkzeugmaschinen beschaffen können. Die Wieder-Einstellung von Bernhard Vinzelberg war gerade abgeschlossen, auch Hans Westpfahl wollte man weiter beschäftigen, musste aber die Erlaubnis der Alliierten abwarten, weil er im amerikanischen Sektor wohnte. Auch Hans Joachim von Braunmühl hatte man schon angeschrieben, doch anscheinend ohne Erfolg.

Die Gespräche mit den leitenden Angestellten der FDS belegen, dass Eduard Schüller schon im Oktober 1945 in der FDS gewesen war, wo dann der Beschluss gefasst wurde, in Hamburg ein weiteres Werk für die Magnetophon-Fertigung parallel zur FDS aufzubauen. Dazu gab es eine Aktennotiz von Direktor Koehn (neue Zentrale am Berliner Hohenzollerndamm), in der außerdem festgelegt worden war, dass die Entwicklung beider Werke in den Händen von Schüller läge, mit dem Hauptsitz in Berlin (!). Beide Werke sollten so kooperativ wie möglich arbeiten mit häufigen gegenseitigen Besuchen, um die Entwicklungen abzusprechen sowie Engpässe bei Materialbeschaffung, Zulieferteilen und Fertigungsmöglichkeiten zu überwinden. Es war sogar festgelegt worden, dass in beiden Werken das K 7 weiter gebaut werden sollte. Solche gegenseitigen Absprachen waren in den vergangenen fünf Monaten wegen erheblicher Pass- und weiterer Reiseschwierigkeiten nicht erfolgt, so dass die FDS-Mitarbeiter schon gefürchtet hatten, das Berliner Werk solle „abgehängt“ werden. Man versprach sich gegenseitig, die Zusammenarbeit fortzusetzen, *„wobei aber unter Einschaltung sämtlicher infrage kommenden Alliierten von beiden Seiten versucht werden muß, den gegenseitigen Kontakt enger zu gestalten“*. Für Transporte zwischen Hamburg und Berlin standen englische Militär-Lkw zur Verfügung.

In der FDS rechnete man für die nächsten Jahre mit einem Markt für 40 bis 50 K 7-Magnetophone monatlich und hatte gerade 100 Stück für die Fertigung *„eingeschrieben“*. Nun wurde festgelegt, dass Berlin 20 bis 25, Hamburg 15 bis 20 pro Monat fertigen sollte – sobald das benötigte Material eingetroffen sein würde. Den Vertrieb hatte die Magnetophon G.m.b.H. zu übernehmen, die allerdings erst ab 6. November 1946 einen „Notgeschäftsführer“ – Heinz Lübeck – bekommen sollte.²⁰¹⁶

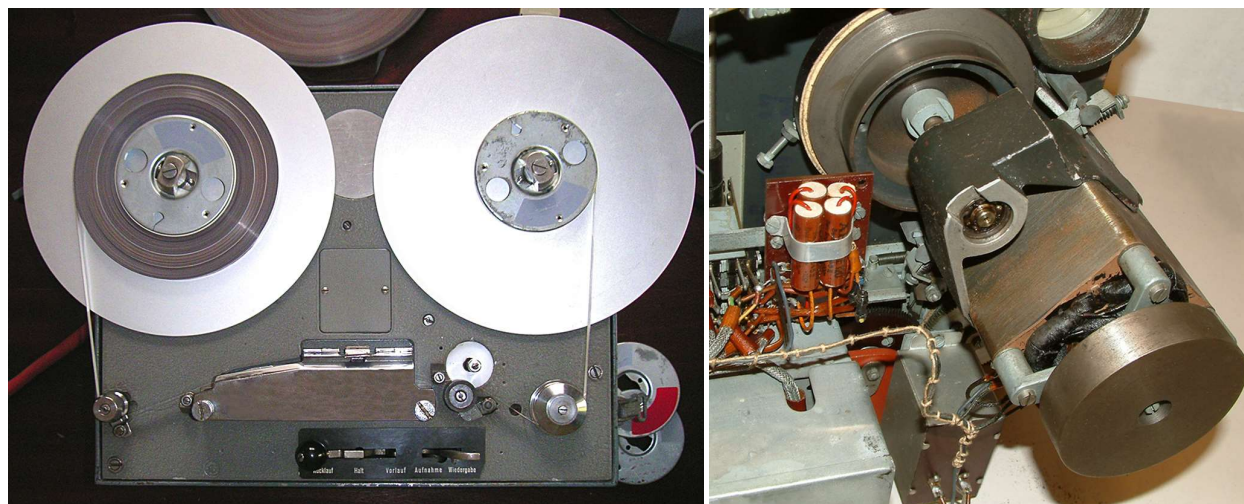


Abbildung 261: Magnetophon Type b2, eine von vielen bekannten Ausführungsformen dieses Nachkriegsgeräts. LINKS Ansicht; RECHTS der vereinfachte Tonschreiber b-Antrieb. Der Bandteller-Antrieb (die kubische Blechabschirmung ist entfernt) ist unverändert. Die Tonrolle ist schwungradstabilisiert und mittels eines Reibrads an den einzigen Motor (auch mit Schwungradscheibe) angekoppelt – der Synchronmotor auf der Tonrolle entfällt (vergl. Abbildung 188, Seite 163). Der Klemmring (oben rechts angeschnitten), der beim TonS b den Drehzahlmesser hielt, ist leer.

Trotz der K 7-Probleme *„arbeitete die FDS mit gutem Überschuß“*. Allerdings lag das Hauptgeschäft auf dem Tonbandgerätesektor bei den Tonschreibern – besonders bei den Typen b und d, die man in Losen von 50 Stück fertigstellte. So bot AEG Berlin im Februar 1947 den Tonschreiber b für 17.500 RM unter der zivilen Bezeichnung Magnetophon Type b an, wenn auch ohne das technische Glanzstück Dehnerkopf (Seite 158) und mit der, angesichts der Zeitumstände, kuriosen Anwendungsempfehlung *„Aufnahme und Dechiffrierung von Schnelltelegraphie“*

für die mit ca. 40 dB ebenso bescheidene Dynamik wie den anders kaum brauchbaren Frequenzbereich 200 Hz bis 5.000 Hz. Daneben steht das Magnetophon Type b2, offensichtlich aus Restbeständen des Tonschreibers b zusammengebaut. Diese Type b2, nur für Netzspannung 220 V ausgelegt, verzichtete auf den Synchronantrieb mit seinem aufwendigen Generator und dem Schrittschaltmotor (Abbildung 261), bot nur die Bandgeschwindigkeit 77 cm/s, dafür jedoch Hochfrequenz-Löschung und -Vormagnetisierung, so dass der Frequenzbereich von 30 bis 10.000 Hz reichte.²⁰¹⁷ So lange keine oder nicht genügend studiotüchtige Magnetongeräte zu bekommen waren, musste sich z.B. der Südwestfunk Baden-Baden ²⁰¹⁸ mit solchen „Konversionsprodukten“ begnügen.²⁰¹⁹ Derartige notgeborene Improvisationen waren gang und gäbe. Allerdings konnte man mit den Tonbandgeräten die AEG-Belegschaft nicht auslasten, so dass wesentliche Umsatzanteile in der Fertigung typischer „Nachkriegsprodukte“ lagen, etwa Baumaschinen wie Betonmischer und Ziegelputzmaschinen. Man baute Leuchten, hatte aber Probleme mit der Beschaffung von Installationsmaterial wie Schaltern und Steckdosen. Man hatte zwar eine Radiofertigung gestartet, die aber nur Kleinempfänger aus Wehrmachtsmaterial herstellen konnte, größere Empfänger scheiterten an den fehlenden Lautsprechern. Gut verdient wurde auch an Haushaltsartikeln wie Herden, Öfen, Kartoffelstampfern, Gaskochern, Schubkarren, Schlitten, Sicherheitsschlössern „und vielem anderen mehr“.

Nachkriegs-Schwierigkeiten

Neben den genannten gab es eine ganze Reihe weiterer Probleme, das wichtigste war der Rohstoffmangel in der „Ostzone“; gefertigt werden konnte fast nur noch ab Lager. Auch die wenigen Zulieferanten lieferten, was noch auf Lager war. Genannt wurden etwa der Kondensator-Hersteller Hydra (der trotz beschränkter Produktpalette nur noch für wenige Wochen Material hatte) wie der Spulenhersteller Görler. Die AEG-Apparatefabriken Treptow lehnten sogar Lieferungen ab: Sie lagen jetzt im sowjetischen Sektor und waren als Vorstufe der Verstaatlichung ein „Magistratsbetrieb“ geworden. Geliefert wurde höchstens im Tausch gegen andere Leistungen – das galt selbst für die Spezialwerkzeuge, die seinerzeit für die Magnetophon-Fertigung gebaut worden waren. Man rechnete allgemein damit, dass innerhalb etwa eines halben Jahres eine Katastrophe eintreten müsse, wenn bis dahin der Materialengpass nicht über substantielle Zulieferungen – aus dem Westen? – beseitigt werden könnte. Und die Firmenleitung beklagte sich über den „Sittenverfall“ der Mitarbeiter; trotz verschärfter Kontrollen würden sie stehlen, was nicht niet- und nagelfest war.

Weitere erhebliche Probleme entstanden – natürlich nicht nur bei der AEG und nicht nur in Berlin – wegen der „Entnazifizierungsverfahren“, weshalb einige Erfahrungsträger zumindest bis zur endgültigen Klärung ausfielen. Auch in der FDS waren wichtige Mitarbeiter als Nazis vorläufig entlassen worden, ebenso wie bei Zulieferanten – etwa beim Lautsprecherhersteller Hans Eckmiller. Besonders schwer traf es die Magnetophon G.m.b.H., bei der immerhin der Geschäftsführer, Hans Schepelmann, gar nicht erst nach Berlin zurück kam und auch sonst nicht aktiv werden konnte, so dass ein Großteil des Geschäftes (Geräte und Bänder) an der Gesellschaft vorbei abgewickelt wurde. Für die Zwischenschaltung der G.m.b.H. hatten darüber hinaus wichtige Kunden, wie etwa die Alliierten, überhaupt kein Verständnis – sie gingen gleich zur FDS. Auch Konrad Franke kam nicht mehr zum Dienst, und das Verhältnis zwischen den restlichen Mitarbeitern war anscheinend sehr schlecht. Lediglich Ortwin Marquardt hatte eine relativ kontinuierliche Beschäftigung: er betrieb den Service der Magnetophone beim Berliner Rundfunk. Schüller schlug vor, die Aufgaben der Magnetophon G.m.b.H. auf die FDS zu übertragen, zumindest solange, bis eine definitive Klärung möglich wäre. Er selber hatte mit der Entnazifizierung keine Probleme, hatte er doch *„oft die Zähne zusammenbeißen müssen, weil er das System nicht gemocht hat“*.²⁰²⁰ Dagegen wurde Hermann Bücher, wesentlicher Förderer der Magnetophon-Technik, 1946 von der britischen Besatzungsmacht wegen seines Einsatzes in der NS-Zeit (Rüstungsrat!) entlassen. Er blieb allerdings bis zu seinem Tode der AEG verbunden, zuerst über einen Beratervertrag, ab 1950 sogar als Aufsichtsratsvorsitzender.

Planungen, Planungen ...

Gerade in jenen Tagen sollte Heinz Lübeck auch die Tonband GmbH wieder aufbauen. Er hatte sich schon ein HF-K 4 mit Ducretet-Verstärkern bereitstellen lassen und plante, Bandaufnahmen zusammen mit dem Berliner Rundfunk und auch mit der Telefunken-Platte herzustellen. Dort war jedoch kein technischer Leiter verfügbar, weshalb Lübeck den technischen Betrieb selbst übernehmen wollte, wofür er in der FDS eine Galvanik und eine Plattenpresserei einrichten wollte. Die Betriebsleitung der FDS versuchte, die notwendigen Spezialteile zu beschaffen. Da Lübeck dem Tefifon größere Chancen einräumte als einem Klein-Magnetophon, plante er als weiteres Standbein der Tonband GmbH, diese Geräte zu bauen und entsprechende Schallbänder herzustellen. Er war außerdem als Geschäftsführer der Magnetophon G.m.b.H. vorgesehen, wollte auch die technische Leitung der FDS übernehmen. Zumindest letzteres verhinderten Schüller und Hans Schießler bei ihrem Besuch.

Schüller berichtete den FDS-Mitarbeitern über die Hamburger Entwicklungen: In dem neuen Werk, das durch Verlagerung von Kiel nach Hamburg-Winterhude gerade in jenen Tagen entstand, würden zwei Geräte entwickelt, ein Diktiergerät und ein Kleinmagnetophon. Das Diktiergerät fand im Westen bei verschiedenen Dienststellen der Engländer unerwartet großes Interesse. Seine Entwicklung solle nach Möglichkeit forciert werden. Ein erstes Mustergerät würde gerade gebaut und wäre in drei Monaten betriebsbereit: Ein Entwicklungsmuster des Kleingeräts war bereits fertig, vier weitere waren in Arbeit. Ein spezielles Magnetband für diese ersten Heimgeräte würde in Ludwigshafen entwickelt. Ihr Markt wäre im Westen noch ungünstig, im Osten hätte jedoch die

Firma *Clangor Volksverband der Bücherfreunde* großes Interesse angemeldet (Clangor hatte schon vor dem Krieg Bücher und Schallplatten mit eigenem Label bei seinen Mitgliedern vertrieben). Der Mitbesitzer Schubath hatte nach 1945 bereits 500.000 Mitglieder neu erfasst und hoffte, 50.000 Klein-Magnetophone absetzen zu können, um anschließend die Bänder für diese Geräte zu vertreiben.²⁰²¹ Ein Gespräch mit Otto Janzen belegt, dass bei SAJA schon eine intensive Zuarbeit lief: Janzen hatte für Mgt. Hamburg schon den zweiten Mustermotor für das Klein-Magnetophon so weit entwickelt, dass er Serienpreise nennen konnte. Auch ein „Steuermotor“ für das genannte Diktiergerät konnte in großen Stückzahlen zur FDS ebenso wie nach Hamburg geliefert werden. Als Magnete für die Motoren – offensichtlich also Synchron Typen – dienten Lautsprecher Magnete.

Als Zulieferant pflegte Otto Janzen viele Geschäftsverbindungen und erhielt über diese eine Reihe interessanter Informationen: Ein Major Jegoroff hatte eine Magnetophon-Arbeitsgemeinschaft gegründet, die das K 4-HTS-Gerät nachbauen sollte. Der AG gehörten unter anderen Gustav Leithäuser und Werner Lippert an. Karl Alexander Egerer von Opta-Radio, der schon während des Krieges Magnetophon-Probleme bearbeitet hatte, befasste sich für die russische Besatzungsmacht in einem Auslagerungsbetrieb in Sachsen mit Magnetton-Technik.²⁰²² Janzen selber befürchtete immer noch, dass sein Betrieb demontiert werden könnte, und plante für diesen Fall bereits seine Übersiedlung nach Hamburg.

Magnetophon K 7 beim „Berliner Rundfunk“ macht Probleme

Der Berliner Rundfunk (damals BR abgekürzt) hatte im April 1946 aus einer ersten Nullserie von 20 Magnetophonen des Typs K 7 neun Geräte erhalten.²⁰²³ Diese arbeiteten – im Gegensatz zu den vor der Kapitulation gebauten Geräten – nicht einwandfrei. BR-Direktor Schuster berichtete in einem Gespräch über diese Probleme. Es zeigte sich, dass bei der AEG die Leistungsdaten offensichtlich nicht optimal auf die Vorstellungen des BR abgestimmt worden waren. Wichtiger war jedoch, dass die Geräte einen „Brumm“ aufwiesen, den sie bis dahin nicht gezeigt hatten. Die Ursachen dieses Problems könnten technologische Probleme sein (Werkstoff-Qualität, mangelhaftes Glühen der Mu-Metall-Bleche), messtechnische Probleme bei der Fehlersuche (sowohl in der FDS wie auch beim BR waren geeignete Messaufbauten kaum vorhanden), Einstreuungen im Verstärker (Überlastung des Netztransformators, Fehlen des ursprünglichen Muster-Verstärkers für Vergleichsmessungen) und durch den Tonmotor, oder selbst unterschiedliche Bewertungsfilter oder -verfahren. Die Spezialisten der FDS gingen davon aus, dass wohl eine Kombination aller Möglichkeiten vorliege. Darauf schlugen die Entwickler Maßnahmen zum Verringern des Brummens vor, die von Hans Schießler durchgeprüft wurden. Es ließen sich tatsächlich fast die ursprünglichen Werte der Brummunterdrückung erreichen. Die Ergebnisse waren auch vergleichbar mit den in Kiel gemachten Erfahrungen bei den gleichen Maßnahmen. Man trennte sich in der Annahme, dass das Problem gelöst sei.²⁰²⁴ Ob die – angesichts der Nachkriegslage teilweise aufwendigen – Maßnahmen erfolgreich waren oder versagten, ist nicht überliefert. Letztlich könnte hier ein Grund für die baldige Einstellung der K 7-Fertigung in Berlin liegen, in Hamburg wurde das K 7 gar nicht mehr gebaut.

Zu diesem Zeitpunkt wurde der Berliner Rundfunk noch von der sowjetischen Besatzungsmacht mit Tonbändern (etwa 2.000 km/Monat) beliefert – nach Lage der Dinge aus der Produktion von Agfa Wolfen. Wenn das in absehbarer Zeit nicht mehr möglich sein sollte, hoffte man auf „Lieferungen aus dem Westen“. Die aus dem RRG-Bestand „geerbten“ Aufnahmen wollte der Berliner Rundfunk kommerziell verwerten und hatte sich deshalb mit der „Deutschen Grammophon“ zur „Radiophon“ zusammengetan.

Eine weitere Besprechung fand im DIAS (Drahtfunk im amerikanischen Sektor, Vorgänger des RIAS, Rundfunk im amerikanischen Sektor) statt, wo die Technik von deutschem Personal betreut wurde. Es ging um Zulieferungen zur Modernisierung der dort vorhandenen, veralteten Magnetton-Geräte, wobei die Möglichkeit erörtert wurde, Tonbänder – auch für andere Kunden der Magnetophon GmbH – mit amerikanischen Militärfahrzeugen aus den „Westzonen“ nach Berlin zu bringen.

Alle diese Gespräche in Berlin fanden unmittelbar vor dem Umzug der Magnetophonwerkstatt von Kiel nach Hamburg-Winterhude statt. Jedes einzelne Problem drohte schon, die AEG auf dem Magnetophonmarkt ins Hintertreffen zu bringen; sie konnte nicht schnell genug auf die sich belebende Nachfrage reagieren, ihre Patente waren, zumindest im Ausland, nicht mehr geschützt, so dass nicht nur bei den Siegermächten das Wettrennen auf die neu entdeckte Technologie begann, sondern auch in anderen deutschsprachigen Ländern.

Werner Lipperts Stereophonie-Reprise

An der – aus Anlass ihrer Neugründung im April 1946 so benannten – Technischen Universität Berlin entstand unter Gustav Leithäuser auch das Heinrich-Hertz-Institut wieder;²⁰²⁵ eine Abteilung, geleitet von Werner Lippert, war im Haus Masurenallee untergebracht. Er wandte sich an die AEG, als er von der russischen Besatzungsmacht den Auftrag bekommen hatte, sich mit der „Filmbandfabrikation“ (und den zugehörigen Geräten) zu befassen, ein leider nicht präzisiertes Vorhaben. Allerdings erhellen die oben wiedergegebenen Informationen Otto Janzens den Hintergrund.²⁰²⁶

Wie um die These „Magnetophon – Eldorado der Doppelerfindungen“ zu stützen, machte sich jetzt auch Werner Lippert daran, eine Stereo-Maschine zu bauen. Seine Ergebnisse hat er unter dem Titel „*Stereophonische Zweikanalübertragung mit dem Magnetophon*“ Ende 1947 veröffentlicht;²⁰²⁷ der Schwerpunkt des erstens Teils der

Arbeit liegt auf der Theorie des räumlichen Hörens. Im zweiten Teil beschreibt er das Aufnahmegerät; dabei hat er auf die scheinbar nächstliegende Lösung zurückgegriffen: ein Magnetophon K 7 mit paarweise eingesetzten Verstärkern V 7b und V 5 sowie Netzgeräten N 7b. Im April 1946 hatte er sich bei Schüller nach Stereo-Magnetköpfen erkundigt, die er denn auch erhielt.²⁰²⁸

D:\ZS\ABB\Lippert_Abb-25_B.jpg

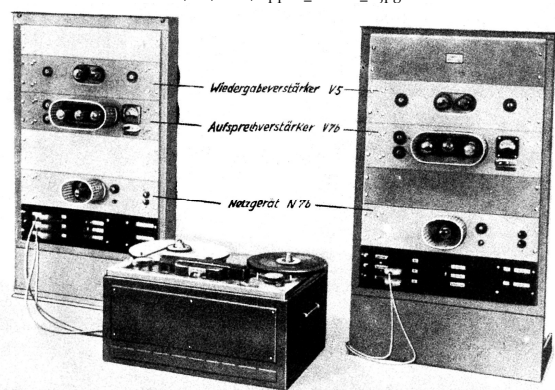


Abbildung 262: Werner Lipperts „Zweikanal-Magnetophon-Anlage“, 1946 / 1947 mit Magnetophon K 7. Diese Anordnung, gelegentlich als RRG-Entwicklung ausgegeben, wurde erst nach Kriegsende gebaut.

Auffällig ist, dass Lippert sich nur rudimentär, teils auch falsch über die Stereo-Errungenschaften von Heck und Krüger informiert zeigt; insbesondere muss ihm entgangen sein, dass die RRG (vermutlich von Hans Schießler bei der AEG) spezielle, wenn auch nicht im Braunbuch aufgeführte Stereo-Aufnahme- und Wiedergabe-Verstärker benutzt hat. Nicht ohne guten Grund lieferte hier die Lösch- und Vormagnetisierungsströme ein für beide Kanäle gemeinsamer Oszillator (siehe Seite 205). Offensichtlich war zu dieser Zeit eine RRG-Stereo-Apparatur weder bekannt noch greifbar (was aus ihnen geworden ist, insbesondere aus dem Stereo-Übertragungswagen, ist in zugänglichen Dokumenten nirgends erwähnt). Die Dynamikwerte, die Lippert für seine K 7-Aufnahmen angibt, sind fast folgerichtig bemerkenswert schlecht – etwa 42 dB – und dürften den damaligen Qualitätsstand des Magnetophons K 7 ebenso widerspiegeln wie die Beschwerden des Berliner Rundfunks bestätigen.

Die Erklärung für diesen enormen Dynamikverlust bleibt eher vage. Die Angaben sind demnach keineswegs als Anhaltspunkt für die Stereo-Aufnahmen der RRG zu verstehen, deren Dynamik allenfalls marginal – theoretisch 3,6 dB wegen der halben Spurbreite pro Kanal – niedriger gewesen sein dürfte als die damaliger Mono-Aufnahmen.

Lipperts experimentelle Stereo-Produktionen, Werke von Mendelssohn-Bartholdy und Schostakowitsch, sind mit Sicherheit erst nach dem 8. Mai 1945 aufgezeichnet worden. Der Verbleib seiner Experimentier-Anlage und der Aufnahmen ist unbekannt. Angesichts der bescheidenen technischen Qualität dürfte dieser Verlust – im Gegensatz zur Mehrzahl der RRG-Stereo-Produktionen – zu verschmerzen sein.

Die in der Abbildung 262 gezeigte Anordnung wird gelegentlich als RRG-Entwicklung angesehen, ist aber tatsächlich erst in der Nachkriegszeit zusammengestellt worden – die RRG-Stereo-Magnetbandaufnahmen sind auf anderen Geräten entstanden.²⁰²⁹

MAGIE DER TECHNIK

„Die älteste Herrscherin, von welcher die Geschichte uns Kunde gibt, ist die Königin Schubad. Sie herrschte vor mehr als fünftausend Jahren über das Volk der Sumerer. Ihr Name wurde, in Stein gemeißelt, in ihrem Grab in Chaldaea gefunden, unweit des Zusammenflusses von Euphrat und Tigris in der Stadt Ur, welche die Heimat Abrahams war. Seit mehr als fünftausend Jahren ist der Mensch imstande, Tatsachen und Gedanken aufzuzeichnen. Das Werk Homers, des Vaters der Dichtkunst, wurde schon achthundert Jahre vor Christi Geburt niedergeschrieben. Wir wissen, was Sokrates, der große Philosoph Athens, gedacht hat. Wir wissen, was Caesar, der erste Imperator Roms, gedacht hat. Aber wir wissen nicht, wie sie gesprochen haben. Erst die Technik, die alte Zauberin, hat das Kunststück fertiggebracht, einen Schall so aufzuzeichnen, daß er wieder hörbar gemacht werden kann. Wir wissen, wie die Königin Victoria gesprochen hat. Wir wissen, wie Caruso gesungen hat.

Nicht jedes Kunststück, das Edisons Phonograph zustande brachte, war ein Stück Kunst. Aber das Grammophon, das aus dem alten Phonographen entwickelt worden ist, ist heute ein Apparat, der fast schon klassische Würde hat. Herrliche Konzerte kann man im Schrank liegen haben. Wie ein Fürst zur Zeit des Barock seine Hofkapelle nach Laune und Belieben spielen lassen konnte, so kann der glückliche Besitzer einer Schallplatten-sammlung die Meister zitieren, wie es ihm Freude macht. Und war es nicht auf jener Kahnfahrt mit Luise über den See, daß „Mignon“ ihr süßes Lied sang, damit Luise schweigen konnte? Auf Grammophonplatten drehen sich lächelnde Erinnerungen. Noch nach zwanzig Jahren taucht, wenn Mignon singt, Luisens Bild aus der Vergangenheit herauf.

Aber die Technik ist eine ruhelose Dame. Wenn sie einmal einer Sache sich bemächtigt hat, ist jeder Fortschritt nur eine neue Aufgabe. Vor fünfzig Jahren hat man mit Versuchen, Schallschwingungen magnetisch aufzuzeichnen, begonnen. Erst kam nicht viel dabei heraus. Aber die Technik ist nicht nur eine ruhelose, sondern auch eine ehrgeizige Dame. Hartnäckig wurde dem Projekt weiter nachgegangen. Nach einem Menschenalter stellten sich die ersten Erfolge ein. Heute ist das Problem der magnetischen Aufzeichnung von Schallvorgängen in technisch befriedigender Weise gelöst.

Die Technik hat es zustande gebracht, die Stimme, etwas, was zum lebendigen Menschen gehört, vor dem Untergang zu bewahren. Das ist ein sehr merkwürdiges und auch ein etwas unheimliches Kunststück. Ein Mensch kann heute, während er auf dem Sofa liegt und träumt, seine eigene Rede hören. Es ist eine Art von moderner Magie, die es fertigbringt, den Menschen von seiner Stimme zu trennen. Es ist eine bisher unbekannte Erweiterung der Wirklichkeit, die da entstanden ist. Wir wissen noch nicht einmal, ob sie uns bekömmlich sein wird. Aber die Technik erklärt sich für autonom. Sie muß es dem Menschen überlassen, was er mit den Mitteln, die sie ihm zur Verfügung stellt, anfangen will. Auf jeden Fall verfügt der Mensch über eine bemerkenswerte Fähigkeit, sich an das Merkwürdige sowohl wie an das Unheimliche zu gewöhnen.

Zweifellos hat sich die Welt durch diese Erfindung ein wenig verändert. Es gibt Schallarchive, in denen Tausende von Ereignissen aufgehoben werden, die früher verlorengegangen wären. Reihte man alles das, was bisher auf Magnettonband aufgenommen worden ist, aneinander, man könnte dieses Band der Ereignisse ein paarmal um die alte Erde schlingen. Das Magnettonband begleitet Expeditionen in ferne Länder. Es steigt mit hinauf in die Stratosphäre. Es taucht tief in den Ozean hinab. Das Magnettonband nimmt Olympiaden und Opern, Kongresse und Feierstunden, Parlamentssitzungen, Festspiele und Präsidentenwahlen auf. Es läßt den Menschen an den großen Ereignissen sowohl wie an den Narreteien seines Zeitalters teilnehmen. Das Magnettonband verbreitet Bildung und Wissen. Es dient der Kunst. Es dient dem Vergnügen. Und brächten wir es soweit, daß für jedermann die Kunst ein feines Vergnügen und das Vergnügen eine feine Kunst wäre, so könnten wir vielleicht sagen, daß der Mensch von dieser Erfindung der alten Zauberin Technik wirklich einmal einen ganz vernünftigen Gebrauch macht.“

Zitiert aus: Peter Bamm, Vorwort zur Produkt-Broschüre „Genoton – der Tonträger für die magnetische Schallaufzeichnung“, Anorgana Chemieunternehmen, Gendorf/Oberbayern, undatiert, ca. 1954.
Peter Bamm (1897 - 1975) war vor allem mit seinem Kriegserinnerungs-Roman „Die unsichtbare Flagge“ (1953) bekannt geworden.

DRITTES BAND: Die Jahrzehnte der Reife

AEG: Mühsamer Neuanfang in Hamburg

Im Frühjahr 1946 hatte der Neuanfang ja noch recht hoffnungsvoll ausgesehen. Gewiss, die nach Ende des verlorenen Krieges typischen Probleme mussten zwar gelöst oder „abgewettert“ werden, aber man besaß doch eine unerwartet reiche Palette von neuen, vielversprechenden Projekten (Seite 255). Bald schon musste man aber recht ernüchtert auf den Neustart zurückblicken.²⁰³⁰ Von den Diktiergeräte-Aufträgen der Besatzer sprach niemand mehr, auch der Großauftrag für „Clangor“ ist offensichtlich nie eingetroffen. Die Probleme des K 7 waren nicht in den Griff zu bekommen, so dass man dessen Produktion in Berlin einstellte. In Hamburg begann man gar nicht erst mit seiner Fertigung – trotz entsprechender Abmachungen. Dort gab es nur ein einziges K 7, nämlich das in Kiel untersuchte Gerät. Beide Werke entwickelten und bauten statt dessen je ein Nachfolgemodell. Da es auch mit der vertraglich vereinbarten Zusammenarbeit offensichtlich nicht klappen wollte, entstanden verschiedene, nicht aufeinander abgestimmte Studio-Magnetophone: das Berliner K 8 hatte noch die größte Ähnlichkeit mit K 7 (wobei die höhere Zahl eher als „Landmarke“ in der langen Reihe mühevoller Optimierungsschritte zu sehen sein dürfte, nicht als Kennung eines komplett neuen Typs), das Hamburger T 8 wich stärker von seinem Vorgänger ab. Neben dem neuen Studiogerät nahm man die Entwicklung von „Volksspielgeräten“ in Angriff – also von Amateur- oder Heimgeräten. Aber auch auf diesem Sektor entwickelte Berlin andere Geräte als Hamburg. Was war geschehen?

Schleichender Niedergang in Berlin 1946

In einem geschichtlichen Rückblick „Das Magnetophon“ geht Schüller nur kurz auf die Nachkriegszeit ein; das K 7 taucht darin nicht einmal mehr auf, und über den Fortgang in Berlin schreibt er nur:

In Berlin begann man ebenfalls wieder mit dem Bau eines neuen Typs K 8. Nachdem der Kontakt zwischen Berlin und Westdeutschland wieder hergestellt war, wurde die Entwicklung eines kleinen Magnetongerätes für den privaten Hausgebrauch beschlossen. Die Fabrikation in der Drontheimer Straße wurde aus Gründen der Wirtschaftlichkeit 1950 eingestellt und die Fertigung ganz nach Hamburg verlegt.²⁰³¹

Dabei schien der Neuanfang des Werkes Mgt V2 in Berlin auf den ersten Blick eigentlich eher Erfolg zu versprechen als der in Hamburg, weil es dort erfahrene Mitarbeiter und einen eingeführten Kundenstamm gab. Das Berliner Werk war nur gering beschädigt, und die demontierten Werkzeugmaschinen konnten relativ schnell wieder beschafft werden.²⁰³² Und man konnte in Berlin auf die erwähnten großen Lagerbestände an Tonschreibern zurückgreifen, sie zu fertigen Geräten zusammenstellen und mit gutem Gewinn verkaufen. Der Nachteil des Standortes Berlin trat erst nach und nach hervor; da war anfangs insbesondere das Rohstoffproblem und dann die beginnende Begrenzung seines Marktes: Die AEG-Fabriken im „Osten“ wurden – wie viele andere Firmen auch – als VEB verstaatlicht und fielen als Zulieferer ebenso aus wie der Markt in dieser Region. Als Kunden für Studiogeräte kamen vor Ort nur der Berliner Rundfunk – als sowjetische Enklave in Westberlin – und der RIAS in Frage, der SFB (Sender Freies Berlin) wurde erst am 1. Juni 1954 gegründet. Im „Osten“ baute sich eine eigene Magnetton-Industrie auf,²⁰³³ zu der einmal die früheren Erfahrungsträger gehörten, besonders Sander & Janzen, dann auch Beyco aus Treptow, der VEB Messgerätekombi Zwickau und weitere. Hinzu kamen neue Gründungen der offiziellen Staatsmacht, etwa das Staatliche Rundfunkkomitee, das Funkversuchswerk Berlin und das Rundfunk- und Fernsehtechnische Zentralamt (RFZ). Das „Blaubuch“ des DDR-Rundfunks führt nur sehr wenige Zulieferungen der AEG auf – zwei Kopfräger aus 1947 und 1950. Dass die seit Herbst 1945 in Berlin agierende Filiale des NWDR vor Ort Magnetophone beschafft haben könnte, die nicht einmal im Braunbuch standen, ist eher unwahrscheinlich. – Näheres siehe im Kapitel „Magnetontechnik im RGW-Bereich“, Seite 368.

Für einen in Westdeutschland erfolgreichen Vertrieb waren zum einen die damaligen Reise- und Transportmöglichkeiten von Berlin aus zu eingeschränkt, außerdem saß im „Westen“ ja die Konkurrenz aus dem eigenen Hause, nämlich die AEG in Hamburg-Winterhude. Dort arbeitete auch der „Vater der Magnetophontechnik“, Eduard Schüller, der also mit seinen Ideen der innerbetrieblichen Konkurrenz diene – wenn auch die AEG-internen Vereinbarungen von einer (wohl nicht realisierbaren Zusammenarbeit) ausgingen. Oder wie sonst sind die parallel laufenden Entwicklungen der K 8 und T 8 zu erklären? (Kenndaten zum Vergleich auf Seite 274.)

Einige Märkte blieben vorerst sowohl dem Hamburger wie dem Berliner AEG-Werk verschlossen; so betrieben die neugegründeten Rundfunkanstalten eigene Technikabteilungen, welche die noch vorhandenen Tonschreiber aufwerteten, indem sie diese von Gleichstrom- auf Hochfrequenz-Vormagnetisierung umbauten und dann als Ü-Wagen-Geräte nutzten, wie beispielsweise im Braunbuch unter R 23b, HF-Dora, Anleitung der Zentraltechnik des NWDR vom April 1948, beziehungsweise im Blaubuch der DDR unter R 23c/1 als „Dora-Hochfrequenz“ am 28. April 1950 beschrieben. Dieser Umbau wurde fachmännisch und meist mit reichlich vorhandenen Wehrmachtsröhren RV 12 P 2000 (in der DDR noch bis 1961 gefertigt, in der UdSSR bis 1986, in China bis 1987²⁰³⁴) durchgeführt, was später bei Sammlern die Vermutung nährte, es habe schon vor Kriegsende Tonschreiber mit HF-Löschung und -Vormagnetisierung gegeben. An diesen Umrüstungen war die AEG nicht beteiligt; sie profitierte zeitweilig von Verkäufen aus Lagerbeständen sowie deren Umrüstung (Magnetophon Type b2, Seite 258).

Ein weiterer Markt war an der AEG vorbeigegangen, weil andere Firmen nach dem Kriege weniger oder keine Anlaufprobleme hatten und deshalb unter Nutzung und teilweise auch Missachtung von Patenten den AEG-Vorsprung aufholten und Tonbandgeräte anboten, etwa Philips das „Heimmagnetophon Maestro“ und das „Studio-Magnetophon Type 100 39/02“ (Abbildung 263).



Abbildung 263: Philips-Werbung für das „Studio-Magnetophon Type 100 39/02“, 1952.



Abbildung 264: Prototyp des Studer-Magnetongeräts A27, gebaut 1951, bereits mit der Studer-typischen Bandwaage zur Bandzugs-Regelung.

Einige Firmen bauten während des neuen Starts der AEG auch auf (vorläufiger) Lizenz, so etwa 1948 Eberhard Vollmer in Esslingen-Mettingen, dessen Magnetbandgeräte in erster Linie im südwestlichen Bereich der Bundesrepublik verkauft wurden (Seite 297); NDR und WDR sollen nie Vollmer-Geräte erworben haben.²⁰³⁵

Aber auch die Zentraltechnik des NWDR in Hamburg war aktiv geworden und hatte Geräte entwickelt, die dann an Industriefirmen zur Serienfertigung gegeben wurden. Vor allem war die Lücke bei den netzunabhängigen Ü-Wagen-Geräten besorgt registriert worden. Tragbare, batteriegespeiste Reportage-Tonbandgeräte entstanden in Zusammenarbeit mit der Hamburger Firma Maihak, die bald recht überzeugende Konstruktionen anbieten konnte, etwa die MMK-Serie (Braunbuch-Bezeichnungen B-R 25 im Jahre 1948 beziehungsweise B-R 25a 1950, siehe Seite 429 ff.).

Im Herbst 1947 spielte die Lieferlage bei Tonbändern in den Besprechungen der Gerätehersteller eine durchaus wichtige Rolle.²⁰³⁶ So käme, wie es schien, das Ludwigshafener I.G. Farben-Werk „in Auflösung“, weil es in der französischen Besatzungszone läge, kaum für die Belieferung der anderen Zonen und nur für den Export nach Frankreich in Frage. Die amerikanische Militärregierung versuche ihren Bedarf in Wald-Michelbach beziehungsweise Gendorf zu decken. In der russischen Zone gäbe es genügend Material, über dessen Qualität aber nichts bekannt wäre (womit nur die Fabrikation der Agfa Wolfen gemeint sein kann). Da in der britischen Zone bis dato kein Tonbandhersteller ansässig war, nahmen es die Gerätehersteller erfreut zur Kenntnis, als das ehemalige I.G.-Werk Leverkusen – bald als Agfa Leverkusen – von sich aus die Tonbandproduktion aufnahm. Diese Unsicherheiten sind auf den Seiten 3313 ff. eingehend beschrieben.

Was in der Berliner Magnetophonfabrik zwischen Mitte 1946 und Anfang 1950 geschehen ist, lässt sich kaum rekonstruieren. Es fehlen systematische Zeitzeugnisse über Produkte, Entwicklungen, Umsätze und dergleichen; die vorhandenen erlauben nur punktuelle Einblicke in diese Zeit, zudem sind sie zeitlich auch nur schwer exakt zuzuordnen.

In jedem Fall ist kein nennenswerter Umsatz festzustellen, so dass weitere Standbeine geschaffen werden mussten. Hier schlug die AEG in Berlin zwei Wege ein: kleine Geräte für den Amateurmarkt und Auslastung der Werkstätten durch Reparaturleistungen. Billige Kleingeräte waren auch nach Schüllers Bemerkung bei einem BASF-Besuch im August 1947 geplant:²⁰³⁷ Man wollte ein „Volksgerät“ für 450 Reichsmark bauen und rechnete mit Umsätzen von 10.000 Stück; dafür hatte man einen Bedarf von 2.000 Tonbändern pro Monat geplant. Auch Horst Redlich, damals bei der Magnetophon G.m.b.H. in Berlin, erwähnte bei einem Besuch in Ludwigshafen am 22. Oktober 1947 ein Volks-Magnetophon,²⁰³⁸ das die AEG auf der „Frühjahrsmesse“ 1948 vorstellen wolle. Was für ein Gerät war das? Das AW 1 oder AW 2 (Seite 279) kann kaum gemeint gewesen sein, weil es für den genannten Preis schwerlich zu bauen war. War es das AW 38 aus Berlin? Von den bekannten Geräten ist dieses das konstruktiv wohl einfachste gewesen – und es enthielt durchaus einige interessante technische Lösungen (Seite 281). Aber haben Redlich und Schüller bei ihren – voneinander unabhängigen – Besuchen in Ludwigshafen überhaupt dieselben Geräte gemeint? Oder sprach nicht vielmehr Redlich ausschließlich über Berlin und Schüller über Hamburg? Dann könnte Redlich das AW 38 und Schüller das KL 15 gemeint haben. Schließlich erwähnt Schüller die Planungen zum T 8, nicht die zum K 8. Und für T 8 lagen im August 1947 schon 200 Bestellungen vor. Allerdings schätzte er den Zeitbedarf für die Fertigstellung der Werkstatt noch auf ein weiteres Jahr

(meinte er damit das Werk in der Krochmannstraße, oder schon das neue Werk in der Billhorner Canalstraße, das man ja Anfang 1949 bezog?) In diese unübersichtliche, schwierige Wiederaufbauphase nach der Währungsreform vom 20. Juni 1948 platzte zu allem Übel nun noch die Blockade Berlins (24. Juni 1948 bis 12. Mai 1949), die naturgemäß auch dem Magnetophongeschäft der Berliner AEG nicht förderlich sein konnte. Fast beschwörend klang es, wenn mitten in der Blockadezeit, am 18. Oktober 1948, ein neuerliches Rundschreiben der AEG-Direktion am Berliner Hohenzollerndamm nochmals eindringlich die Zusammenarbeit zwischen Hamburg und Berlin festlegte: Direktor Hartmann in Berlin übernimmt die Führung auf dem Fertigungsgebiet der Magnetophone, Schüller in Hamburg die Entwicklung, Hans Schepelmann, Berlin, die gesamte Durchführung des Magnetophongeschäfts (unterschrieben von Friedrich Spennrath, dem Vorstandsvorsitzenden, und Hans Constantin Boden, damals Vorstandsmitglied).²⁰³⁹ Und auf der relativ neuen (seit 1947) Exportmesse in Hannover im April 1949 – also noch während der Blockade – waren neben den Hamburger Magnetophonen auch die Berliner Typen K 8 und W 38 ausgestellt, letzteres also als reines Wiedergabegerät.²⁰⁴⁰

Anfang 1946 erhielt Hans Westpfahl, der früher das Magnetophon-Prüffeld der AEG in Berlin geleitet hatte, den Auftrag, dort eine Reparaturabteilung für Rundfunkgeräte und Magnetophone aufzubauen. Es dürfte sich um den letzten Versuch gehandelt haben, den Bereich und das Fachpersonal in Berlin zu halten. Bis Januar 1950 sind etwa 1.000 Rundfunkgeräte, aber nur 50 Magnetophone und einige Magnetophonkomponenten repariert oder umgebaut worden.²⁰⁴¹ Die Abteilung wurde daraufhin stillgelegt, und selbst Hans Westpfahl wurde nach 17 Jahren Magnetophon-Entwicklung und -Fertigung entlassen. Es darf vermutet werden, dass er Berlin nicht verlassen wollte und deshalb bis 1965 zeitweise selbständig, zeitweise in der Berliner Filmindustrie arbeitete. Dann wurde er wieder bei der AEG eingestellt (Seite 574).²⁰⁴²

Es ist wohl auch kein Widerspruch zu diesen Fakten, dass die AEG im Juli 1950 in „Flyern“ für K 8 geworben hat, und zwar zusammen mit AW 1 und AW 2. Es muss sogar vermutet werden, dass die AEG Hamburg – aber wohl nicht das Werk in der Billhorner Canalstraße – Restbestände aus Berlin übernommen hat. Aus Lizenzabrechnungen liegen heute noch, wenn auch nur für drei Quartale, zuverlässige Zahlen vor: ²⁰⁴³ Vom dritten Quartal 1950 bis zum ersten Quartal 1951 wurden noch 33 Magnetophone des Typs K 8 zum Stückpreis um 6.000 DM verkauft, verglichen mit 40 Geräten des Typs T 8 zu einem mittleren Preis in derselben Größenordnung. Zur selben Zeit wurden 19 Geräte AW 38 verkauft, nachdem deren Stückpreis von 708 auf 244 DM gesenkt wurde. In Berlin konnten in diesen drei Quartalen auch noch 27 Tonschreiber-Umbauten Magnetophon „Type b2“ verkauft werden, deren Preis sogar von 637 auf 922 DM gestiegen war.

Während nach den vorliegenden Lizenzabrechnungen der Absatz Berliner Geräte im dritten Quartal 1950 noch gut 25 % am gesamten Magnetophonumsatz der AEG betrug, fiel er im ersten Quartal 1951 auf 4 %. Der Gesamtumsatz stieg in jedem der drei Quartale um etwa 70 %, wobei sich das AW 2 als „Zugpferd“ hervortat.

Exkurs IX: Fortschritte der Magnettonspeicher-Technik

So intelligent der Drei-Motoren-Antrieb auch konzipiert war: seine ersten Ausführungsformen zeigten nur zu bald, dass und wie viele Detailverbesserungen erforderlich waren. Schon für den Tonmotor wurden im Lauf der Entwicklung immer wieder andere Typen eingesetzt, weil die zunächst verfügbaren Versionen die steigenden Ansprüchen an die Reproduktionsqualität der Magnetbandgeräte nicht mehr erfüllten (und Mitbewerber mit technischen Weiterentwicklungen ihrer eigenen Produkte kommerzielle Erfolge erzielen wollten). Ausgehend von den verhältnismäßig einfachen Synchron- und Asynchronmotoren der Magnetophone K 1 bis K 8 wurden schließlich, Endpunkt der Entwicklung, geregelte Gleichstrommotore eingesetzt, die optimal niedrige Gleichlaufschwankungen boten – dies war praktisch erst mit Leistungstransistoren zu verwirklichen, nachdem die Röhrentechnik früherer Jahre zur Regelung der Ströme von Motoren ungeeignet war. Alle Zwischenstufen zeigten mehr oder weniger bauartlich bedingte Nachteile, die sich als hörbare Störungen oder wenigstens Unsauberkeiten der Wiedergabe bemerkbar machten. Die Motorcharakteristik allein genügte allerdings nicht: auch die Rundlaufgenauigkeit der Tonrolle musste immer weiter verbessert, also Unrundheiten und/oder Lagerexzentrizitäten verkleinert werden.

Ähnlich komplexe Probleme machten die Wickelmotore. Ohne konstanten Bandzug keine gleichmäßige und vor allem konstante Bandgeschwindigkeit; ohne ausreichendes, möglichst konstantes Wickel-Drehmoment keine festen Bandwickel (ungenügende Stabilität kann zu Wickeln führen, die außen hart gespult, im Innern aber durchaus „weich“ sind; derart instabile, freitragende Wickel neigen zum Auseinanderfallen oder, etwa auf Spulen, zum „Cinching“, im Endeffekt also losen Bandlagen und verzogenen Bändern). Bei den ersten Magnetophon-Generationen gab es keine andere Möglichkeit, als zum Wickeln möglichst geeignete Motortypen einzusetzen und sie, so gut es ging, aufgabengerecht zu beschalten. Fortschritte der Bauteile-Entwicklung erlaubten es nach etwa 1960, die Wickelmotore elektronisch zu steuern (beispielsweise dem gezogenen Motor einen geregelten Gleichstrom zuzuführen, so dass er als Wirbelstrombremse arbeitet). Auch hier hat sich bei den letzten Entwicklungsstufen der geregelte Gleichstrommotor durchgesetzt, gesteuert von einem entsprechend flexibel programmierbaren Mikroprozessor (siehe dazu auch Exkurs XII: Der Transistor verändert die Magnetbandtechnik, Seite 367).

Eine oft unterschätzte Schwierigkeit war das Abbremsen des Magnetbandes aus dem schnellen Umspulen innerhalb von zwei bis fünf Sekunden oder, wenn es einmal riss, das möglich rasche Stillsetzen des Bandantriebs, damit nicht dutzendmeterweise Magnetband unkontrolliert „abgespult“ und möglicherweise verschmutzt oder beschädigt wurde – vom Zeitbedarf für das lästige Aufräumen ganz abgesehen. Hier waren diffizilste, unbedingt betriebssichere Kombinationen von Materialien und Bremsmechanismen zu beherrschen, was viel Erfahrung beim Konstruieren und Sorgfalt beim Service voraussetzte.

Besondere Ansprüche an die feinmechanische Präzision stellte die „Schnittstelle“ zwischen Informationsträger und Informationswandler, nämlich die Führung des Magnetbandes über die Magnetköpfe. Hier galt als Grundanforderung: Die Spalte der Magnetköpfe müssen senkrecht zur Laufrichtung des Magnetbandes stehen (andere Winkelstellungen sind erst in der

Videoaufzeichnungstechnik angewandt worden). Steht der Magnetkopfspalt nur um Winkelminuten schräg gegenüber der Aufzeichnung auf dem Band, folgen daraus Höhenverluste. Wie groß die erlaubten Abweichungen sein dürfen, ist in erster Linie eine Frage der kleinsten aufgezeichneten Wellenlänge (die also den höchsten Frequenzen entspricht). Stellten etwa beim Magnetophon K 4 mit seiner oberen Grenzfrequenz 5 kHz die zugehörigen Wellenlängen bis herunter zu etwa 150 μm keine allzu großen Anforderungen, änderte sich das Bild nachhaltig, als die Bandgeschwindigkeit im Studiobereich auf 38,1 cm/s herab-, die obere Grenzfrequenz auf 15 ... 18 kHz heraufgesetzt wurde: jetzt waren Wellenlängen bis zum 20 μm -Bereich zu verarbeiten; im gleichen Maß (erfahrungsgemäß eher stärker) stiegen die Ansprüche an die Präzision der Kopfeinstellung einerseits und der Bandführung andererseits – natürlich auch an die Maß- und Formhaltigkeit der Magnetbänder. Dafür ein Beispiel: steht der Wiedergabekopf nur, salopp gesagt, um 1/25 mm schief, so werden bei 38,1 cm/s (und Vollspuraufzeichnung) Frequenzen ab 10 kHz überhaupt nicht wiedergegeben, der unterhalb liegende Frequenzbereich ist hörbar geschwächt.

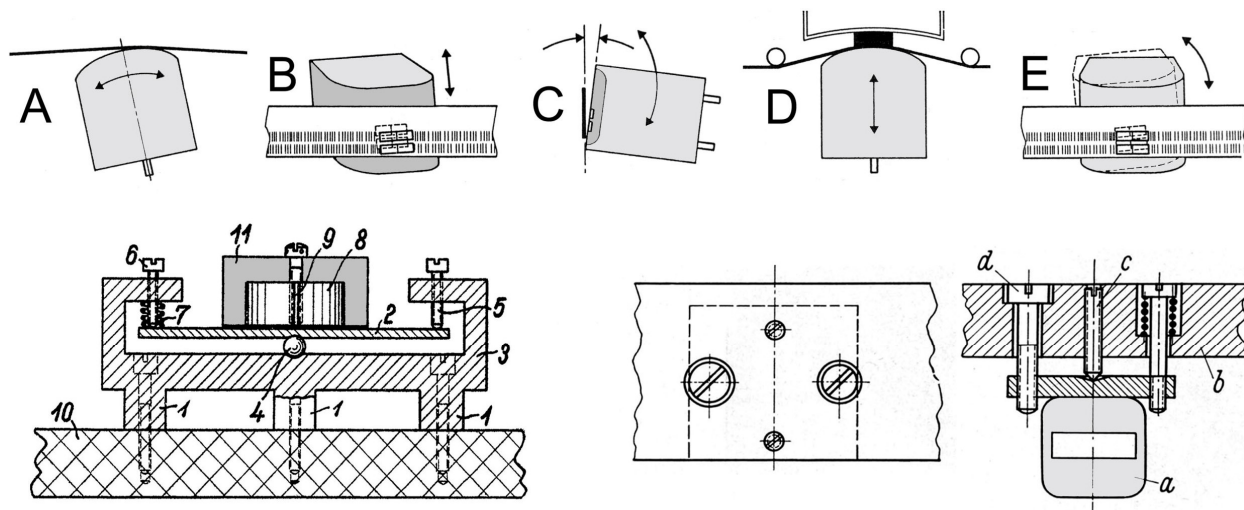


Abbildung 265 (OBERE REIHE): Magnetkopf-Einstellung. A: der Kopfspalt muss auf der Winkelhalbierenden des Umschlingungswinkels liegen; B: Höhe der Kopfsysteme und Magnetband-Spurlage müssen übereinstimmen; C: Kopf- und Band-Oberfläche müssen parallel und senkrecht stehen (Zenit); D: die Kopfumschlingung (hier: bei Cassetten-Recordern die Eintauchtiefe) ist zu prüfen; E: die Azimut-Einstellung muss korrekt sein.

Abbildung 266 (UNTEN): links Zeichnung aus dem Patent DE 676 810, „Halterung für Magnetköpfe von magnetischen Schallaufzeichnungsgeräten“, Erfinder: Hans Schießer und Eduard Untermann (1937); daneben ein Beispiel für die praktische Ausführung (a Magnetkopf, b Kopfträger, c Höheneinstellung, d Spalteinstellung).²⁰⁴⁴

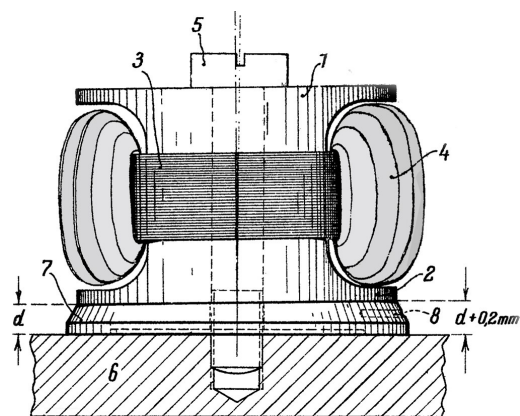


Abbildung 267: Zeichnung aus Patent DE 712 825, „Vorrichtung zum Einstellen des Luftspaltes von Magnetköpfen bei Magnettongeräten“ von Ernst Köppler, angemeldet 1940.²⁰⁴⁵

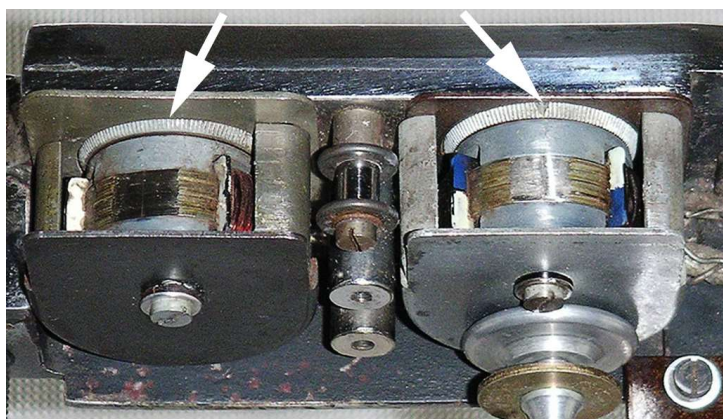


Abbildung 268: Praktische Ausführung der Taumelscheibe (Pfeile), hier beim Aufnahme- und Wiedergabe-Magnetkopf des Tonschreibers b.

Um den präzisen Abgleich von Magnetband-Aufzeichnung und Kopfspalt zu erreichen, hatten Hans Schießer und Eduard Untermann schon 1937 eine Art Wippe entwickelt, die eine präzise, stabile und reproduzierbare Kopfeinstellung erlaubte – allerdings auch entsprechenden Fertigungsaufwand verursachte und genügend Platz im Kopfträger voraussetzte.²⁰⁴⁶ Die Magnetophone K 4, R 22(a), K 6 alias R 23 und die Tonschreiber benutzten dagegen die weit anspruchslosere „Taumelscheibe“, eine drehbare, minimal keilförmig geschliffene Unterlegscheibe, die solange verdreht wurde, bis der Magnetkopfspalt senkrecht stand (Abbildung 267).²⁰⁴⁷ So verschwindend der Materialaufwand, so hinderlich erwies sich die Taumelscheibe in der Praxis: der Magnetkopf ließ sich genaugenommen nur unter einem Messmikroskop korrekt einstellen, und das war eine durchaus knifflige, nur von Fachleuten beherrschte Arbeit.²⁰⁴⁸ Schon beim Magnetophon K 8 – das ja Frequenzen bis 10 kHz und damit Wellenlängen bis herab zu etwa 70 μm zu verarbeiten hatte – findet sich wieder die Wippenkonstruktion, die sich im Prinzip bis zum Ende der Magnetbandperiode gehalten hat. – Abbildung 265 und Abbildung 266 zeigen anschaulich, wie komplex die Anordnung und Einstellung eines Magnetkopfes gegenüber dem Magnetband ist.

Die Ansprüche stiegen natürlich weiter, als die Magnetband-Breite zunächst in zwei, später vier Spuren aufgeteilt, dann die Magnetbänder bis auf 50,8 mm verbreitert wurden und die Spurenzahl bis auf 32 stieg. Auf der anderen Seite die Compact-Cassetten-Technik: hier standen – bei der Bandgeschwindigkeit 4,76 cm/s – Frequenzen bis 18 kHz und mithin Wellenlängen im 2,5 µm-Bereich an; Forderungen, die wiederum die Videoaufzeichnung auf Magnetband mit Wellenlängen teils deutlich unter 1 µm noch weit übertrifft.

Die Entwicklung der Magnetophongeräte wie auch der Magnetophonbänder verlief in den späten 1940er Jahren, was in internen Berichten deutlich zu verfolgen ist, zeitweise annähernd chaotisch, nicht zuletzt deshalb, weil die mechanischen Anforderungen an den Bandtransport – insbesondere die Bandführung im Kopfräger-Bereich – erst nach und nach erkannt und umgesetzt wurden. Dazu kam eine nur „schematisch“ (an die eben auch nicht stabilen Magnetbändereigenschaften) angepasste Einstellung der Hoch- und Niederfrequenzströme, gelegentlich „eigenmächtige“ Änderungen bei Magnetköpfen (insbesondere deren Spaltbreite, vor allem kritisch beim Aufnahmekopf). Verlässliche, vergleichbare Messergebnisse waren die Ausnahme, heikle Reklamationen teils beim Band-, teils beim Gerätehersteller an der Tagesordnung. Messverfahren, die „gehörig bewertet“ Zahlengrößen für Gleichlauf- und damit Tonhöhenchwankungen lieferten, mussten erst entwickelt und standardisiert, die aufwendigen Messgeräte gebaut und finanziert werden.

Der Umfang dieses denkbar knappen Umrisses teils fundamental wichtiger Einzelfragen der Magnetontechnik soll zeigen, dass es praktisch ausgeschlossen ist, die jeweiligen Lösungen bei jedem Maschinentyp detailliert zu besprechen. Einen konzentrierten, leider nicht bis zur letzten Entwicklungsstufe in den 1990er Jahren führenden Überblick bieten die beiden Ausgaben des Standardwerks von Fritz Winkel (Hg.), Technik der Magnetspeicher (1. Auflage 1960, zweite, neubearbeitete Auflage 1977), aus deren Vergleich sich durchaus anschaulich ergibt, welche Entwicklungsarbeit in diesen zwei Jahrzehnten geleistet wurde. – Dass die enorm komplexe Matrix aus Band- und Geräte-Eigenschaften, akustischen und betrieblichen Anforderungen zu immer wieder verbesserten Geräte- und Magnetband-Generationen führte – was in der Praxis eines Tondios naturgemäß als selbstverständlich galt – machten nur solideste ingenieurtechnische Leistungen möglich, die leider mit dem Verschwinden der Magnetbandtechnik mehr und mehr in Vergessenheit zu geraten drohen.

Betriebsgründung zu Nachkriegsbedingungen

Hamburg-Winterhude, Juni 1946: Ein neues Werk aufzubauen, ist schon unter normalen Umständen außerordentlich anstrengend; aber jetzt, in der Nachkriegszeit, war das noch ungleich schwerer: Hamburg hatte durch Kriegszerstörungen, besonders in den „Feuerstürmen“ nach den Luftangriffen vom 27. bis zum 29. Juli 1943 (dem Tag der Explosion in Ludwigshafen), einen erheblichen Teil seiner Wohn- und Fabrikgebäude verloren, war zusätzlich mit Flüchtlingen und Ausgebombten überbelegt, die Infrastruktur der Stadt zum Teil zerstört. Wo fanden sich geeignete Industriegebäude? Wo sollten die benötigten Spezialisten wohnen? Woher konnten die hoch spezialisierten Bauteile (etwa Synchronmotoren) für Magnetophone bezogen werden? Selbst Radoröhren, Schalter, Relais, Transformatoren und so weiter waren nicht eben mal zu kaufen – für alles mussten Lieferquellen erschlossen, häufig improvisiert werden. Dasselbe galt für spezielle Werkstoffe, wie sie etwa als Kernmaterial für die Tonköpfe benötigt wurden. Und das alles traf mindestens genau so zu auf die notwendigen Werkzeugmaschinen und Messgeräte in den Labors – die in Berlin demontiert, in Hamburg aber noch gar nicht vorhanden waren. Und dann blieb ja immer noch die Frage offen, ob die geplanten Produkte vom Markt benötigt würden, und wenn ja – konnten denn die Interessenten die Geräte bezahlen?

Und selbst für die Errichtung und den Betrieb einer neuen Fabrik brauchte man eine Erlaubnis der Besatzungsmacht, also vom britischen „Military Government of Germany“. Diese „Production Permit Industrial Plants“ zum Fertigungsstart für Magnetophone erhielt die AEG von der britischen Militärregierung in Hamburg mit Unterschrift vom 27. Mai 1946.²⁰⁴⁹ Die Fertigung wurde ausschließlich für Magnetophone freigegeben, galt nur für drei Monate – Verlängerung auf Antrag. Ein monatlicher Fortschrittsbericht in englischer Sprache war abzuliefern, von dessen rechtzeitigem Eintreffen die Energieversorgung abhing. Diese war auf maximal 20 kWh pro Tag begrenzt – so viel benötigten etwa drei Bügeleisen, die den ganzen Arbeitstag über laufen.

Das „Werk“ lag auf einem Hinterhof in der gutbürgerlichen Winterhuder Krochmannstraße Nr. 12-14, und zwar in einem ausgelagerten Betriebsteil der Firma Richard Seifert & Co, die sich mit industrieller Röntgentechnik befassete.²⁰⁵⁰ Weiter gehörte zu den Gebäuden eine Wäscherei und Plätterei, betrieben von Flüchtlingen aus Ratibor.

AEG Magnetophon Gerätebau GmbH Hamburg, kurz Mgt H, startete mit wenigen Mitarbeitern, von denen einige aus der Berliner Mannschaft stammten. Das waren neben Eduard Schüller Hans Schießler und Rolf Müller-Ernesti. Einige gaben nur ein kurzes Zwischenspiel, so Hans Schießler, der allerdings Anfang 1947 zur Rundfunktechnischen Zentrale (RTZ) nach Bad Homburg v.d.Höhe wechselte und so zum Mitarbeiter seines bisherigen Kunden Hans Joachim von Braunmühl wurde.²⁰⁵¹ Neue Mitarbeiter kamen im Laufe der folgenden Jahre hinzu, teils Neulinge in dieser Technik, teils ehemalige Mitarbeiter nach ihrer Entnazifizierung, etwa Arne Sorigius und Hans Schepelmann. 1950 konnte Schüller beim vorläufigen Ende der Berliner Magnetophon-Fertigung mehrere dortige Mitarbeiter überzeugen, nach Hamburg zu kommen, etwa Heinrich Stoffers, der die mechanische Fertigung übernahm, „Opa“ Adolf Ölkers, einen erfahrenen Fachhochschulingenieur von den Apparatefabriken Treptow, der bald Betriebsleiter in der Billhorner Canalstraße wurde, und Heinrich Schröder, der in den folgenden Jahren eine Reihe magnetophontechnischer Fachpublikationen verfasste.²⁰⁵² Auffallend viele spätere Leistungsträger waren schon früh in der Krochmannstraße dabei, etwa die überragenden Entwickler Werner Dziekan für die Tonköpfe und Rudolf Goetze für die Laufwerke. Die Fabrik stand unter technischer Leitung von

Eduard Schüller, der kaufmännische Leiter hieß Ulrich Dihle. Im Werk Winterhude arbeiteten bis zu 300 Mitarbeiter.²⁰⁵³

Die Fabrik und ihre Ausstattung muss man sich sehr primitiv vorstellen – gemessen am Anspruch, hochpräzise Technik herzustellen. Heute würde man für solche Aufgaben hochwertige Präzisionsmaschinen in klimatisierten Räumen fordern. Damals besaß „Röntgen-Seifert“ nur eine Handvoll gebrauchter Werkzeugmaschinen, welche die AEG mitbenutzen durfte. Nur ein Teil der Räume wurde mit Öfen geheizt; in den anderen konnte man winters nur für begrenzte Zeit arbeiten und ging dann in einen geheizten Raum, um sich wieder aufzuwärmen. „Das Pausenbrot bestand häufig aus einer Scheibe Brot, die auf einem Ofen getoastet wurde.“²⁰⁵⁴

Suchte man neue Mitarbeiter, waren diese nach dem Krieg wohl leicht zu finden, aber schwierig einzustellen: wenn sie nicht zufällig in der Nähe des Werks wohnten, konnten sie – zumindest wenn sie eine Arbeitsstelle nachwiesen – mit einer Zuzugsgenehmigung rechnen. Diese Genehmigung erhielten ohne Arbeitsstelle nicht einmal ausgebombte Hamburger: es war eben kein freier Wohnraum mehr vorhanden. In der Nähe des Werks gab es in Fuhlsbüttel ein provisorisches Lager für zuzugsberechtigte Arbeitskräfte – natürlich ohne Familie. Diese Unterkunft wurde trotzdem gerne genutzt, hatten die Bewohner dort doch die Chance, für ihre Essensmarken zumindest eine warme Mahlzeit am Tage zu erhalten. Als weiteres Lager für solche Wohnzwecke gab es 7 km entfernt – in der Nähe des Hauptbahnhofs – eine Turnhalle; die Bewohner banden dort des nachts ihre Habe an sich, damit diese nicht „verloren ging“. Das Werk war über die naheliegende U-Bahnstation Hudtwalkerstraße an den Nahverkehr angebunden.²⁰⁵⁵



Abbildung 269 (LINKS): Zwei leitende Mitarbeiter der AEG-Magnetophonfabrik im Hamburger Hafen: Werner Dzienek (links) und Rolf Goetze (rechts), dazwischen Viktor Pfirrmann von BASF AG Ludwigshafen.



Abbildung 270 (RECHTS): Reluktanzläufer für Studio-Magnetbandgeräte (ca. 1950).

Wegen der primitiven Maschinenausstattung des Werks mussten anfangs noch viele Aufträge nach außen gegeben werden. Typische Beispiele dafür war das Verchromen und Schleifen der Tonrollen oder das Stanzen der – von der Firma Vakuumschmelze bereits wieder erhältlichen – Mu-Metall-Bleche.²⁰⁵⁶

In den Anfangsjahren besuchten öfter Kommissionen der britischen Besatzungsbehörden das Werk, um sich über den technischen Fortschritt der Magnetophonentwicklung informieren zu lassen. Diese Art Industriespionage war damals üblich und nicht zu unterbinden.²⁰⁵⁷ Wie und welche Informationen aus solchen Besuchen, zusätzlich zu den BIOS- und CIOS-Berichten, zum Bau des ersten britischen Studiotonbandgeräts, des BTR/1 (British Tape Recorder, vorgestellt Februar 1948²⁰⁵⁸) der EMI beitrugen, wird sich nicht mehr dingfest machen lassen.

Womit beschäftigte sich die AEG in der Krochmannstraße? Hatte die Werksleitung trotz anderer Auflagen der „Production Permit“ in der ersten Zeit noch Zahlenschlösser gebaut²⁰⁵⁹ und über weitere „Diversifikationen“ nachgedacht – sogar der Bau einer Röntgenanlage zur Verhinderung des Kartoffel-Keimens, entwickelt zusammen mit Röntgen-Seifert, wurde erwogen²⁰⁶⁰ – konnte man sich doch schon nach wenigen Monaten auf das „Kerngeschäft“ konzentrieren, obwohl in den Westzonen die Lagerbestände der FDS, also der Berliner Fabrik Drontheimer Straße, nicht zur Verfügung standen. Es gelang aber schnell, Reparatur-Aufträge bei Radio Bremen, bei den Funkhäusern in Hamburg und Köln (am 22. September 1945 von der britischen Besatzungsbehörde in NWDR umbenannt), beim SWF Baden-Baden in der französischen Zone und weiteren Sendeanstalten zu akquirieren.²⁰⁶¹ Meist handelte es sich um Studiomaschinen der K 4-Generation, also R 22, R 22a und R 24. Soweit dabei noch Maschinen mit Gleichstrom-Vormagnetisierung auftauchten, waren die Magnetköpfe auszutauschen und in den meisten Fällen auch der Antrieb mit dem Austausch der Asynchron- zu Synchron-Motoren zu verbessern. Dazu kam die gründliche mechanische Überholung, oft auch das Ausbuchen von Lagern. Die Verstärker der K 4 beziehungsweise R 24-Geräte baute Heinz Brandt für HF-Betrieb um – als Röhren wurden im großen Umfang noch Stahl- und Wehrmachtstypen eingesetzt, aber auch schon vereinzelt modernere Rimlock-Röhren. Das Stanzen und Schleifen der Magnetkopf-Bleche (vor allem der Löschkopf musste in seinem Querschnitt von Gleichstrom-

Hornkopf auf HF-Ringkopf umgestellt werden) war mit den vorhandenen Werkzeugmaschinen (zu hoher Verschleiß der Werkzeuge) kaum zu leisten und musste anfangs „nach außen“ vergeben werden.

Neue Konstruktionen für Synchronmotore

Die Asynchronmotoren der bisherigen Tonrollenantriebe waren überdimensioniert, damit sich Lastschwankungen möglichst wenig auf die Drehzahl auswirkten. Der Läufer, fachsprachlich ein Käfigläufer, wurde vom Stator Drehfeld (aus dem Wechselfeld des Netzstromes über eine zweite Statorwicklung und einen „Hilfskondensator“ gewonnen) asynchron „mitgenommen“. Dass dieser Motortyp für den Tonbandantrieb nicht die beste Lösung war, hatte von Braunmühl schon zu RRG-Zeiten bemängelt und die Umstellung auf Synchron-Motore angestrebt. Deren Bau erzwang gänzlich neue Lösungen; anfangs musste, beschwerlich genug, das präzise Abdrehen der Welle, deren Verchromen und Feinschleifen noch außer Haus gegeben werden (Nenn Durchmesser 9,8 mm für die Bandgeschwindigkeit 77 cm/s).

Von außen waren allenfalls geringe Unterschiede zwischen Asynchron- und Synchronmotoren zu erkennen. Da sie selbständig anlaufen sollten, besaßen sie ebenfalls einen Käfigläufer als Rotor. Zusätzlich erreichten aber ausgeprägte Pole oder Dauermagnete im Läufer, dass das rotierende Magnetfeld den Rotor nach dem Hochlauf so fest an sich band, dass der Läufer synchron mit dem Statorfeld umlief. Dann führte eine Laständerung nicht mehr zu einer Drehzahländerung, sondern erhöhte nur noch den „Lastwinkel“ zwischen rotierendem Magnetfeld und den Polen des Rotors. (Bei schwachen Motoren können allerdings Schwingungen dieses Lastwinkels – bekannt als Pendelschwingungen – durchaus zu akustisch wahrnehmbaren Störungen führen. Deshalb wurden auch die Synchronmaschinen im Verhältnis zu ihrer Aufgabe überdimensioniert, so dass der Lastwinkel nur geringfügig schwankte.)

Die einfachste und in der Krochmannstraße zuerst ergriffene Maßnahme, um aus einem Asynchronrotor einen Synchronrotor zu machen, war dessen Umwandlung in einen Reluktanzrotor²⁰⁶² (Reluktanz heißt der magnetische Widerstand, der beim Reluktanzmotor ungleichmäßig verteilt ist). Wenn der Läufer eines asynchron hochlaufenden Motors derart mit Längsschlitzten versehen wird, dass ausgeprägte „Pole“ entstehen (Abbildung 270) und die Polzahl identisch mit der Polzahl des Stator Drehfeldes ist, so wird dieses rotierende Drehfeld nach dem Hochlauf die Rotorpole fest an sich reißen und damit den Synchronlauf des Rotors erzwingen. Die erforderliche Anisotropie des Läufers wurde durch schräg laufende Längsnuten im Rotor erzeugt, die in die vorhandenen Rotoren eingefräst wurden. Selbst diese vergleichsweise einfache Arbeit verursachte seinerzeit mit den vorhandenen Werkzeugmaschinen schon nennenswerten Aufwand.²⁰⁶³

Ein stärkerer Mitnahmeeffekt des Rotors durch das rotierende Statormagnetfeld wird erreicht, wenn die Rotor-Pole durch Dauermagnete verstärkt werden; das ist der Übergang vom Reluktanz- zum „echten“ Synchronmotor. Die AEG Mgt H fertigte ihre ersten Synchronmotore nach dem Kriege erst einmal in Kooperation mit einer externen Firma, die den Stator wickelte. Der Rotor wurde von Anfang an im AEG-Werk gebaut. Dazu wurde ein etwa 7 bis 8 cm langes Asynchron-Blechpaket mit Kupfer-Kurzschlussläufer in bekannter Technik hergestellt, bei dem als Besonderheit auf beiden Seiten des Kurzschlussläufers noch etwa 2 bis 3 cm Platz für je eine zylindrische Dauermagnetscheibe blieb. Diese Scheiben wurden aus Sintermetall (wohl dem damals gängigen AlNiCo, einer Aluminium-Nickel-Cobalt-Legierung) hergestellt, in Sollposition auf den Läufer gelötet und danach zu vierpoligen (zwei Polpaare, 1500 U/min, 77 cm/s), später zu achtpoligen (38,1 cm/s) Dauermagneten aufmagnetisiert. Das geschah, indem der Rotor in einer Vorrichtung zwischen die Polschuhe eines Elektromagneten gespannt und für etwa 10 Sekunden „geladen“ wurde. Den starken Gleichstrom für diesen Ladevorgang erzeugte der Maschinenumformer (Drehstrommotor treibt Gleichstromgenerator an) eines umgebauten Elektro-Schweißgerätes.²⁰⁶⁴ Um Selbstschwächung des Dauermagneten bei fehlendem Eisenschluss zu vermeiden, wurde der Rotor nach dem Aufmagnetisieren sofort in den Motor eingebaut. Für den Service war vorgeschrieben, einen ausgebauten Rotor in einem passenden Eisenrohrstück aufzubewahren, um die Feldlinien „geschlossen“ zu halten. Fand der Service im Werk statt, wurden alle Dauermagnete vor dem Einbau grundsätzlich frisch aufmagnetisiert.²⁰⁶⁵

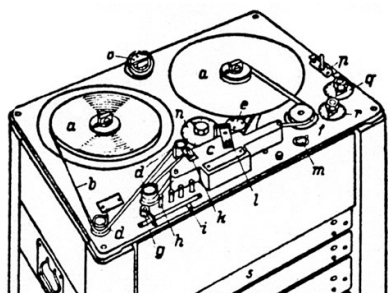
Als die Entwicklung neuer Geräte anlief, gelang es der AEG, in der Himmelstraße Nr. 1 – keine 100 Meter vom Werk Krochmannstraße entfernt – einen Tanzsaal (siehe Zühlsdorf, siehe Wald-Michelbach!) zu mieten, in dem die Entwicklung unter Rudolf Goetze und das Prüffeld unter Gerd Jäkel untergebracht wurden.

Hamburger Erstlinge: Magnetophon T 8 und Magnetophone AW 1 / AW 2

Das erste in der Winterhuder Krochmannstraße entwickelte Magnetophon war das Studiogerät T 8 (siehe Abbildung 271, beschrieben auf Seite 271). Die AEG verkaufte im Geschäftsjahr 1947/48 85 Exemplare und steigerte im nächsten Geschäftsjahr den Umsatz auf 100 Geräte.²⁰⁶⁶ Bemerkenswert ist, dass die AEG das T 8 bereits im November 1947 als Stereogerät (mit je zwei Aufnahme- und Wiedergabeverstärkern) anbot.²⁰⁶⁷ Ein AEG-Prospektblatt vom Mai 1949 unterscheidet zwischen dem Rundfunklaufwerk T 8R (Laufwerk, Aufnahme- und Wiedergabeverstärker „zum Einbau in Rundfunkgestelle oder Koffer“, Gewicht 39 kg) sowie der „Normaltruhe“ T 8N (wie in der Nebenzeichnung zu Abbildung 271 zu sehen: Laufwerk, Aufnahme-, Wiedergabe-, Mikrofon- und Kontrollverstärker, Aussteuerungsmesser in einer etwa 75 kg schweren „Truhe“).²⁰⁶⁸

Gleichzeitig mit dem T 8 und seinen weiterentwickelten Nachfolgern wurden auch in Hamburg einfachere, preisgünstigere Magnetophone entwickelt, die zum einen schon auf Heim- beziehungsweise Amateurmärkte zielten, aber auch den Markt der sogenannten Reportagegeräte bedienen sollten. Hier wollte die AEG einen Sektor, der vom NWDR in Zusammenarbeit mit neuen Firmen (besonders Maihak) eröffnet worden war, zurück erobern. Durch Fertigungsmaßnahmen (Blech- anstelle Gusskonstruktion) einerseits, aber auch mittels Einsparungen (ein einziger Motor für alle Funktionen) versuchte man, das Ziel zu erreichen. Die Geräte hießen AW 1 und AW 2, wobei „AW“ für Aufnahme und Wiedergabe stand. Näheres und Kenndaten zu dieser Geräteserie auf Seite 284 ff.

Abbildung 271: Magnetophone T 8R (Braunbuch-Bezeichnung R 28) im Magnetophonraum des NWDR in Hamburg, Ende 1947. Die Bandführung entspricht weitgehend der Erstaussführung (siehe Zeichnung).



Das Magnetophon T 8N war eher für Abnehmer außerhalb der Rundfunkanstalten gedacht. Zu ihnen gehört die Deutsche Grammophon-Gesellschaft, die bereits 1950 „erste Stereo-Bandaufnahmen für Vergleichstests und Verwendung auf Schallplatten“ realisierte²⁰⁶⁹ – das ist 1950 am ehesten mit einer Stereo-Ausführung der T 8 (siehe oben) vorstellbar. Ein ganzes T 8N-Quartett diente 1951 „in der Redaktion einer großen Programmzeitschrift“ dazu, „alle Sendungen, die in der Zeitschrift kritisch betrachtet werden sollen, mit den Magnetophonen [aufzunehmen], damit sie der Kritiker in Ruhe abhören und mit aller Sorgfalt beurteilen kann.“²⁰⁷⁰

Als Abwandlungen des T 8-Laufwerks entstanden, wie diverse Bilddokumente beweisen, Konstruktionen mit vereinfachter Bandführung. So ist ein Exemplar erhalten (auch als Buchillustration²⁰⁷¹), das anstelle des Bandführungs-Schlangenpfads auf der linken Seite nur eine relativ große, augenscheinlich einfache Umlenkrolle aufweist. An der gleichen Stelle erscheint bei weiteren Geräten eine kegelige Umlenkrolle, die vermutlich noch aus K 4-Restbeständen stammt. Vollends unklar ist die Provenienz eines im Rundfunkmuseum Fürth gezeigten Laufwerks: auch hier die K 4-Umlenkrolle, dazu eine Plakette, die das Gerät als Typ T 8U und als Hersteller die Firma Vollmer ausweist – in ihrem Firmenarchiv findet sich keine schlüssige Erklärung. Schriftliche Dokumentationen zu allen diesen „Varianten“ sind nicht bekannt.

Beim Blick auf die Unterseite der Montageplatten zeigen sich an den Positionen der drei T 8N-Umlenkrollen mit Pass-Stücken verschlossene Bohrungen, daneben Markierungen für Gewindebohrungen. Man kann daraus wohl schließen, dass die AEG Hamburg bereits für die Bauart T 8N gebohrte Montageplatten verwendete, die Durchbrüche ausfüllte und vereinfachte Bandführungen mit nur einer Umlenkrolle montierte.



Abbildung 272 und Abbildung 273: Bau-Nr. 47187, ein Gerät, das bei „Stichting Centrum voor Duitse Verbindingen en aanverwante Technologieën / Foundation Centre for German Communication and related Technology“ aufgearbeitet und dort als „T 8“ bezeichnet wird. Es zeigt eine gewisse Verwandtschaft mit der Fürther Radiomuseums-„Vollmer-T 8U“ und ist ebenfalls *nicht* mit einem der beiden oben gezeigten T 8 beziehungsweise T 8f identisch.

Die deutschen Rundfunkanstalten, federführend oft das Hamburger Funkhaus des NWDR, führten in den Braunbuch-Blättern die Modellreihe Magnetophon T 8R unter der Bezeichnung R 28. So firmiert die erste T 8-Generation seit dem 18. September 1948 als B-R 28 (neue Ausgabe vom 10.11.1949; „B“ als Hinweis auf die britische Besatzungszone; Bandgeschwindigkeit 77 cm/s). Die Weiterentwicklungen zum T 8f wurden ab 1.11.1951 als R 28a/c (ähnlich dem in Abbildung 275 gezeigten Gerät, Bandgeschwindigkeit jetzt 76,2 cm/s) geführt, gefolgt von R 28e (8.12.1952). 1956 erhielten auf die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s umgebaute Geräte noch die Kennzeichnungen R 28a/38, R 28c/38 und R 28e/38. Näheres dazu auf Seite 271.

Im Geschäftsjahr 1949/50 verkaufte die AEG 158 Magnetophone T 8f, im nächsten Jahr – also 1951 – wurde die Produktion zugunsten des neuen Magnetophons T 9 zurückgefahren, schließlich für die T 8-Serie Motore mit halbiertem Drehzahl für die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s angeboten (Abbildung 275).²⁰⁷²

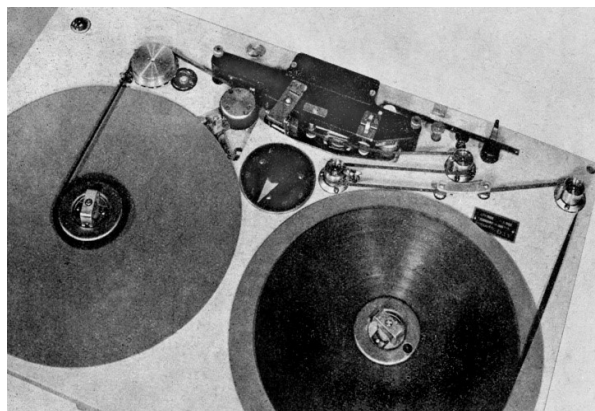
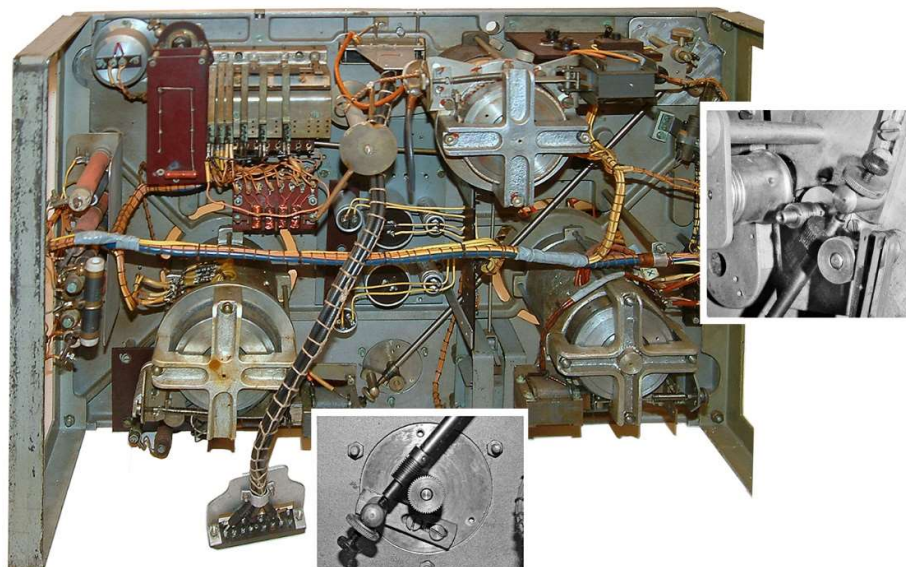


Abbildung 274 (LINKS): AEG-Magnetophon T 8N. Zur Bandführung im Erst-Auslieferungszustand ist eine mechanische Vorrichtung zur Bandberuhigung auf halbem Weg zwischen erster und zweiter Umlenkrolle hinzugekommen (auch in Abbildung 271 zu erkennen) – insgesamt ein komplizierter, „unhandlicher“ Bandpfad.

Abbildung 275 (RECHTS): AEG-Magnetophon T 8f (laut Braunbuchbeschreibung „nach Umbau durch die Hamburger Firma A. Keller“), umgerüstet für die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s; Laufwerk ohne Wickelteller. Zur Bandberuhigung diente die linke Umlenkrolle, die auf eine elektrisch einstellbare Wirbelstrombremse arbeitete, zusammen mit einer zweiten Rolle und einem Fühlhebel zwischen beiden Rollen.

Abbildung 276: Magnetophon T 8, Blick auf die Geräte-Unterseite. Der Antrieb des Bandlängenanzeigers (Wegmessuhr) ist ähnlich wie beim K 8 gelöst, wo er aber weitgehend verdeckt ist (die „Banduhr“ liegt dort etwa im Schnittpunkt der Platinen-Diagonalen); beim T 8 ist die diagonal verlaufende Getriebewelle für den Antrieb des Bandlängenanzeigers dagegen gut zu erkennen. Die beiden Schneckengetriebe sind vergrößert dargestellt (oben rechts an der rechten Umlenkrolle, in der Mitte unten an der Unterseite der „Banduhr“). Die Lagerung der Getriebewelle ist beiderseits mit den Rändelschrauben einstellbar.



Technik der Hamburger Magnetophone (1946 – 1950)

Einen Schritt weiter: Neuerungen beim Magnetophon T 8

Auch das in Hamburg entwickelte Magnetophon T 8 konnte seine Herkunft vom K 7 nicht leugnen, hatte aber gegenüber diesem einen größeren Entwicklungsschritt gemacht als das K 8. Auch T 8 hatte die Kühlluftaustrittsschlitze unter den Bandtellern, letztere waren aber geometrisch so weit an die Platinenmitte herangezogen worden, dass der Kranz der Schlitze sogar mit acht Segmenten vollständig genutzt werden konnte (Abbildung 271). Dies wurde erreicht, indem das Laufwerk um 10 cm in der Länge und 9 cm in der Breite vergrößert wurde, so dass die Bandteller des T 8 im Gegensatz zum K 8 nicht mehr über das Laufwerk hinaus überstanden. Die Laufwerkshöhe war von 35 cm auf 25 cm zurückgegangen.²⁰⁷³ Die Bandlängenanzeige entsprach der des K 7. Sie wurde ebenfalls von der rechten Umlenkrolle über zwei Schneckengetriebe angesteuert. Auffällig war die große Band-

schleife auf der Zulaufseite des Kopfträgers (siehe unten). Der Kopfträger war etwas eckiger als die elegante K 8-Ausführung, auch Bandabheber und Brummklappe entsprachen der älteren Ausführung. Für das Stroboskop an der rechten Umlenkrolle hatte man eine neue Lösung gefunden.

Ein Blick unter die Laufwerke zeigt, dass diese im Laufe der Entwicklung vom K 4 bis zum T 8 immer aufgeräumter und leichter zugänglich wurden. Das lag zum einen am Ersatz der sperrigen K 4-Schweißkonstruktion durch Einzelfüße, zum andern am schrittweisen Wegfall der Kühlluftführung und nicht zuletzt an der vergrößerten Laufwerksplatine. Auch die Motore wurden deutlich kleiner und einfacher im Aufbau. Wie bei K 7 und K 8 entfielen Komponenten, die insbesondere der Fernsteuerung und -anzeige dienten; ihren Platz nahmen zum Teil Kondensatoren für die Asynchronmaschinen ein.

Eduard Schüller hatte bei einem seiner ersten Nachkriegsbesuche in Ludwigshafen am 5. August 1947 unter anderem über dieses neue Studio-Magnetophon T 8 berichtet²⁰⁷⁴ und dabei betont, dass man sehr auf eine verbesserte, lauf-beruhigte Bandführung geachtet habe. Abbildung 271 lässt erkennen, wie diese Beruhigung erreicht wurde;²⁰⁷⁵ Zwischen Abwickelteller und Kopfträger beschrieb das Magnetband eine auffällige Schleife. Die drei Führungsrollen an den Umkehrpunkten bewirkten in ihren „Konuslagern“ einen speziellen Ömlauf, der das Öl aus einem „Ölsumpf“ hochpumpte und dabei nicht nur das jeweilige Lager schmierte, sondern auch den Bandlauf dämpfte. Auffällig waren weiter zwei feste Rollen unter einem Bügel, die ebenfalls der Bandberuhigung dienten (dieser Bügel mit Rollen war bei den Erst-Vorstellungen des T 8 noch nicht eingebaut; er wurde erst nach entsprechenden Labor-Erfahrungen vorgesehen.) Die Bandlängenanzeige dieses Ur-T 8 saß dicht vor dem Kopfträger, angetrieben ebenfalls über ein zweifaches Schneckengetriebe von der rechten Umlenkrolle. Die Bandgeschwindigkeit konnte an der rechten Umlenkrolle mit Stroboskop geprüft werden (eine Glimmlampe beleuchtete Strichmarken seitlich unter der Rolle). Mit dem links neben den Steuertasten angeordneten Rangierhebel ließen sich beim Umspulen je zwei Vor- und Rücklaufstufen sowie die Nullstellung wählen. Die auf dem Kopfträger (B-R 18) montierten Bandabheber (links) und „Brummklappe“ (rechts) zeigen noch ein früheres, wenn auch gegenüber K 7 verbessertes Entwicklungsstadium. Die Bandgeschwindigkeit war zu dieser Zeit in Deutschland noch mit 77 cm/s festgelegt, somit wurde die Tonrolle auf 9,8 mm Durchmesser geschliffen.²⁰⁷⁶

Das Magnetophon T 8 steht gewissermaßen am Beginn einer zweiten Epoche der Magnetbandgeräte-Entwicklung. Es trafen aber auch allerhand Einschnitte und Neuerungen zusammen: der um 1950 aufkommende UKW-Rundfunk setzte voraus, den Übertragungsbereich von 10 kHz auf 15 kHz auszuweiten, was Konsequenzen bei der Präzision der Bandführung wie der Verstärkerauslegung nach sich zog. Die Bandgeschwindigkeit war, zwecks Anpassung an die in den USA ausgearbeiteten Standards, also de-facto für den „Rest der Welt“ verbindliche Normungen, zunächst auf 30 ips = 76,2 cm/s umzustellen. Oft in seiner Bedeutung verkannt, stand der Austausch der bisherigen 70-mm-Wickelkerne gegen solche mit 100 mm an, deren Präzision (und damit der Fertigungsaufwand) bis in die 1980er Jahre konsequent aufgebessert wurde. Schließlich deutete sich um 1950 bereits an, dass, nach Vorbild der USA-„tape recorder“, auf mittlere Sicht die Bandgeschwindigkeit auf 38,1 cm/s zu halbieren und die Bandbreite von 6,5 mm auf 6,3 mm zu reduzieren war. Alles in allem bedeutete dies, nach und nach große Teile der Archivbestände gegen Neuaufnahmen auszutauschen oder aufwendig zu überspielen.

Und zu guter Letzt stellte sich heraus, dass die Bandzugsteuerung der T 8R / R 28 den gestiegenen Anforderungen nicht mehr genügte. In einer umfangreichen Arbeit analysierte Hans Schießler unter anderem auch die Schwachstellen des Bandtransports und resümiert:

... (es) kann auf eine zusätzliche mechanische Filterung nicht verzichtet werden, zumal die Elastizität des Bandstückes zwischen den Köpfen und dem Wickel mit der Masse auf der Abwickelachse ein schwingungsfähiges Gebilde darstellt, dessen Eigenfrequenz bei einem bestimmten Radius des Vorratswickels durchlaufen wird und das eine Vergrößerung der vorhandenen Schwankungen bewirkt.

Beim T 8-Gerät besteht das Filter aus drei Umlenkrollen, die z.T. gebremst werden, jedoch ebenfalls keine sehr starken Filterwirkungen aufweisen. Wegen der bekannten mechanischen Nachteile dieser Anordnung – erschwertes Bänderlegen, erforderliche Verlängerung der Vorspannbänder, Wartungsschwierigkeiten – wird diese Bauweise wieder verlassen werden. Vom NWDR wurde eine Lösung entwickelt, die eine Umlenkrolle mit besonders großem Umschlingungswinkel und einen Fühlhebel besitzt. Die Umlenkrolle ist durch besondere Maßnahmen geschwindigkeitsgedämpft, wobei diese Dämpfung beim Rücklauf unwirksam gemacht wird.²⁰⁷⁷

Diese Bandzugprobleme hatten sich auch so ausgewirkt, das die Bandgeschwindigkeit gegen Bandende minimal absackte. Wäre nun bei einer Musikaufnahme ein solches „langsames“ Bandstück an ein mit Normalgeschwindigkeit aufgezeichnetes Stück angeschnitten worden, wäre ein für Rundfunkvorstellungen nicht zu tolerierender Tonhöhen sprung die Folge gewesen.

Bemerkenswert, dass nicht etwa die AEG die „Lösung“ entwickelt hat, sondern (wahrscheinlich) der NWDR-Ingenieur Karl-Erik Gondesens,²⁰⁷⁸ der eine betriebssichere Bandzugregelung in Zusammenarbeit mit dem Hamburger Feinmechanik-Unternehmen Amandus Keller praxisreif ausgearbeitet hatte. Die neue, 1951 eingeführte Variante bekam den Namen Magnetophon T 8f, laut Braunbuch R 28a und noch mit der Bandgeschwindigkeit 77 cm/s; beim R 28c wurde die schon 1949 / 1950 international genormte Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s (30 ips) realisiert, der Tonrollen-Durchmesser daher auf 9,71 mm Durchmesser geschliffen.

Das Modell T 8f (Abbildung 275) verzichtete auf die von Schießler monierte extrem lange Bandschleife. Zur Bandberuhigung dienten jetzt die linke Umlenkrolle, die auf einer Wirbelstrombremse saß, im Zusammenspiel mit einer zweiten Rolle sowie einem Fühlhebel. Mit der Drehzahl steigt bei Wirbelstrombremsen bekanntlich die Bremswirkung; sie war zudem über die (Gleich-) Stromstärke des bremsenden Elektromagneten einstellbar.

Das Stroboskop an der rechten Umlenkrolle war technisch verändert worden: Die Glühlampe saß jetzt unter einem Lochkranz, der die Strichmarken abgelöst hatte. In einer speziellen Variante (R 28c) wurde der linke Teiler bei größeren Drehzahlen weicher gebremst, indem der Hilfskondensator dann nicht mehr direkt, sondern über einen Widerstand so an die Motorwicklung gelegt wurde, dass der Bandzug für die gesamte Bandlänge weitgehend konstant blieb. Die Bandlängenanzeige war an die hintere Kante der Montageplatte verlagert worden, weil sie zuvor wegen des knappen Abstands zum Kopfträger das Hantieren mit dem Magnetband behindert hatte, am neuen Platz auch besser einsehbar war, und auch der Rangierhebel – oder, wie er offiziell immer noch hieß, der „Vor- Rückspulschalter“ – war flexibler geworden: Er steuerte jetzt je vier Vor- und Rückwärts-Spulstufen.²⁰⁷⁹

Abbildung 277: Hans Brandt (weißer Mantel), enger Mitarbeiter Eduard Schüllers, bei Messungen an oder Praxisversuchen mit einem Magnetophon T 8f – oder dem (vermutlich) Magnetophon KL 15, auf das Brandt deutet. Das Bild wurde wahrscheinlich im Werk Canalstraße aufgenommen.



Das Magnetophon T 8 blieb bis Anfang 1952 im Fertigungsprogramm.²⁰⁸⁰ Nachhol- und Ersatzbedarf der Rundfunkanstalten sorgten dafür, dass die Planung von 1947 mit mehr als 300 Exemplaren weit überschritten wurde.²⁰⁸¹ Das Gerät kostete 1951 DM 13.100.-²⁰⁸² Mitte 1956 – inzwischen hatte die AEG die Magnetophonsparte schon an Telefunken übertragen, das Werk war nach Wedel verlagert worden – verlängerte ein als Austauschteil gelieferter achtpoliger Tonmotor mit 750 Upm die Lebensdauer der Altgeräte, die jetzt laut Braunbuch R 28a/38; R 28c/38; R 28e/38 hießen – die Zahl „38“ als Kennung für die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s. Den Umbau wollte allerdings Telefunken den Anwendern selbst überlassen. Wie lange sich diese T 8-Veteranen noch gegen das attraktivere Magnetophon T 9 halten konnten, ist nicht überliefert; sie werden wohl für die Schnitt- und Montagearbeiten im aktuellen Nachrichten- und Kommentar-Bereich eingesetzt und verbraucht worden sein. – Im Zusammenhang mit der Umstellung auf 38,1 cm/s bekamen die 100 mm-Wickelkerne ein auffälliges rotes Kennfeld, die Vorspannband-Farbe wechselte von weiß zu rot, um vor allem im Sendebetrieb peinliche Pannen möglichst auszuschließen, so lange noch „77er und 38er Bänder“ im Mischbetrieb abzuspielen waren.

Auffällig ist bei allen Magnetophon-Typen der T 8-Reihe die offensichtliche Beplankung der Laufwerkoberfläche mit einem Abdeckblech (zu erkennen in Abbildung 275 neben den Kühlluftschlitzen unter den Wickelteilern). Es ist bekannt, dass die Hamburger AEG in den ersten Nachkriegsjahren Probleme mit den zugelieferten Aluminium-Gussplatinen für die Laufwerke hatte.²⁰⁸³ Abgesehen von Ausschuss, der als grobes Verziehen vor oder während der Bearbeitung auftrat, waren die Oberflächen häufig nicht nur „gussrau“, sondern es zeigten sich kleinere, gelegentlich auch großflächige Materialfehler wie Auskolkungen, Lunker und ähnliches.

Neue Magnetton-Verstärker V 46 und V 47

Zum Lieferumfang der Magnetophone K 7 und K 8 gehörten „Koffer“, in denen die Einschübe der Verstärker-Funktionen für Aufnahme und Wiedergabe sowie die Spannungsversorgung und das Anschlussfeld zusammengefasst waren. Mit den Magnetköpfen im Laufwerk waren sie mit Kabeln verbunden. Diese Bauweise gab die AEG mit dem Magnetophon T 8 wieder auf und bot, zusammen mit der Laufwerks-Vorstellung, Verstärkereinschübe an, die zum Einbau in „Normalgestelle“ und damit zum Anschluss über Kontakteleisten gedacht waren. Im Unterschied zu der noch an Post-Baugrundsätze angelehnten RRG-Bauweise wurden die Verstärker der Studiogeräte (Magnetband-Laufwerke, Plattenspieler, Regietische und anderes mehr) nicht mehr in separaten Gestell-„Wänden“ untergebracht (siehe Abbildung 208), sondern mit ihnen zusammen eingebaut. Diese Bauweise sollte in den nächsten zwei Jahrzehnten Standard für die Studioteknik bleiben. Selbstverständlich erscheinen diese Verstärker auch in Braunbüchern der Rundfunkanstalten, traditionell mit dem Buchstaben V vor den jeweiligen Kennziffern.

Die Ende 1947 erschienenen V 46 (Wiedergabe) und V 47 (Aufnahme) hatten diverse Schwächen, analysiert und schaltungstechnisch behoben insbesondere von Otto Schmidbauer beim Rundfunktechnischen Institut in Nürnberg. Unter anderem war die Anpassung an modernere Magnetköpfe mit schmalen Spalten notwendig (diese Wiedergabeköpfe lieferten geringere Pegel), dazu kam die UKW-Sendetechnik mit dem geforderten Übertragungsbereich bis 15 kHz (statt zuvor etwa 4,5 kHz); die älteren Verstärker, die kaum mehr als 10 kHz

Bandbreite beherrschten, mussten entweder umgebaut oder verschrottet werden. Die folgenden Weiterentwicklungen der Wiedergabeverstärker erhielten die Braunbuch-Bezeichnungen V 46a (1950) und V 46d (1951), die etwa gleichzeitig mit dem Aufnahmeverstärker V 47b erschienen. Die durchweg röhrenbestückte V 46/V 47-Reihe wurde nicht mehr aus speziellen Netzgeräten versorgt, sondern besaßen jeweils eigene Netzteile. – Übrigens erwähnt Schmidbauer, dass in die V 46/V 47-Entwicklung einige Schaltungsdetails der RRG-Stereoverstärker eingeflossen sind. Soweit bekannt, ist dies in der deutschsprachigen Fachliteratur der einzige Beleg für die Existenz dieser Verstärkertypen, die nämlich nicht in den Braunbüchern dokumentiert sind.

Die Vereinheitlichung, später die Standardisierung, wurde im Bereich der ARD soweit getrieben, dass man beim Zusammenstellen einer Magnetophon-Verstärkeranordnung in erster Linie nur noch auf Übereinstimmung beim Charakteristikum Bandgeschwindigkeit achten musste. Natürlich verwendete man dann doch vorrangig diejenigen Verstärker, die zur gleichen Generation wie das Laufwerk gehörten: V 66 / V 67 ab 1951 und, als Schlusspunkt der Bauweise mit separaten, röhrenbestückten Verstärkern, V 86 / V 87 von 1957. Alle Nachfolger erhielten transistorisierte Verstärker, eine unumgängliche Voraussetzung für Magnetbandgeräte mit 16, 24 oder gar 32 Spuren, die mit Röhrenverstärkern in der Praxis kaum bis garnicht zu realisieren gewesen wären.

Kenndaten: Magnetophon T 8 bis T 8f/38

(Braunbuchbezeichnungen: R 28 bis R28 a, c, e/38)

Baujahre: 1947 – ca. 1952 (Bausätze für 38 cm/s bis nach 1956)

Bandgeschwindigkeit zunächst 77 cm/s, später 76,2 cm/s beziehungsweise 38,1 cm/s, Tonrollendurchmesser 9,8 mm, später 9,71 mm, Synchrondrehzahl 1.500 beziehungsweise 750 U/min

Spieldauer bei 1.000 m Bandlänge: 21 beziehungsweise 42 min, Vollspur; Stereovariante wurde angeboten

Netzversorgung: 220 V Wechselspannung, 50 Hz

Angaben über Gleichlaufwerte nicht auffindbar. Konstanz der Bandgeschwindigkeit in Mitte eines 1000 m-Bandes <0,1% Abmessungen 69 x 46 x 24 cm, Gewicht etwa 30 kg, später 39 kg

Preis ab Werk um DM 6.000, variierte stark von Auftrag zu Auftrag.

Zugehörige Verstärker: V 47, V 47a, V 47b (Aufnahme), V 46 beziehungsweise V 46 a (Wiedergabe). Diese Verstärker bestimmten zusammen mit Aufnahme- und Wiedergabe-Magnetkopf den Frequenzumfang der gesamten Anlage.

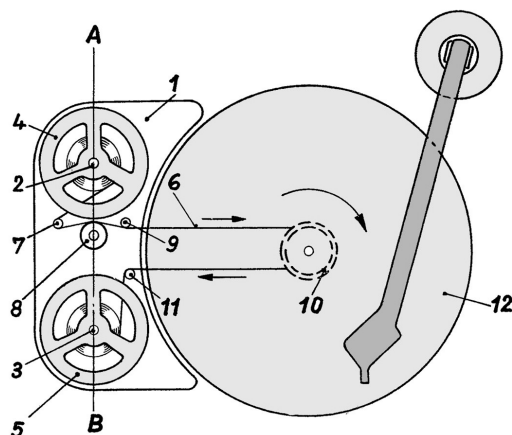


Abbildung 278: Schepelmanns und Redlichs Magnetton-Zusatzgerät zu einem Plattenspieler, eine Zeichnung aus dem Patent DE 968 444 vom Sommer 1949.

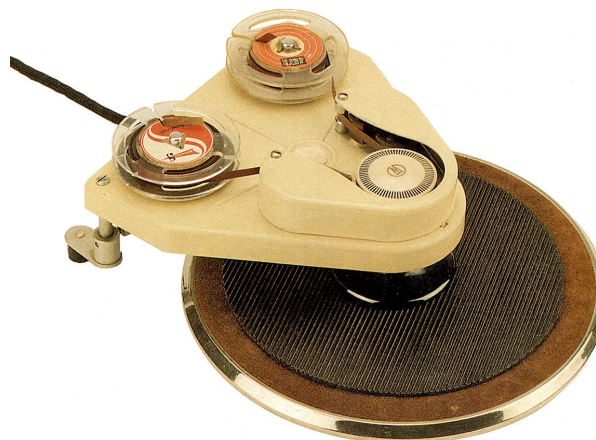


Abbildung 279: Metz Musikus, ein Miniatur-Tonbandaufsatzgerät mit Antrieb durch einen Plattenteller (78 upm; 1952), zeigt starke konzeptionelle Ähnlichkeit mit dem Schepelmann-Redlich-Vorschlag. Technische Daten: 19,05 cm/s, Zweispur, 2 x 10,5 Minuten mit 120-m-Spule, 30-7000 Hz, Hochfrequenzvormagnetisierung 9,8 kHz (!), 0,7 kg

Redlich und Schepelmann: Tonband-Plattenspieler-Kombination

Ende der 1940er, Anfang der 1950er Jahre versuchten etliche Erfinder, einen Plattenspieler mit einem Tonbandgerät zu kombinieren, um einen Teil der Mechanik einsparen zu können. Zu den frühesten derartigen Versuchen gehört das „Zusatzgerät zur Schallwiedergabe ... mittels ... Magnetogrammträger für Plattensprechmaschinen“,²⁰⁸⁴ das sich Horst Redlich und Hans Schepelmann im Sommer 1949 patentieren ließen. Ein Muster dieser Konstruktion findet sich im AEG-Telefunken-Fundus des Deutschen Technikmuseums Berlin; es gleicht weitgehend der Zeichnung im Patent DE 968 444. Irgend eine andere Beschreibung des Geräts ist bisher nicht bekannt geworden, so dass es sehr fraglich ist, ob es in Produktion gegangen ist. In Fachbüchern aus dieser Zeit sind Anzeigen zu finden, die auch unterschiedlichste Magnetdraht-Plattenspieler-Kombinationen anpreisen. Bekannt, vielleicht wegen seines leicht kuriosen Namens, wurde auch der „Metz Musikus“, eine Art Magnetbandspieler-Aufsatz für Plattenspieler (Abbildung 279). Recht lange hat sich eine Kombinations-Bauart in der DDR gehalten; die MTG-Serie (Seite 278) lief erst 1955 aus, vermutlich, als die Langspielplatte die Schellackplatte verdrängte.

Charakterisierten Schepelmann und Redlich ihren Entwurf noch als „Zusatzgerät zum Plattenspieler“, versuchten sich die Konstrukteure des Magnetophon KL 15 an einer alternativen Lösung: hier konnte ein „echtes“ Tonbandgerät auch Schallplatten abspielen (Seite 319). Wie im Nachhinein verständlich, hatte auch diese Sparversion keine Überlebenschance.

Das Kassetten-Magnetophon KL 1

Dieses 1949 in Berlin gebaute Gerät (Abbildung 280) ist vor allem wegen seiner Kassetten-Technik interessant. Allerdings wurde das KL 1 nicht auf dem offenen Markt angeboten, vielmehr tat es ab dem 1. Oktober 1949 seinen Dienst bei der Post: wählte man in Berlin die Telefonnummer 23, waren drei Minuten lang die neuesten, dreimal am Tag aktualisierten Nachrichten mit Wetterbericht zu hören.²⁰⁸⁵ Bis zu 100 Teilnehmer konnten gleichzeitig diese Nummer wählen, erst alle weiteren hörten das Besetztzeichen.

Die hinter diesem Service stehende Technik arbeitete folgendermaßen: Die eigentlichen Nachrichten stellte der RIAS zusammen und gab sie über Leitung ans Berliner Fernamt. Dort wurde der Text zuerst auf einem Standard-Magnetophon aufgenommen und anschließend auf den Kassettenspieler übertragen. Die Kassette enthielt ein Endlosband von etwa 17 m Länge (Abbildung 281), dessen Enden nach Verdrehung um 180° miteinander verklebt waren. Damit war es möglich, nacheinander die Vorder- wie die Rückseite des Bandes zu bespielen beziehungsweise wiederzugeben, so dass bei der Bandgeschwindigkeit 19 cm/s eine Laufzeit von fast 3 Minuten zur Verfügung stand. Hierfür waren zwei Bedingungen zu erfüllen: Um beide Seiten des Bandes nutzen zu können, musste es ein Masseband sein, und der Halbspur-Magnetkopf (ein Kombikopf für Aufzeichnen und Wiedergeben) musste seitlich verschiebbar sein, so dass beide Nutzspuren auf dem Band nebeneinander lagen (Abbildung 282). Ein Löschkopf war nicht vorgesehen: Das Band wurde vor dem Besprechen außerhalb des Gerätes mit einer Entmagnetisierdrossel gelöscht. Das Grundgerät enthielt den Antrieb, den HF-Oszillator, den Aufnahme- und Wiedergabeverstärker sowie einen 6 kHz-Generator. Alle arbeiteten mit den damals üblichen Stahlröhren. Der Endverstärker stand als Kraftverstärker im Fernamt. Der permanente Ton von 6.000 Hertz wurde zur Überwachung der Technik den Nachrichten zugesetzt. Er wurde erst hinter dem Kraftverstärker ausgekoppelt; falls er dort nicht mehr anstand, erhielt der zuständige Techniker eine Fehlermeldung.



Abbildung 280: Das Kassetten-Magnetophon KL 1 ohne Abdeckhaube, gebaut von der Magnetophon-Fabrik Berlin, 1949. Die Kassette ist in Arbeitsstellung, der metallische Zeigerschalter (oberhalb des Firmenschildes) steht auf Wiedergabe).

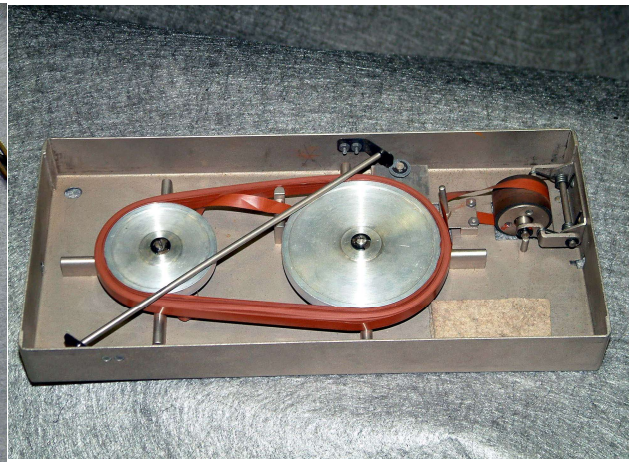


Abbildung 281: Die Kassette des Magnetophons KL 1 mit dem zur Endlos-Bandschleife zusammengeklebten Masseband; aus der Spieldauer von 3 min und der Bandgeschwindigkeit 19,05 cm/s ergibt sich eine Band(oberflächen)länge von etwa 35 m. Die an der Andruckrolleneinheit sichtbaren Federn drückten die Rolle an die Tonrolle. Unter dem großen Rad ist die Aufhängung der „Brummklappe“ zu ahnen. Das Masse-Band hatte natürlich keine gleitfähige Rückseitenbeschichtung wie die späteren „8-track-Cartridges“ (Seite 500).

Abbildung 282: Magnetophon KL 1, Grundgerät ohne Verkleidung. Der Magnetkopf (die zugehörige Abschirmung sitzt innerhalb der Kassette) ist in der Mitte des Geräts zu erkennen. Zu sehen sind weiter der Antrieb der Tonrolle, Indexstifte (links oben und rechts unten) und Einrastklinke für die Kassette. Die sichtbaren Anreißlinien auf der Platine klassifizieren die Fertigung des Gerätes: Einzelfertigung oder kleines Los.



Zur Bandführung hatte die AEG einige neue Techniken realisiert. Die zusammengespulte Bandmenge wurde in der Kassette zwischen zwei flanschlosen Rädern derart gespannt, dass sie nicht von den Rädern herunterfallen konnte. Dies unterstützten einige Stäbe als seitliche Führungen (Abbildung 281). Wenn nun an der innersten Bandlage gezogen wurde, versetzte dies das ganze Bandbündel mit den Rädern so in Bewegung, dass das Band innen ab- und außen wieder aufgewickelt wurde. Die Räder benötigten dafür keinen Antrieb – sie führten nur das Band. Den Bandtransport übernahmen, wie üblich, Gummiandruckrolle und Tonrolle; diese war im Chassis montiert, zusammen mit den meisten Gerätekomponenten, insbesondere mit der Antriebseinheit. Die Gummiandruckrolle war federnd innerhalb der Kassette (wie viel später bei der 8-track-Cartridge, Seite 500) so angebracht, dass das Band um sie herum gewickelt war. Drückte man die Kassette in Sollposition (Indexstifte!) auf das Chassis, rastete eine Klinke ein (Abbildung 280 und Abbildung 282); das Band lag zwischen Tonrolle und Gummiandruckrolle. Wurde das Gerät eingeschaltet, zog die Tonrolle das Band zwischen Kombikopf und dessen Abschirmdeckel (Teil der Kassette) durch, so dass die Einheit als permanent laufendes Magnetophon arbeitete. Ein Glasdeckel auf der Kassette erlaubte die laufende optische Überwachung dieses Antriebs. Die Aufnahme wurde auf dem gleichen Gerät vorgenommen wie die Wiedergabe; die Umschaltung erfolgte mit dem rechts in Abbildung 280 und Abbildung 282 sichtbaren Hebelschalter.

Exkurs X: Die technische und wirtschaftliche Nachkriegs-Entwicklung des Magnetophons

Mit der Währungsreform vom Juni 1948 begann das deutsche „Wirtschaftswunder“, was sich auch daran zeigt, dass nach und nach zumindest keine Materialsorgen den Bau neuer Tonbandgeräte verzögerten. Was schon in den 1930er Jahren geplant war, wurde ab 1950 realisiert: Tonbandgeräte für Endverbraucher (zunächst nur finanziell gut gestellte) bildeten einen neuen Markt für Geräte- wie Magnetband-Hersteller. Ebenfalls realisiert wurden bereits früher „angedachte“ Anwendungsmöglichkeiten: Magnetbandspeicher für Instrumentations- und Datenaufzeichnung sammeln und speichern bisher unvorstellbare Mengen von Messwerten und Daten und fördern damit ihre rationelle Auswertung, Speicherung und Archivierung, und damit den technischen Fortschritt.

Angesichts des technischen Stands ihrer Magnetophon-Geräte wäre die AEG durchaus in der Lage gewesen, auch international an diesem Markt zu partizipieren, doch die Kapazität der Magnetophon-Fabrik reichte nicht einmal aus, um alle Bestellungen der deutschen Rundfunkanstalten auszuführen – diese Lücke nutzte Eberhard Vollmer, um Magnetophone zunächst in AEG-Lizenz, später in eigener Regie zu bauen. Andere Hersteller, wie Philips, Tolana, EMI und bald auch Willi Studer stellten sicher, dass die europäischen Rundfunkanstalten und Schallplattengesellschaften ihre Studios zügig mit professionellen Tonbandgeräten ausstatten konnten. Eine Kooperation mit ihrem USA-Partner General Electric Co. hätte der AEG ein Absatzgebiet erschließen können, das weit über den europäischen Bereich hinaus aufnahmefähig war. Angesichts der wirtschaftlichen Lage Deutschlands zwischen 1945 und Anfang 1950 waren solche Spekulationen illusorisch. Selbst an Lizenzvergaben ins Ausland war nicht zu denken, nachdem der deutsche Patentbesitz international freigegeben war. Und als die deutsche Magnetton-Industrie in den Jahren nach 1950 lieferfähig wurde, war der USA-Markt bereits fest in Händen einheimischer Produzenten. Mehr noch: die internationale Entwicklung orientierte sich an Fakten und Standards, die sich in den USA etabliert hatten, so dass den deutschen Herstellern wohl oder übel nichts anderes übrig blieb, als sich weitgehend anzupassen. Allzu groß waren die Unterschiede freilich nicht.

Wohin seit 1949 der Entwicklungsschwerpunkt der Magnetspeicher-Technik gewandert war, zeigt kaum ein Sachverhalt besser, als dass auch Deutschland die ursprünglichen Maßzahlen für Bandgeschwindigkeit und Bandbreite auf die US-amerikanischen Vorgaben umstellte. Angesichts des recht geringen Unterschieds hat dieses Anpassen zwar eher symbolischen Charakter. Die deutschen Rundfunkanstalten, die die Umstellung ab etwa 1950 nachvollziehen mussten, konnten 77 cm/s-Archivbänder ohne weiteres mit 76,2 cm/s abspielen: der Tonhöhenunterschied ist unmerklich, denn da das Verhältnis 76,2 cm/s zu 77 cm/s gleich 1:1,0105 ist, ein Halbtonintervall aber einem Frequenzverhältnis von 1:1,0595 entspricht, beträgt der Tonhöhen-Unterschied nur etwas weniger als $\frac{1}{8}$ Ton. Eine größere Änderung der Bandgeschwindigkeit hätte während der Übergangszeit zu erheblichen betrieblichen Problemen geführt, da für die „alte“ Geschwindigkeit entsprechende Geräte hätten vorgehalten werden müssen (die Umstellung auf 38,1 cm/s war mit drehzahl-umschaltbaren Motoren zu bewältigen).

Als weitaus folgenreicher erwies sich aber die enorm schnelle technische wie kommerzielle Entwicklung der USA-Magnetbänder, Ausdruck eines Potenzials, auf einem vollkommen neuen Gebiet innerhalb kurzer Zeit eine Spitzenposition zu erreichen und halten zu können. Diesen technischen Vorsprung konnten die Nachkriegs-Europäer nur nach und nach aufholen.

In Deutschland beeinflussten die Rundfunkanstalten mit ihrem beträchtlichen Forschungsaufwand (RTZ / RTI / IRT²⁰⁸⁶) maßgeblich die Magnettonband-Studiogeräte-Produktion und damit auch die Magnetbandfertigung, steuerten aber einen eher konservativen Kurs. Im Grund wären die Rundfunkanstalten aus allgemein-betrieblichen Gründen am liebsten bei den Magnetbändern etwa vom Stand 1949 / 1950 stehen geblieben, weil jeder technische Fortschritt teils unvorhersehbare Auswirkungen auf das komplizierte Zusammenspiel von Programm und Technik haben konnte (wobei das lange virulente Problem der vom Hörer gewünschten *gleichmäßigen Lautstärke*²⁰⁸⁷ und die beträchtlichen Mengen niederkoerzitativer Bänder in den Schallarchiven individuell unterschiedlich gewichtete Rollen spielten). Die Meinungen eines Dutzends Funkhäuser „unter einen Hut“ zu bringen, brauchte ebensoviel diplomatisches Geschick wie technische Wendigkeit. Wenn aber alle Vorschläge und Einwände berücksichtigt waren und die Neuentwicklung verlässlich arbeitete, sperrten sich die Rundfunkanstalten keineswegs gegen den Fortschritt, sondern spielten häufig den Vorreiter.

„Wegen des Wunsches, ohne Schwierigkeiten Programmaustausch mit dem Ausland und den Export besprochener Bänder durchführen zu können“, hatte bereits am 20. Januar 1950²⁰⁸⁸ der Fachnormenausschuss Magnetton im Einverständnis mit den westdeutschen Rundfunkanstalten beschlossen, zu „keinem festen Zeitpunkt“ auf „76,2 cm/sec = 30 Zoll / sec.“²⁰⁸⁹ und auf die Bandbreite 6,35 mm überzugehen. Weitere Anforderungen brachte die bevorstehende Einführung des UKW-Rundfunks (erste Sender und Rundfunkempfänger 1949 / 1950²⁰⁹⁰): der Dynamikumfang der Magnetbandaufzeichnungen musste wenigstens dem der neuen Technik („Welle der Freude“²⁰⁹¹) genügen, außerdem war der Frequenzgang auf 30 Hz – 15 kHz zu erweitern.²⁰⁹²

Dass dies technisch möglich war, hatte in den USA bereits Ampex mit Model 200 und Model 300 bewiesen, bei letzterem sogar bei der Bandgeschwindigkeit 15 ips = 38,1 cm/s.²⁰⁹³ Erstaunt zeigten sich deutsche Rundfunktechniker darüber, dass im Herbst 1950 „die überwiegende Mehrzahl der europäischen Vertreter die Verwendung der Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s forderten“: die traditionsreichen 77 cm/s fielen dem internationalen Bandaustausch zum Opfer.²⁰⁹⁴

Dank des furiosen Starts der Magnetbandtechnik in den USA beherrschte das Tonbandgerät schon um 1953 praktisch die ganze professionelle Musik- und Rundfunk-Produktion. Ein immer größerer Kreis von Herstellern sorgte für qualitative Fortschritte und zunehmende Benutzerfreundlichkeit.

AEG: Der Weg zum „Volkstonbandgerät“

Dass nur ein kleiner Teil des potenziellen Abnehmerkreises mit den anspruchsvollen, aufwendigen und daher teuren Studio-Tonbandgeräten zu erfassen sein würde, galt bei der AEG schon zu Zeiten des Versuchsgerräts 3 (Eichenschrankgerät) als ausgemacht, und so war schon im Juli 1934 von einem „später zu entwickelnde[n] Volksgerät“ die Rede, ja, man wollte sogar „daran denken, besprochene oder bespielte Bänder anstelle von Grammo-phonplatten zu verkaufen.“²⁰⁹⁵ Ganz aus den Augen verloren hatte Eduard Schüller dieses Ziel auch 1936 nicht, als er sich eine „Antriebsvorrichtung für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung“ patentieren ließ, die mit einem (im Vergleich zum Drei-Motoren-Antrieb) preisgünstig herzustellenden Antrieb auskommen sollte²⁰⁹⁶ und sich als die Urform des Kontaktwickel-Prinzips entpuppt, wie es vierzig Jahre später im Newell-BASF-Projekt „LVR“ wieder aufgegriffen wurde (Seite 577). Das Magnetophon K 5, ein Nur-Wiedergabegerät auf Basis des K 4-Laufwerks, verfehlte schon wegen seines Drei-Motoren-Antriebs die Konzeption als „Volksgerät“. Sollte nach 1938 bei AEG in dieser Richtung etwas geplant gewesen sein, ist es den Tonschreiber-Aufträgen der deutschen Wehrmacht und den Lieferungen an die RRG zum Opfer gefallen.

Das Projekt „Volks-Magnetophon“ konnte erst im Sommer 1947 wieder aufgegriffen werden, als Schüller, angesichts von 200 Bestellungen für das Magnetophon T 8 wieder zukunftsicherer, auch ein preisgünstiges Gerät (RM 450) plante, und zwar gleich in einer Serie von 10.000 Stück.²⁰⁹⁷ Horst Redlich bei Magnetophon G.m.b.H. Berlin skizzierte im Herbst 1947 die fertigungstechnische Auslegung: er dachte an ein Einzelgerät für den Anschluss an einen Rundfunkempfänger und eine Kombination aus Magnetophon und Radiogerät; ein Mustergerät sollte bereits im Frühjahr 1948 gezeigt werden können.²⁰⁹⁸ Redlich, ein ungewöhnlich begabter Ingenieur, war aber wohl mit dem Zusammen- oder Umbau der Behelfs-Studio-Laufwerke Magnetophon Type b2 (der Tonschreiber b-Resteverwertung) ausgelastet.²⁰⁹⁹ AEG Hamburg konnte Magnetophon T 8 erst ab Februar 1948 ausliefern, und was als Magnetophon AW 1 seit Oktober 1949 angeboten wurde, war auch kein Volks-Magnetophon, sondern ein Gerät, das später „semiprofessionell“ genannt worden wäre.

Magnetophon AW 38 – erstes (deutsches) Heimgerät

Das Magnetophon AW 38 wurde von der AEG in Berlin als preisgünstiges Heimgerät entwickelt.²¹⁰⁰ Es kam 1950 für DM 650 auf den Markt und enthielt bemerkenswert viele originelle Ideen zur Kostenreduktion. Es ist wohl nur wegen seiner geringen Verbreitung nicht offiziell als erstes deutsches Heimtonbandgerät anerkannt, obwohl es diesen Titel wirklich verdiente. Im April 1950 wurde es auf der Exportmesse in Hannover gezeigt – da war die Magnetophonfabrik Berlin aber schon stillgelegt. Dies dürfte größere AW 38-Erfolge verhindert haben.

Schon das Konzept legte Wert auf Kosteneinsparung:²¹⁰¹ Das AW 38 arbeitete im Doppelspurverfahren und bot zwei Geschwindigkeiten zur Auswahl, wenn auch nicht umschaltbar: 38,1 cm/s (daher sein Name) oder 19,05 cm/s. Damit wurde der entscheidende Kostenfaktor für die private Nutzung – der noch sehr hohe Preis der Magnetbänder – nennenswert relativiert. Die Aufteilung des Magnetbands der Breite nach in zwei Spuren brachte eine Bandersparnis von 50 % oder – wenn man die Unterbrechung durch den Spurwechsel ignoriert – die doppelte Laufzeit, erkauft mit einem Dynamikverlust von 3 dB. Das Magnetophon AW 38 benutzte, wie damals bei Plattenspielern üblich, ein Rundfunkgerät als Wiedergabeverstärker. Das Tonband konnte mit Radiosendungen bespielt oder mit einem Mikrofon besprochen werden. Das Laufwerk war zusammen mit dem Entzerrverstärker in einem kleinen, stabilen, schwarzen Holzkoffer untergebracht (Abbildung 283). Die Laufwerksplatine bestand aus tiefgezogenem Eisenblech. Wie alle späteren Heimgeräte, war das AW 38 für die typischen Doppel-flanschspulen ausgelegt. Die Bedienung war spartanisch einfach: Auf der Frontplatte gab es einen Netzschalter (rechts vorn), einen Drehschalter mit drei Stellungen: R(ückwärts), V(orwärts) und Neutralstellung. Links vorne befand sich für die Aufnahmefunktion noch ein Zughebel, der beim Herausziehen einen Schalter im Verstärker betätigte. Wesentliche Funktionen wurden schon mit dem „Zuklappen“ der Kopfabdeckung (Abbildung 284) geschaltet: Das Tonband lief zur Wiedergabe über die zwei Führungen und lag damit vor dem Kombikopf ebenso wie vor der Tonrolle (16 mm Durchmesser). Beim Herunterklappen der Abdeckung wurde jetzt (von links nach rechts in Abbildung 284) ein Hebel durch die Aussparung geschoben, der die Kinematik unter der Abdeckung auf die Spielfunktion vorbereitete. Die drei Abschirmbleche legten sich als Abschirmung („Brummklappe“) vor den Kombikopf. Die halbkugelförmige Schalterabdeckung wurde herunter gedrückt, so dass auch der elektrische Kreis geschlossen wurde. Außerdem rastete der Klinkenhebel ein und hielt die Abdeckung in dieser Position fest. Schließlich drückte die Gummibanddruckrolle das Tonband an die Tonrolle. Damit war der Betrieb vorbereitet; das Band lief aber noch nicht. Dazu musste der Betriebsartenschalter betätigt werden, seine Funktion

ist am besten von der Laufwerksrückseite her zu erkennen (Abbildung 285): Der einzige Motor – ein Asynchronmotor – trieb über einen Flachriemen die Schwungmasse mit der Tonrolle an, ebenso permanent mittels eines Rundschnurriemens die rechte Wickeltellerwelle. Die linke Tellerwelle war mit der rechten verkoppelt, drehte aber in umgekehrter Richtung. Beide Teller waren jedoch nicht starr mit ihren Wellen verbunden, sondern wurden erst bei Betätigen des Betriebsartenschalters über Steuerstangen an die Welle gekoppelt. In Abbildung 285 steht der Betriebsartenschalter auf „V“. Man erkennt, dass er erstens die elektrischen Kontakte betätigt hat, zweitens auch (an dem rechteckigem Block unter der Abdeckplatte) den Bandfühlheber (hier links vorn) freigegeben sowie drittens den Aufwickelteller an seine Welle angekoppelt hat, und zwar durch vertikale Verschiebung seines Kugel-Traglagers, betätigt von einem an der linken Rollenscheibe sichtbaren Hebel.

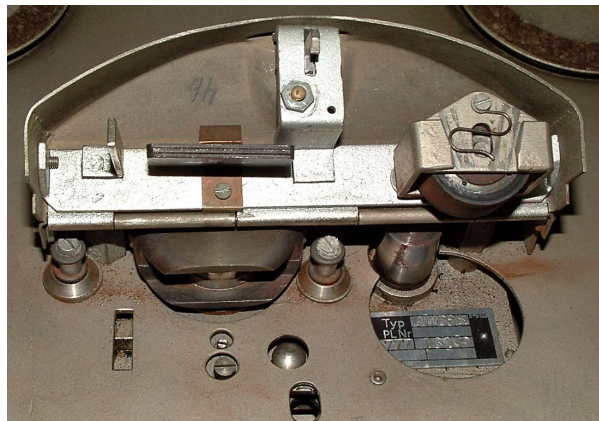


Abbildung 283 (LINKS): Magnetophon AW 38 (1950, erstes Heimergerät in Deutschland), Gehäusehaube abgenommen. Der Tonkopf ist abgedeckt, die Aufnahme für den „Dreizack“ der bald allgemein üblichen Doppelflanschspulen ist erkennbar.

Abbildung 284 (RECHTS): Magnetophon AW 38 mit geöffneter Tonkopfabdeckung; Bandführungen, Magnetkopf, Tonrolle und Gummi-Druckrolle (in der Abdeckklappe montiert!). Oberhalb des Magnetkopfs ist das im Betrieb an das Abschirmgehäuse anschließende Abschirmblech zu erkennen. Obwohl ein Löschkopf fehlt, sind Aufnahmen möglich – also waren unbespielte oder extern gelöschte Bänder einzusetzen.

Der Bandrücklauf konnte aufgrund der vorliegenden Getriebekinematik nicht schneller erfolgen als der Vorlauf. Realisiert wurde er, indem das Gestänge durch den Betriebsartenschalter jetzt den Rückspulteller an seine Welle koppelte, während der andere Teller abgekoppelt und nur gebremst wurde.

Der Entzerrerverstärker, angeordnet als herausklappbarer Block rechts neben dem Laufwerk (Abbildung 286), enthielt die damals übliche Technik auf Basis von Stahlröhren, als Gleichrichter dienten modernste Trockengleichrichter in Becherform. Der im Gehäuse geführte Zughebel für die Aufnahmefunktion war so angeordnet, dass er beim Einschwenken des Verstärkers in den zugehörigen Schalter eingriff. – Auf der Seite links vom Laufwerk befand sich ein Fach für die Kabel und das Mikrofon.

Sowohl in Winterhude als auch in Berlin wurden zu dieser Zeit die gleichen, wesentlich verbesserten Abschirmungen der Magnetköpfe eingesetzt (Abbildung 289). Ihre obere und untere Hälfte bestand aus je drei ineinander geschachtelten Mu-Metall-Bleichen, die in komplizierten Prozessen tiefgezogen, gegläht und spanend bearbeitet wurden. Die korrekte Position der Hälften zueinander sicherten Messingwinkel, die in Schlitzern der Ober- und Unterteile eine Indexfunktion einnahmen.

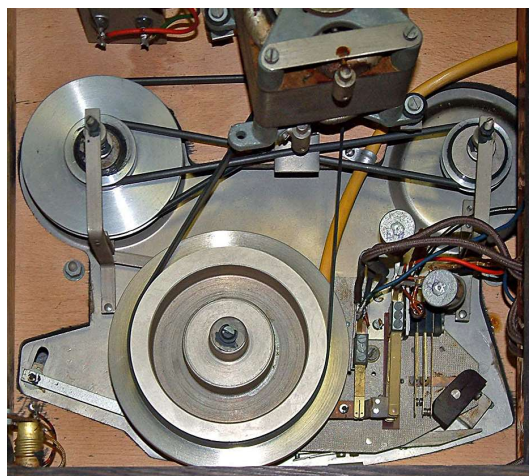
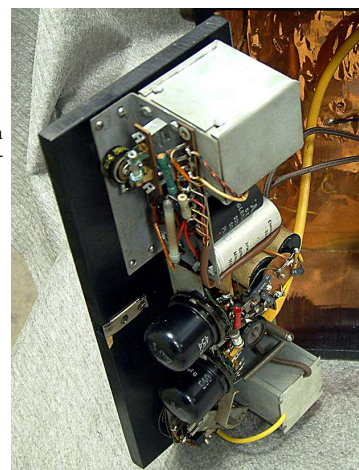


Abbildung 285 (LINKS): Magnetophon AW 38, Gerät von unten mit Blick auf die Antriebskinematik. Oben angeschnitten der Motor mit seinen Kondensatoren. Unten die mit Flachriemen angetriebene Tonrollen-Schwungscheibe. Mit Rundschnurringen wurden die Antriebsräder auf den Spulenwellen permanent angetrieben, die Wellen wurden getrennt eingekoppelt.

Abbildung 286 (RECHTS): Der Entzerrer-Verstärker des Magnetophons AW 38, hier als Einheit zur Wartung aus dem Gehäuse herausgeklappt.



FT-Nachkömmling FT 6

Den letzten Nachläufer der FT-Baureihe legte AEG 1949 auf; von diesem AEG-Magnetophongerät Type FT 6 waren zwar bis Ende August zehn Geräte fertiggestellt,²¹⁰² doch die mit 90 Stück geplante Hauptserie ist nie gebaut worden. Ein Prospektblatt (ohne Bild) beschreibt eine regelrechte „Textverarbeitungs-Anlage“ mit fernsteuerbaren Spulengeräten als Kern,²¹⁰³ also eine Konzeption, die schon mit FT 4 nicht recht eingeschlagen hatte. Offenbar zeigte vor allem der NWDR zunächst Interesse an dem Gerät, nachdem es auch für „Presse und Berichterstattung“ geeignet sein sollte. So berichtet Karl-Erik Gondesen: „Eine Magnetofon-Bandspule reicht bei einer Bandgeschwindigkeit von 27 cm/sec für eine Stunde Spieldauer. Der Frequenzgang beträgt etwa 100 bis 4.000 Hz. Das Gerät war u. a. auf der Hannoverischen Exportmesse [1949] ausgestellt und arbeitete dort einwandfrei. Der Preis der kompletten Truhe mit den beiden Fernsteuerstationen wird mit DM 5.980.- angegeben. Dieses Gerät war beim Rundfunk zur Nachrichtenaufnahme vorgesehen.“²¹⁰⁴ Eine größere Order widerrief der NWDR aufgrund organisatorischer Umstellungen, weshalb AEG Ende 1949 anscheinend wieder den Blattschreiber ins Auge fasste und bei BASF nach „Papierblätter[n] im Format DIN A4 ($\pm 0,1$ mm) mit Trägerstärke 150 – 200 μ , Rückseite beschriftbar“, alternativ nach „runden, mit magnetischer Schicht überzogenen Blättern von 30 cm Durchmesser und 80 μ Dicke“ fragte.²¹⁰⁵ 1951 ist jedenfalls ein „Rundfolienschreiber“-Prototyp vorgeführt worden, der bei 15 Umdrehungen pro Minute 5 Minuten Aufnahmedauer sowie einen Frequenzbereich von 150 ... 4.000 Hz bot und DM 700 kosten sollte.²¹⁰⁶ Vermutlich ist die Entwicklung zugunsten des Klein-Magnetophons KL 15 (Seite 319) aufgegeben worden, das ja eine „Diktateinrichtung für Schnellstop und kurzzeitige Wiederholungen“ besaß.²¹⁰⁷

Die AW-Reihe: Experimente für preisgünstigere Magnetophone

Die beiden Buchstaben AW standen für Aufnahme / Wiedergabe, sagten also wenig. So war es auch beabsichtigt: In der Nachkriegszeit erhielten eine ganze Reihe neuer Projekte den Arbeitstitel AW plus laufende Nummer. Aus Arbeitspapieren bekannt sind AW-Zahlen bis hinauf zu 6; es können aber durchaus noch mehr gewesen sein. So stand der Name AW 3 allein im Jahr 1954 als Arbeitstitel für drei Projekte. AW 1 und AW 2 stellen insofern Besonderheiten dar, als ihr Arbeitstitel auch zur endgültigen Bezeichnung wurde. Ähnliches gilt für das Berliner AW 38, bei dem man die Bandgeschwindigkeit als weitere Kennziffern verwendete.



Abbildung 287: Magnetophon AW 1, gebaut seit 1949. Die Laufwerks-Oberseite einer frühen Variante der W 1-Version: ein „magisches Auge“ fehlt, dafür ist ein Umschalter Aufnahme / Wiedergabe vorhanden.



Abbildung 288: Eine frühe Ausführung des AW 2, bereits mit einem „magischen Auge“ als Aussteuerungshilfe.

Neben dem Studio-Tonbandgerät T 8 wollte die Hamburger AEG ihre Produktpalette mit einem Magnetophon abrunden, das für eine Markterweiterung geeignet war; leichter, preiswerter, dennoch universell. Die Auslegung des T 8 war als K 7-Nachfolger vergleichsweise einfach gewesen, weil man diese Technik beherrschte – drei Motore, Bremsen und weiteres Bekanntes, doch mit den AW-Geräten beschritt man Neuland. Die erste Besonderheit war die Verwendung eines einzigen Motors für alle Antriebsfunktionen – das heißt, auch die Bandwickelteller wurden über Riemen vom Tonmotor, sozusagen als „Zusatzleistung“, angetrieben. Dem „Ein-Motoren-Antrieb“ verdankte das Koffergerät sein relativ geringes Gewicht von 20 kg – offensichtlich beherrschte die AEG jetzt, was letztmals 1935 mit dem Versuchsggerät 4 gescheitert war (und bekanntlich den Drei-Motoren-Antrieb provoziert hatte). Freilich musste der Tonmotor – im Gegensatz zu den bisherigen Ausführungen – für das Rückspulen seine Drehrichtung umkehren können. Dafür wurde ein automatisches Wendegetriebe entwickelt, das je nach Motordrehrichtung entweder den linken oder den rechten Wickelteller antrieb. Mit den Wickelmotoren entfiel natürlich auch deren Bremswirkung: Man hatte sich also intensiv mit geeigneten Bremsen für die Wickelteller zu befassen: Beim schnellen Vorspulen musste der linke Teller so gebremst werden, dass das Band auf voller Länge gleichmäßig straff gewickelt wurde, dasselbe galt beim Rückspulen mit umgekehrtem Vorzeichen. Im Spielbetrieb musste der rechte Teller das Magnetband zu einem festen Wickel aufspulen, allerdings mit soweit begrenztem Zug, dass der Bandantrieb an der Tonrolle unbeeinflusst blieb. Ähnliche, eher strengere Forderungen galten beim Spielen für die linke Spule; sie war gleichmäßig, unabhängig vom Wickeldurchmesser

so zu bremsen, dass das Band hinreichend gestrafft zu den Köpfen geführt wurde; schließlich hingen von der Gleichmäßigkeit des Bandzugs die besonders kritischen Tonhöschwankungen und die Abweichungen von der Band-Sollgeschwindigkeit ab. Und die Übergänge zwischen den Betriebszuständen mussten natürlich auch beherrscht werden, um Schlaufenbildung und Reißen des Magnetbandes zu vermeiden.



Abbildung 289: Magnetophon AW 38, Detailaufnahme der verbesserten Magnetkopf-Abschirmung, wie damals in Berlin und Hamburg verwendet. Die beiden Hälften wurden mit Messingwinkeln gegeneinander indiziert. AW 38 arbeitete bereits im „Doppelspurverfahren“ oder, wie es meist hieß, mit Halbspuraufzeichnung. – Das eigentliche Kopf-Kernpaket ist an der seitlich sichtbaren Lamellierung zu erkennen.

Schließlich mussten die Bremsen weitgehend verschleißfrei arbeiten – schon fast ein Widerspruch in sich. Man konnte zwar auf Erfahrungen mit den Tonschreibern zurück greifen, hatte dort aber keinen derart hohen Anspruch an die Übertragungsgüte erfüllen müssen. Außerdem waren die Tonschreiber-Bänder kürzer und deshalb die Arbeitsbereiche der Regelungen kleiner. Vielleicht liegt in diesen zahlreichen ungelösten Aufgaben der Grund, weshalb die Hamburger AEG nicht gleich ein „echtes“ Heimggerät entwickelte, sondern erst noch Erfahrungen mit „Zwischenstufen“ sammeln wollte, denn nichts anderes stellten AW 1 und AW 2 dar. Auch wenn sie nur mit einem Motor arbeiteten und das Gehäuse keine Gusskonstruktion mehr war, glich ihre Basistechnologie doch eher derjenigen der Studio-Magnetophone als dem wenig später realisierten KL 15: die Mechanik entsprach noch nicht feinerwerktechnischen, sondern eher maschinenbaulichen Lösungen, wofür allein schon die Kraftübertragung mit Keilriemen sowie die Verwendung von Wickelkernen anstelle von Flanschspulen sprach. Und auch das robuste Wendegetriebe wurde später in Studiogeräte übernommen (M 5), nicht aber in die Heimggeräte. Sinnvolles Einsparen bei der Elektronik erlaubte

– eine echte Premiere – der sowohl zur Aufnahme wie für die Wiedergabe genutzte Magnetkopf, bald als „Kombikopf“ die Standardlösung in Heimtonbandgeräten der unteren und mittleren Preisklasse. Da somit Hinterbandkontrolle ausgeschlossen war, war auch nur ein einziger Entzerrer-Verstärker notwendig, natürlich mit den entsprechenden Umschaltvorrichtungen.

Alles in allem ist im „Lebenslauf“ der AW-Typen Ähnliches festzustellen wie bei K 7 und K 8: oft scheint es, als seien beinahe von einem Fertigungslos zum nächsten Veränderungen vorgenommen worden, die dann bei irgendeiner Entwicklungsstufe einen neuen Gerätenamen rechtfertigten – heute macht das häufig die Zuordnung eines individuellen Geräts zum Typ AW 1 oder AW 2 schwierig und unsicher.

Im Nachhinein kann man die Gerätegeneration Magnetophon AW 1 / AW 2 wirtschaftlich zwar nur als Teilerfolg betrachten, aber an diesen Entwicklungen wurden neue Techniken erprobt, die sich später in erfolgreichen Modellen wiederfanden. (AW 2 fand als R 11 im Januar 1951 Eingang in das Braunbuch, AW 1 als R 64 im Dezember des gleichen Jahres, beide waren demnach als Ü-Wagengeräte geeignet, jedoch nicht tragbar.) Der Durchbruch auf dem Amateurmarkt gelang erst 1951 mit dem Magnetophon KL 15 (Kenndaten auf Seite 326), bei dem völlig neue Ideen konsequent eingesetzt wurden. Dass sich das nicht ganz billige Gerät (890 DM ohne Verstärker, bei einem damaligen Bruttolohn eines Arbeiters von etwa 1,10 DM/Stunde) doch mit 10.000 Geräten im ersten Jahr durchsetzen konnte, ist wohl auch dem allgemeinen Aufschwung zu verdanken, der gerade in den Jahren nach der Währungsreform einsetzte. Zu dieser Zeit war das Werk Mgt H schon aus den beengten Winterhuder Verhältnissen in die Billhorner Canalstraße gezogen (Seite 316).

Magnetophon AW 1

Als die AEG in Winterhude kurz nach der Währungsreform begann, das spätere AW 1 zu entwickeln, hatte sie zunächst an ein reines Wiedergabegerät gedacht (wie ein Plattenspieler),²¹⁰⁸ der Benutzer sollte also Musikbänder (wie Schallplatten) kaufen und das „W 1“ an sein Radiogerät anschließen. Die „Telefunken-Platte“ besaß ein großes Archiv, das man nur nutzen musste, und das W 1 wurde tatsächlich mit der Aussage beworben, „beispielte Bänder [sein] in Kürze lieferbar“.²¹⁰⁹ Die erste Werbeanzeige vom Mai 1949 für die neue Serie zeigte konsequenterweise kein „magisches Auge“ (offizieller Name „Abstimmungsanzeige-Röhre“), das man ja nur während einer Aufnahme zur Aussteuerungskontrolle benötigt hätte. Nun war diese Werbung nur mit einer Skizze illustriert – aber dieses Gerät ohne magisches Auge wurde tatsächlich erst einmal so gebaut (Abbildung 287). Da aber nach der Schepelmannschen Verkaufsstrategie (Seite 255) die Geräte mit wenig Aufwand auf Aufnahme plus Wiedergabe erweiterbar sein sollten, besaß dann das in Abbildung 287 gezeigte W 1 sehr wohl schon den Schalter Aufnahme/Wiedergabe (oben mittig auf dem Verstärker), aber das magische Auge wäre wohl im Schepelmannschen Sinne etwas zu aufwendig nachzurüsten gewesen: Die AEG baute die nächste Serie der reinen Wiedergabe-Magnetophone dann doch schon mit magischem Auge.

Aus Kostengründen bevorzugte man als Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s, bot das Gerät alternativ aber auch mit 76,2 cm/s an. Als Anwendungsgebiet für AW 1 sah AEG „Studioaufnahmen, Reportagen, Werbung, Tagungen und Kinotheater ebenso wie ... Lehrzwecke, Sprech- und Stimmprüfung, Vorbereitung von Vorträgen und akustischen Darbietungen“; Lichtspielhäuser sollten die Pausenmusik und Begleittexte zu Werbe-Dias abspielen.²¹¹⁰ Der Preis war

ebenfalls auf gewerbliche Nutzung zugeschnitten: 1951 kostete das Gerät, wohl einschließlich einem Verstärker-Zusatzkoffer AW 1z, DM 2965.²¹¹¹ In der Truhenausführung war AW 1 mit einem „Empfangsteil für Ortssender“²¹¹² zusammengebaut.

Auch sonst war die AEG wohl bereit, speziellen Kundenwünschen entgegenzukommen, vielleicht auch, um den Markt „abzuklopfen“. So wies Schüller vor der Kinotechnischen Gesellschaft am 15. Juli 1949 darauf hin, dass der Ausbau des AW 1 zum Stereo-Magnetophon vorgesehen sei.²¹¹³ Während der ersten Tonmeistertagung 1949 in Detmold demonstrierte er ein stereofähiges Magnetophon W 1,²¹¹⁴ leider ohne mitzuteilen, woher die Vorführ-Aufnahmen stammten.²¹¹⁵ Im III. Quartal 1950 ist tatsächlich eine AW 1 S ausgeliefert worden.²¹¹⁶ Mit dem Magnetophon AW 1 verließ die AEG (ausgenommen die für deutsche Rundfunkanstalten gebauten 6,3 mm-Magnetbandgeräte) den Wickelsinn „Schichtlage außen“ (das heißt, das Magnetband ist so aufgewickelt, dass die Schicht außen liegt) und ging zur „Schichtlage innen“ über, wie bei USA-Geräten und bald auch international üblich: der Kopfträger fand im „Zwickel“ zwischen den Spulen Platz, und das sparte einige Zentimeter an der Gerätetiefe.

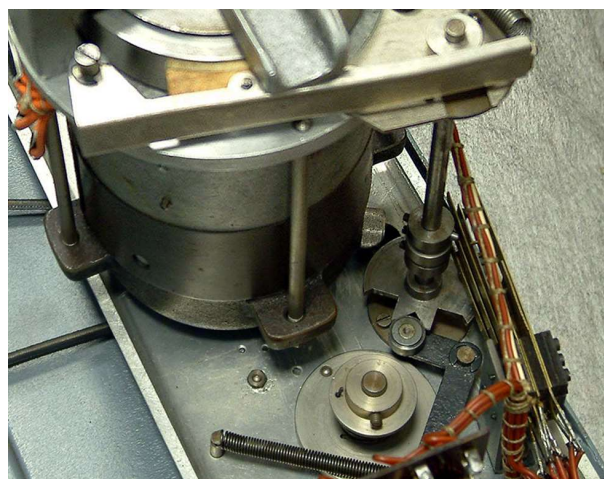
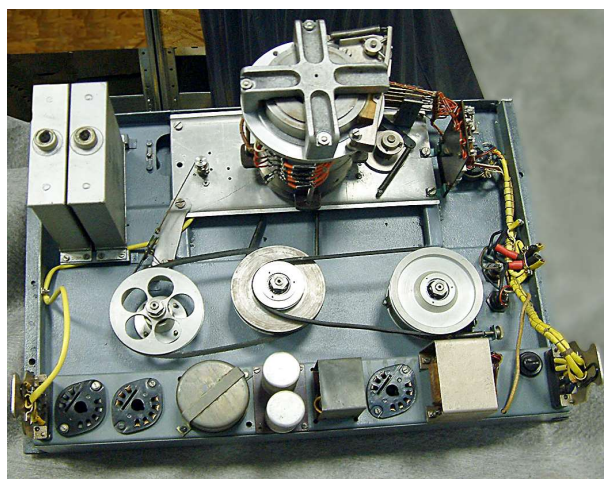


Abbildung 290: Magnetophon AW 1, Unterseite des Laufwerks mit Tonmotor und dem Antrieb der Wickelteller. Zu beachten: die Versteifungsmaßnahmen, die Keilriemenantriebe, in der Mitte das Wendegetriebe. Der Verstärker ist über Flachstecker verdrahtet. Bei diesem Muster sind leider die Kabel abgetrennt und die Röhren entfernt worden.

Abbildung 291: Magnetophon AW 1, Details der mechanischen Steuerung mit Schallnocken: Betätigung der mechanischen Bremsen (Motorbremse am oberen Bildrand) ebenso wie der elektrischen Kontakte und der Gummiandruckrolle.

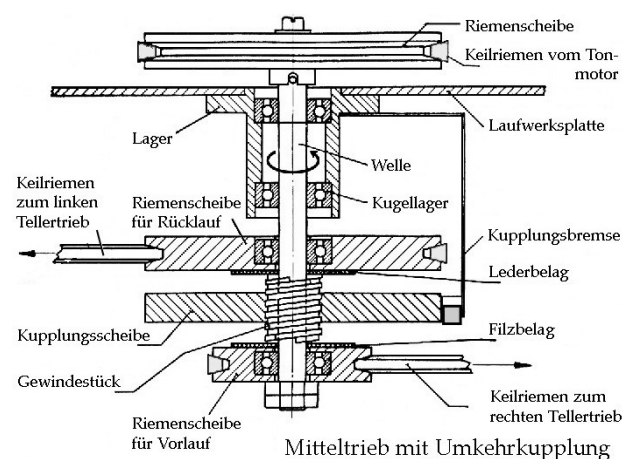


Abbildung 292: Magnetophon AW 1, Wendegetriebe und Umkehrkupplung, Funktionsskizze aus der Einstellvorschrift der AEG für das Magnetophon AW 2.

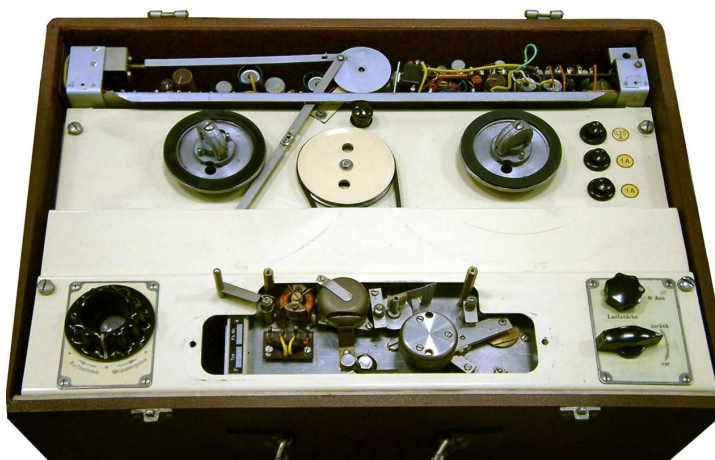
dort zu den Bandtellern übernahmen Keilriemen. Die Rückspulgeschwindigkeit wuchs etwa um den Faktor 5, weil die Übersetzung vom Umkehrgetriebe zum rechten Wickelteller ein anderes Verhältnis aufwies als die entsprechende zum linken (Rückspul-) Teller. Aus diesem Grunde gab es allerdings auch keinen schnellen Vorlauf (Abbildung 290). Die (Band-)Bremsen für die Wickelteller waren mit den Antriebsrädern kombiniert; die Bremse am rechten Wickelteller wurde mit einer Feder fest eingestellt, diejenige am linken Wickelteller beeinflusste noch ein Bandfühlhebel, auf dem gegebenenfalls auch der Löschkopf saß. Die Motorbremse, einen Bremsklotz (oben in Abbildung 291), zog eine Feder an die Bremscheibe. In den Arbeitsstellungen wurde sie mechanisch – über

Bei der mechanischen Konstruktion ging man wiederum neue Wege: eine Stahlblechkonstruktion (Blechdicke 2 mm) ersetzte die Aluminiumguss-Laufwerksplatine. Allerdings standen in der Krochmannstraße keine leistungsfähigen Tiefziehpressen für eine räumliche – und damit stabilere – Blechkonstruktion zur Verfügung, aber man konnte mit Abkantpressen, also über Biegevorgänge, doch eine Grundfestigkeit dieses Laufwerkssträgers erreichen. Zusätzlich verschweißte man auf der Rückseite Vierkantrohre als Versteifung, der Motor wurde mit der Andruckrollen-Einheit sowie den Köpfen auf einer 4 mm dicken, am Rand gebogenen Aluminiumplatte unter die Laufwerksplatine geschraubt – ein steckbarer Kopfträger war nicht vorgesehen (Abbildung 290). Die Lager für die Bandteller ebenso wie das für das Wendegetriebe (Details im folgenden Absatz) wurden mit breiten Flanschen unter die Blechplatine genietet. Die Kraftübertragung vom Synchron-Motor zum Wendegetriebe ebenso wie von

Nocken auf der Welle des Steuerhebels – abgehoben. Gleichzeitig steuerten weitere Nocken dieser Steuerwelle die elektrischen Funktionen und drückten die Bandandruckrolle entgegen einer Federkraft gegen die Tonrolle. Der Zeigerschalter zur AW 1-Bedienung wies außer der Ruhestellung nur zwei Arbeitsstellungen auf: „Vorwärts“ und „Rückwärts“. „Aufnahme“ und „Wiedergabe“ wurden gegebenenfalls am Verstärker geschaltet.

Abbildung 293: Magnetophon AW 2 in Kofferform, Deckel und Laufwerksabdeckung abgenommen. Zu sehen sind der Keilriemenantrieb des Wendegetriebes, die Fernsteuerung der Umsteuerung Aufnahme/Wiedergabe mittels Stoßstange, sowie die Öler-Abdeckung mittig unten im Tonkopfausschnitt.

Die Tonrolle hat nur 5 mm Durchmesser! Ganz oben, in der rechten Kofferecke, sitzt der Entzerrungsumschalter, der die Zeitkonstanten der wiedergabeseitigen Entzerrung (Höhenanhebung) entsprechend der jeweiligen Bandgeschwindigkeit schaltete.



Technisch neu präsentiert sich das Wendegetriebe des AW 1,²¹⁷ auch Umkehrkupplung genannt (Abbildung 292), die sich später auch in Studio-Magnetophonen fand, etwa dem M 5. Lief der Motor „vorwärts“ (Aufnahme oder Wiedergabe), drehte die Welle des Getriebes in Pfeilrichtung, angetrieben von der oberen Riemenscheibe. Die beiden abtreibenden Riemenscheiben zum linken und rechten Tellertrieb waren in Kugellagern frei drehbar auf der Welle gelagert, allerdings war das kurze (Viergang-) Gewindestück starr mit der Welle verbunden und „schraubte“ die Kupplungsscheibe (die ihre Trägheit, aber auch die Kupplungsbremse daran hinderten, sich frei mit der Welle zu drehen) gegen die Riemenscheibe für Vorlauf. Das erfolgte in Bruchteilen von Sekunden. An diesem Anschlag wurde die Kupplungsscheibe über den Filzbelag fest gegen die untere Riemenscheibe gedrückt. Die Welle versetzte damit beide zwangsweise über das Gewindestück in Drehung. Wurde der Motor ausgeschaltet, drehte der untere Rientrieb auf Grund seiner Trägheit noch etwas weiter und löste so die Kupplung. Wurde der Motor auf Rückspulen geschaltet, drehte die Welle entgegengesetzt zur beschriebenen Richtung, so dass jetzt die Kupplungsscheibe nach oben (über einen Lederbelag als Kupplung) an die mittlere Riemenscheibe gedrückt wurde, damit den linken Bandteller antrieb, und das Rückspulen begann. Aus der Größe der abtreibenden Riemenscheiben lässt sich ersehen, wie der schnelle Rücklauf realisiert wurde: zum rechten Teller fand vom kleinen Rad ausgehend eine Untersetzung ins Langsame statt. Beim Rücklauf wurde, von einer großen Riemenscheibe ausgehend, eine höhere Drehzahl des linken Wickeltellers erzwungen. Wenn die Antriebsmotoren mit zwei Geschwindigkeiten arbeiten konnten (etwa beim AW 2), wurde für das Rückspulen außerdem grundsätzlich und automatisch auch noch die höhere Motordrehzahl geschaltet.

Die Verstärkereinheit (als AWE, Aufnahme-Wiedergabe-Entzerrer, bezeichnet) war ähnlich wie bei der Rundfunkausführung des K 4 (R 24) oberhalb des Laufwerks in die Laufwerkskontur eingelassen (Abbildung 287 und Abbildung 290), über zwei Steckerleisten mit dem Gerät verbunden und ließ sich deshalb – etwa zum Austausch von Röhren – einfach herausziehen. Die Röhren gehörten durchgängig noch zur Stahlröhrenserie: EF 12, EL 11 und AZ 11. Man war also wieder bei Röhrengleichrichtern angekommen, obgleich ja bereits vor 1945 Selen-gleichrichter eingesetzt worden waren. Als einzige Röhre saß das magische Auge EM 11 nicht auf dem Verstärkereinschub, sondern direkt unter dem Laufwerk links neben der Tonkopfabdeckung.

Die Schaltung selber blieb vergleichsweise konventionell: Der Eingang mit Übertrager wurde wieder potentialfrei ausgeführt. Da der gleiche Verstärker zur Aufnahme und Wiedergabe diente, mussten auch die „Entzerrer“ umgeschaltet werden, was der Schalter „Aufnahme“ – „Wiedergabe“ bewerkstelligte. In der Aufnahme-schaltung wurde zunehmend die Gegenkopplung zum Entzerren eingesetzt. Die Endpentode arbeitete im Aufnahmehodus als HF-Oszillator, im Wiedergabemodus blieb sie leistungsmäßig ungenutzt: Der Ausgangspegel reichte mit etwa 100 mV gerade zur Aussteuerung des Phonobereiches eines Radios. Es gab unter dem Namen AW 1z auch noch einen recht einfachen Zusatzkoffer, der einen Endverstärker mit Lautsprecher enthält.

Die ersten zwanzig AW 1 wurden im Geschäftsjahr 1948/49 verkauft; für die folgenden Jahre sind die vorliegenden Werkszahlen für AW 1 und AW 2 vermischt oder liegen nur für wenige Quartale vor. Sie lagen unter 100 pro Quartal und erreichten bei weitem nicht die Zahlen des AW 2.

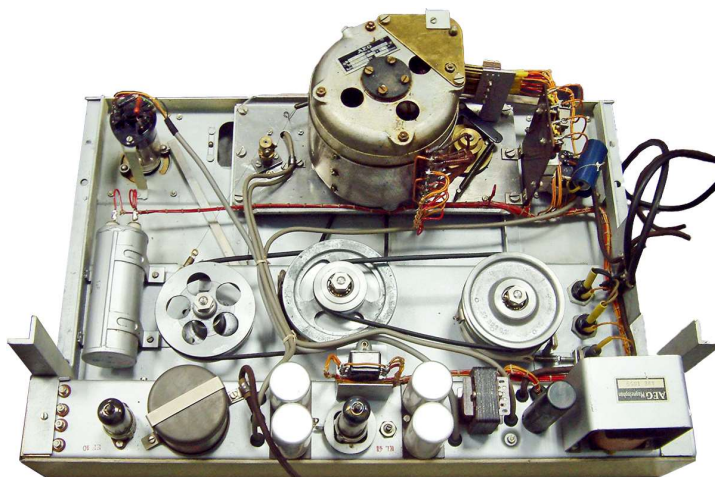
Magnetophon AW 2

Im August 1950 erschien eine überarbeitete Version des AW 1 unter dem Namen Magnetophon AW 2, laut Prospekt „*Noch besser, noch vielseitiger und – billiger! ... hat einen neuen Einmotorantrieb, polumschaltbar auf zwei Bandgeschwindigkeiten – 19 und 38 cm/s – ... Es arbeitet mit „Doppelspur“.* Man kann also je Spur eine ganze Stunde pausenlos aufnehmen und wiedergeben“ „Billiger“ hieß: der Preis – DM 1.450 – war fast halbiert.²¹⁸ Wiederum

als Koffergerät (mit einem Zusatzverstärker AW 2z) und als Truhengerät („mit eingebautem Spezialempfangsteil für den Ortssender, Einbaumöglichkeit für UKW-Teil“) angeboten, kam es in einer dritten Lieferform „für das Heim als schöne Edelholz-Schatulle“ auf den Markt.²¹¹⁹

Von solchen Kabinettstückchen abgesehen, spielte die AEG-Magnetbandgeräte-Fertigung freilich nicht mehr die (internationale) Vorreiterrolle wie zwischen 1933 und 1947. Ein Halbspur-Tonbandgerät Model 115 mit der Bandgeschwindigkeit $7\frac{1}{2}$ ips (Zoll pro Sekunde, also 19,05 cm/s) hatte die US-amerikanische Firma Eicor schon 1948 angeboten;²¹²⁰ die britische Firma Wright & Weaire, später Hersteller der vorzüglichen Ferrograph-Tonbandgeräte, hatte 1949 das Halbspur-Gerät Model A mit den Geschwindigkeiten 19,05 cm/s und 9,5 cm/s (!) herausgebracht.²¹²¹ Zudem waren AW 1 und AW 2 schon von der Konzeption her keine „consumer recorders“, sondern „Kleinstudiogeräte“, wie auch das auf AEG-Kerne gewickelte Magnetband zeigt.

Abbildung 294: Die Laufwerks-Unterseite des Magnetophons AW 2 zeigt die Antriebskinematik. Großer Motor für zwei Drehzahlen (Polumschaltung per Dreh-Kippschalter mittig vor Verstärker), Keilriemenantrieb wie bei AW 1, mechanische Steuerung sehr ähnlich. Verstärker fest in Platine verdrahtet, moderne Rimlock-Röhren bis auf das magische Auge (links oben).



Das AW 2 (Abbildung 293) war dem Magnetophon AW 1 sehr ähnlich,²¹²² und daher fällt es schwer, eindeutige Merkmale zur Unterscheidung beider Typen auszumachen. Zu allem Überfluss wurden auch noch Geräte beworben, die Zwischenstufen in der Entwicklung von AW 1 zu AW 2 waren. Abbildung 295 zeigt eine Variante, mit der bei privaten Interessenten geworben wurde; sie zeigte noch deutliche Charakteristika des AW 1. So wird beim späteren AW 2 die Umschaltung zwischen Aufnahme und Wiedergabe mit einem Drehknopf links von der Tonkopfabdeckung bewirkt, in deren Mitte das magische Auge saß (Abbildung 293). Bei dem in der Abbildung 295 gezeigten Gerät wurde sie noch – wie beim AW 1 – ganz hinten oben vorgenommen, wo der Platz auch schon dadurch beengt war, dass davor noch der Bandgeschwindigkeitsumschalter lag.

AW 2 wurde unmittelbar nach dem AW 1 entwickelt. Der AEG lag daran, das Magnetophon für breitere Käuferschichten attraktiv zu machen. Das bedeutete zum einen eine Preissenkung über weitere Technologie-Vereinfachungen, zum anderen die möglichst ökonomische Nutzung des teuren Bandmaterials. Soweit mit wenig Aufwand machbar, sollte natürlich auch das Aussehen attraktiver und gefälliger werden. Zur Reduktion der Fertigungskosten diente der Tausch des Synchron- gegen einen Asynchronmotor (Abbildung 294). Verbilligend wirkte sicher auch, dass die Verstärkereinheit des AW 2 (als AWE 7, Aufnahme-Wiedergabe-Entzerrer, bezeichnet) nicht mehr steckbar ausgeführt, sondern fest montiert und verdrahtet wurde. Die auslaufende Stahlröhrenserie ersetzten Röhren der moderneren und kleineren Rimlockreihe. Die Gleichrichtung übernahm ein inzwischen vollständig gekapselter Trockengleichrichter. Als magisches Auge wurde die Röhre EM 11 weiter eingesetzt; dieser Typ fehlte nämlich in der Rimlockserie (eine Bezeichnung „EM 41“ in einem Schaltplan muss ein Schreibfehler sein). Ansonsten waren keine größeren Neuigkeiten im Verstärker zu finden.

Für den Benutzer waren die „laufenden“ Kosten für Bänder damals ein wichtiges Kriterium bei der Entscheidung für oder gegen ein Magnetophon. Die AEG ging die Aufgabe über einen neuen Kombikopf an, ausgeführt als Zweispurkopf, und zwar mit einem derart schmalen Spalt, dass auch bei halbierten Bandgeschwindigkeit der AW 1-Frequenzgang annähernd erreicht werden konnte, was die Spieldauer bei etwa gleichbleibender Qualität vervierfachte beziehungsweise die Bandkosten auf ein Viertel reduzierte.

Nur bescheidener Aufwand galt den „Design“-Aufbesserungen, die das Gerät attraktiver machen sollten. Zum einen verwendete man die damals modischen Creme-Farben für das Magnetophon (vergleiche Abbildung 288), zum anderen wurden die Beschriftungen nicht mehr auf Blechschildern, sondern auf metallisch hinterlegtem, transparenten Kunststoff aufgebracht.

Trotz aller Versuche, das AW 2 benutzerfreundlich zu machen: auch bei diesem Gerät musste noch nach etwa 20 Betriebsstunden der Motor geölt werden; der Öler befand sich unter der Abdeckkappe mit dem Schriftzug „AEG Magnetophon“, in unmittelbarer Nachbarschaft von Tonrolle, Andruckrolle und Kombikopf.

Das AW 2 war insofern universell ausgelegt, da es sowohl mit Wickelkernen arbeitete, wie im Studiobetrieb üblich, als auch mit Doppelflanschspulen mit (AEG-) Knebelgriff (wie bei Tonschreibern üblich) und sogar mit Doppelflanschspulen, wie sie damals für 8 mm Schmalfilm verwendet wurden.

Wie schon gesagt, befand sich der Aufnahme-Wiedergabe-Schalter ursprünglich noch wie beim AW 1 auf dem Verstärker zwischen den Spulen. Erst in späteren Modellen wurde eine Art mechanische Fernbedienung realisiert, indem ein Ringknopf, zugleich Einfassung des magischen Auges, verdreht wurde, was über eine Stoßstange die Schalterbetätigung auslöste (in Abbildung 294 und Abbildung 293 sichtbar zwischen linkem Wickelteller und Riemenscheibe).



Abbildung 295 (LINKS): AEG-Magnetophon in Edelholzschatulle. Das Gerät ist ein AW 2, das noch Merkmale des AW 1 zeigt.



Abbildung 296 (RECHTS): Magnetophon AW 2 in Rundfunktruhe, laut Beschreibung ist ein „Empfänger für den Ortssender, vorbereitet für UKW“ eingebaut.

Magnetophon AW 1, Kenndaten:

Baujahre: ab 1949 –1950
 Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s oder 76,2 cm/s (jedoch nicht umschaltbar), Synchronmotor, Tonrolle 9,8 mm Ø
 Spieldauer bei 650 m Bandlänge: 30 beziehungsweise 15 min, Vollspur, auch als Stereogerät verkauft
 Frequenzgang 40 – 10.000 Hz bei 38,1 cm/s
 Vormagnetisierungs- und Löschstrom-Frequenz: 60 kHz
 Eingangsspannungs-Bereich bis 30 V
 Ausgangsspannung bis 200 mV
 Netzversorgung: 220 V Wechselspannung, 50 Hz
 Preis um 1.980 DM. Der Preis ab Werk variierte stark von Auftrag zu Auftrag.

Magnetophon AW 2, Kenndaten

Baujahre: 1950 – ca. 1954
 Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s und 19,05 cm/s, umschaltbar. Tonrollendurchmesser 5 mm, Motordrehzahl asynchron 1.470 beziehungsweise 720 U/min.
 Frequenzgang etwa 40 – 12.000 Hz bei 38,1 cm/s, 40 – 10.000 Hz bei 19,05 cm/s.
 Vormagnetisierungs- und Löschstrom-Frequenz 60 kHz
 Eingangspegel max. 30 V, am Mikrofon-Eingang 5 mV,
 Ausgangspegel etwa 500 mV maximal, oder Zusatzgerät AW 2z: maximal etwa 2 Watt
 Netzversorgung: 220 V Wechselstrom, 50 Hz
 Abmessungen des Koffergerätes 43 x 55 x 33 cm, Gewicht etwa 31 kg (mit Koffer)
 Preis etwa zwischen 880 und 3.200 DM, je nach Ausführung. Genauere Zuordnung aus den vorliegenden Unterlagen nicht möglich. Gegen Aufpreis wurde eine Abschaltmöglichkeit für den Löschkopf während der Aufnahme eingebaut (später als Tricktaste bezeichnet). Das Gerät wurde als Koffer, ggf. mit AW 2z, Zusatzkoffer mit Endverstärker und Lautsprecher (AW 2z sah schon wesentlich eleganter aus als AW 1z), als Schatulle – im Heim unter dem Radio aufzustellen (Abbildung 295) oder sogar – „für den besonders anspruchsvollen Kenner“ – als Musiktruhe mit Mittelwellen-Ortsempfänger (AW 2 V), für UKW vorbereitet, angeboten (Abbildung 296).

AW professionell: Ü-Wagen-Magnetophon R 64

Technisch besonders interessant ist eine 1951 zusammen mit dem NWDR entwickelte Sonderbauart des AW 1, das „Ü-Wagen-Magnetophon R 64“, als Reportagegerät für Übertragungswagen der unmittelbare Nachfolger des (Zwei-Motoren-) Magnetophons K 6 alias R 23 sowie des Tonschreibers d alias R 23a. Zeitlich ist dieses Gerät zwar schon dem neuen Magnetophonwerk in der Billhorner Canalstraße zuzuordnen, wegen seiner technischen Verwandtschaft zum AW 1 wird es jedoch hier beschrieben.

Die Zentraltechnik des NWDR stellte Anfang 1951 das Pflichtenheft eines Magnetophons für Übertragungswagen (in deren Schreibweise „Ü-Wagen Magnetophon“) zusammen. Dabei wurden schon recht detailliert die technischen Vorgaben formuliert, der Schaltplan für ein weiter entwickeltes AW 1 entworfen und am 21. April 1951 fixiert. Es ist davon auszugehen, dass die AEG an diesen Spezifikationen intensiv mitgearbeitet hat, denn schon im Laufe des Jahres 1951 wurde dieses neue Gerät in den NWDR-Betrieb eingeführt und am 14. Dezember 1951 als R 64 ins Braunbuch aufgenommen (übrigens mit dem ausdrücklichen Hinweis, dass dieses Gerät

mit „Schichtlage innen“ arbeitete, im Gegensatz zu allen anderen „Magnetofonen“). Ja, es gibt sogar einen sehr detaillierten Schaltplan der AEG zu diesem Gerät vom 24. Januar 1951, der im Pflichtenheft des NWDR zwar umgezeichnet, aber nicht verändert wurde. Es handelte sich bei dem geforderten Ü-Wagen-Magnetophon aber nicht um eine einfache Anpassung des vorhandenen AW 1 an die Vorstellungen des Rundfunks – wegen der umfangreichen Änderungen kann man mit gutem Recht von einer Neuentwicklung sprechen.

Weitgehend unverändert blieben allerdings der mechanische Aufbau des Laufwerks und die Kraftübertragung zwischen den verschiedenen Wellen. Aber da die Stromversorgung aus Autobatterien mit 12 V Gleichspannung erfolgen sollte, änderte sich das Netzgeräte-Konzept und damit der Motor fundamental. Bei der Auslegung des R 64-Motors konnte die AEG wieder einmal auf ihre Erfahrungen mit den Batterie-Tonschreibern zurückgreifen: auch hier wurde ein Gleichstrom-Nebenschlussmotor mit elektromechanischer Fliehkraftregelung eingesetzt, die auf die Nebenschlusswicklung des Motors arbeitete; allerdings gab es deren jetzt zwei: eine permanent erregte und eine zweite, die der Drehzahlregelung diente. Nachdem der Motor im kalten Zustand bisweilen in einen stabilen Lauf unterhalb der Solldrehzahl fiel, erinnerte man sich an die Glühlampe, die beim Tonschreiber die Nenndrehzahl angezeigt hatte, und ergänzte diese Schaltung auch im R 64, wenn auch geringfügig abgewandelt. Diese Maßnahme war dann auch eine der wenigen Änderungen zwischen der AEG-Schaltung und dem NWDR-Schaltplan. Man hatte dem Motor allerdings noch eine wichtige weitere Aufgabe aufgebürdet: Er diente gleichzeitig als Ein-Anker-Umformer, dessen Generator eine Wechselspannung von 6,3 V lieferte. Diese wurde über einen Transformator auf die benötigte Anodenspannung hochtransformiert und in einer Graetzschaltung gleichgerichtet.²¹²³ Weshalb man die Anodenspannung nicht gleich im Umformer erzeugte, darüber soll hier nicht spekuliert werden. Um Batteriekapazität zu sparen, lief der Tonmotor nur, falls erforderlich. Das aber machte eine zusätzliche Anodenbatterie für den Wiedergabeverstärker notwendig. Um nämlich bei Schnittarbeiten die Trennstelle zu finden, zog die Tontechnikerin das Magnetband von Hand am Wiedergabekopf vorbei, musste also die Aufzeichnung (stark verlangsamt) abhören können. Da man seinerzeit in aller Regel noch „nass“ klebte, was merklich länger dauert, als Klebeband aufzubringen, dürfte die Schonung der Antriebsbatterie den Aufwand gerechtfertigt haben. Die Heizspannung für die Röhren wurde direkt aus der 12 V-Fahrzeugsbatterie entnommen, allerdings musste man bei den Stahlröhren mit 6,3 V Heizspannung zu Serienschaltungen greifen, die man ehemals bei den Wehrmachtsröhren mit 12 V-Heizung nicht nötig gehabt hatte.

Der Betriebsartenschalter hatte eine Raststellung mehr als beim AW 1: Da die Umschaltung für Aufnahme und Wiedergabe jetzt auch mit diesem Hauptschalter erfolgte, finden sich anstelle der einen Vorlaufstellung zwei, nämlich Aufnahme und Wiedergabe.

Die Verstärkerschaltung war wesentlich aufwendiger geworden. Es gab jetzt wieder einen Aufnahme- und einen Wiedergabeverstärker, austauschbare Einheiten im Gesamtgerät. Damit war auch wieder Hinterbandkontrolle möglich. Außerdem waren Vorgaben aus den „Grundsätzlichen Anforderungen an Magnetofonanlagen“, herausgegeben Anfang 1950,²¹²⁴ in das Pflichtenheft eingeflossen. So war zum Beispiel der „Aufnahmeentzerrer“ nach der Normalkurve für den Aufnahmestrom aus diesem Basispapier ausgelegt worden. Natürlich war auch schon die neu genormte Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s (30 inch/s) realisiert. Der Aufnahmepegel entsprach wieder 1,55 V oder +6 dB, der Ausgangspegel war immer noch auf –18 dB festgelegt, lag also bei 100 mV.

Im Aufnahmeverstärker hatte man die Verstärkung von der Hochfrequenzerzeugung getrennt: Zwei EF 12 dienten ausschließlich als Verstärker und realisierten gleichzeitig die aufnahmeseitige Höhenanhebung. Eine Gegentakttriode (EDD 11) erzeugte die Hochfrequenzströme, mit 40 kHz zum Löschen, mit 80 kHz für die Vormagnetisierung. Der Oszillator war auf 40 kHz abgestimmt, die doppelte Frequenz koppelte ein entsprechend abgestimmter Saugkreis aus dem Oszillator aus. Als Kuriosum saß der miniaturisierte Löschkopf am linken Bandfühlhebel, weil er an seinem gewohnten Platz „links“ im Kopfträger Störspannungen in den Wiedergabekopf einstreute.²¹²⁵

Der Wiedergabeverstärker arbeitete bereits mit der modernen, rauscharmen Rimlockröhre EF 40 im Eingang, im Ausgang saß eine weitere EF 12. Die Schaltung mit Entzerrer zeigte keine Besonderheiten. Es fällt auf, dass der Verstärker eine Reihe von Einstellmöglichkeiten hat – auch für die Pegel –, aber keine Pegelanzeiger. Selbst das magische Auge des AW 1 ist nicht vorgesehen, denn Ü-Wagen waren in der Regel mit den rundfunktypischen Lichtzeiger-Aussteuerungsmessern ausgerüstet.

Ü-Wagen-Magnetophon R 64, Kenndaten

Baujahre: 1951 – 1953

Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s, Tonrollendurchmesser 9,71 mm, Drehzahl 1.500 U/min
Frequenzgang 40 – 15.000 Hz ± 1 dB (nach Einführung des UKW-Rundfunks von 10 kHz auf 15 kHz erweitert)
Frequenz des Löschstroms 40 kHz, des Vormagnetisierungsstroms 80 kHz
Eingangspegel +6 dB oder +12 dB; Ausgangspegel >–19 dB
Spannungsversorgung: 12 V Gleichstrom;
Abmessungen 43 x 55 x 33 cm,
Gewicht etwa 31 kg (mit Koffer)

Obwohl das Braunbuch das R 64 erst ab Dezember 1951 führte, lieferte die AEG schon ein Jahr vorher 15 Geräte dieses Typs aus.

The Magnetophon goes to the USA

In Deutschland blieb die Magnetontechnik bis 1945 im Großen und Ganzen die Domäne des Militärs (Tonschreiber) und des Rundfunknetzes; an industrielle Großserienfertigung war wegen der Kriegsumstände nicht zu denken. Mit dem Krieg endete im Frühjahr 1945 auch die Tonschreiber-Produktion; „entmilitarisierte“ Geräte und solche aus aufgeschobenen Entwicklungen füllten allenfalls Lücken. Erst Ende der 1940er Jahre, mit den ersten Anzeichen des „Wirtschaftswunders“ nach der Währungsreform 1948, begann hierzulande (ebenso wie in Europa) die Blütezeit des Magnettons.

Anders in den USA, wo, ebenfalls seit 1948, nach dreijähriger „Funkstille“ seit 1945, das Magnetband alle anderen Aufzeichnungsverfahren von Ton, Bild und Datenverarbeitung zurückdrängte, ja diese Bereiche geradezu revolutionierte. In keinem anderen Land vollzog sich dieser Umbruch so schnell und so gründlich. Die USA blieben bis Ende der 1950er Jahre nicht nur Technologie-, sondern (zumindest im eigenen Land) auch Marktführer. Dieses „Jahrzehnt der USA“ wird in der Folge skizziert – notgedrungen auch zu Lasten der Darstellung der Entwicklung in anderen Teilen der Erde und mit unumgänglichen Beschränkungen.

Magnetophon: ein Staats- oder Militär-Geheimnis?

Zum gängigen Repertoire englischsprachiger Publikationen zum Thema „*German Magnetic Tape*“ gehörten Behauptungen der Art, die Entwicklung sei vom NS-Regime gewissermaßen befohlen worden, nicht zuletzt, um die Bevölkerung tagtäglich mit Hitler-Reden im „Volksempfänger“ traktieren zu können²¹²⁶ – obwohl sich gerade Hitler während des Kriegs nur sporadisch über den Rundfunk hören ließ.²¹²⁷ Auch wenn die Technik nicht über rostbedeckte Papierstreifen hinausgekommen und erst in USA zu Brauchbarem weiterentwickelt worden sein soll,²¹²⁸ sei das Ganze strikt geheim gewesen.²¹²⁹ Eine besonders langlebige Fama ist auf Seite 291 gewürdigt.

Soweit nicht schlichter Unsinn, sind diese Legenden auf ein gewisses großspuriges Halbwissen zurückzuführen. In Deutschland hatte man aus dem Stand der zivilen Magnetontechnik durchaus kein Geheimnis gemacht, vielmehr berichteten Zeitungen und Fachzeitschriften (etwa die renommierte „Akustische Zeitschrift“, nach 1940 vor allem „Reichsrundfunk“, Hauszeitschrift der RRG) vor und während des gesamten Zweiten Weltkriegs darüber, nicht zuletzt über die Vorstellung des Hochfrequenz-Magnetophons am 10. Juni 1941 in Berlin: allein hiervon sind fast vier Dutzend Presseberichte belegt. Lediglich über die Tonschreiber der Wehrmacht und der Marine sind keine detailliert-technischen zeitgenössischen deutschen Publikationen bekannt, Hinweise auf diese Geräte konnte allerdings jeder Kundige etwa im „Reichsrundfunk“ finden. Spätestens im Sommer 1941 wäre also zu erwarten gewesen, dass ein Geheimdienst der deutschen Kriegsgegner aufmerksam würde. Vielleicht spielte dabei eine Rolle, dass seit Herbst 1939 das gesamte Botschaftspersonal der späteren Westalliierten Berlin verlassen hatte – die USA zogen ihren Botschafter schon nach der *Reichspogromnacht* vom 9. November 1938 ab und waren bis Dezember 1941 nur durch Geschäftsträger vertreten –, und damit auch technisch versierte Attachés und geschulte Beobachter.²¹³⁰ So blieb auch der Beitrag „*Rundfunk auf Magnetophon umgestellt*“ in einer der „*erfolgreichsten und meistgelesenen Publikationen im „Dritten Reich“*“ unbeachtet, aus dem gewissermaßen im Klartext hervorging, dass der deutsche Rundfunk über ein neuartiges, überlegenes Aufzeichnungssystem für den praktischen Einsatz verfügte.²¹³¹ Was amerikanischen Truppen aber als Erstes in die Hände fiel, schien nichts anderes zu sein als eine andere Form der Magnetdrahts – und Drahtton-Recorder hatten keinen besonderen Ruf wegen ihrer mäßigen Qualität, die eben nur für Diktate, Nachrichten und ähnliche Sprachaufzeichnungen ausreichte.²¹³²

Fazit: Bis zum Beginn der anglo-amerikanischen Invasion (6. Juni 1944) und Oktober 1944, als die russische Armee über die Ostgrenze des „Reichs“ vorstieß, gab es außerhalb Deutschlands so gut wie keine zuverlässigen Informationen über den Stand der Magnetontechnik. Wann sowjetische Fachleute die RRG-Außenstellen Riga (Radio Ostland) und Königsberg (Anfang April 1945) auskundschafteten, dort auf Magnetophongeräte stießen und wohin diese Nachrichten gingen, ist im Einzelnen nicht nachzuvollziehen. Tonschreiber in russischen Museen belegen, dass zumindest dieser Magnettonbereich durchaus bekannt war, sei es aus Beutebeständen oder Hinterlassenschaften der deutschen Wehrmacht beim Rückzug. Nicht zuletzt die zielgenaue Nachfrage sowjetischer Fachleute nach der Eroberung des Funkhauses Berlin im Mai 1945 spricht dafür.

Wissensstand der Alliierten zwischen 1943 bis 1945

Die USA hatten beim Ausbruch des Zweiten Weltkriegs gut 30 Jahre Praxiserfahrung mit Magnetontechnik in der Form, wie sie Poulsen mit seinen Draht- und Stahlbandgeräten vorgestellt hatte. Trotzdem steckte das Gebiet technisch noch immer sozusagen in den Kinderschuhen, auch wenn Marvin Camras bei Armour Research Foundation sich so tief in die Materie eingearbeitet hatte, dass er – wohl als letzter – ein Patent auf HF-Vormagnetisierung erhielt: *Methods and Means of Magnetic Recording*, US 2,351,004, angemeldet am 22. Dezember 1941, und damit ein halbes Jahr nach der Vorführung des HF-Magnetophons in Berlin (10. Juni 1941, Seite 195). Nach Kriegseintritt der USA im Dezember 1941 kam der Umschwung: Die US Navy erhielt nach und nach etwa 100.000 robuste Drahtongeräte mit Hochfrequenzvormagnetisierung, wie sie Semi J. Begun bei Brush Development und Marvin Camras bei Armour Research entwickelt hatten.²¹³³ Vereinzelt erschienen in Fachzeitschriften auch theoretische Beiträge zur HF-Vormagnetisierung.²¹³⁴ Außer Semi J. Begun und seinem Mitarbeiter Otto Kornei scheint bis dahin allerdings niemand etwas vom Magnetophon gehört zu haben.

Was sich 1944 beim Rückzug der Wehrmacht aus Frankreich in amerikanischen und englischen Sammelstellen in Paris als „erbeutetes Feindgut“ an Tonschreibern und Abhörgeräten der Reichspost ansammelte, betrachteten Auswerter zwar mit fachmännischem Interesse, aber deutlicher Skepsis gegenüber der bescheidenen Aufzeichnungsqualität.²¹³⁵ Umso größer war die Verwunderung, als man auf die ersten Magnetophon-Anlagen R 122a stieß, die den Drahtgeräten qualitativ unverkennbar überlegen waren. Dank der Berichterstattung des US-amerikanischen „Broadcasting Magazine“ sind das Datum des ersten Funds, seine Umstände und Folgen dokumentiert (die Fachzeitschrift galt als „the most respected business magazine in the industry“).²¹³⁶

Nach der Befreiung von Paris am 25. August 1944 hatten amerikanische Truppen, ziemlich genau drei Monate nach Invasionsbeginn, am 10. September 1944 Herzogtum und Stadt Luxembourg erreicht und mit tollkühnen Handstreichen den leistungsfähigen Sender und das Funkhaus von Radio Luxembourg unter ihre Kontrolle gebracht. Das Haus hatte seit dem 10. Mai 1940 unter der Regie der RRG beziehungsweise des Reichs-Propaganda-Ministeriums gestanden, das vor allem für England und die eigenen Truppen bestimmte Sendungen ausstrahlte. Die im September 1944 geplante Sprengung der Anlagen verhinderten teils der schnelle Vormarsch der US-Truppen, teils Camouflage-Aktionen der nach wie vor beschäftigten Luxemburger Techniker. Immerhin dauerte es noch einige Tage, bis die ersten Sendungen am 22. September 1944 ausgestrahlt werden konnten. Für die Wiederinbetriebnahme zuständig war der zum Militär eingezogene frühere technische Leiter des AFN, Don v. R. Drenner, der auch die zurückgelassenen Magnetophon-Geräte untersuchte, die dort 1941 (vermutlich erst etwas später) installiert worden waren. Drenner war ein vielseitig, auch musikalisch und literarisch, begabter Ingenieur, den die Qualität der Magnetophone verblüffte: „And certainly if you have heard one, there is a tendency to rush back to the studio and throw away most of your disc recordings.“²¹³⁷ Angesichts der Zeitumstände ist durchaus möglich, was sich Drenner 1948 zuschrieb: „I might mention that the first German machine which to my knowledge was examined by U. S. personnel was that which I found at Radio Luxembourg in September 1944“.²¹³⁸ Im Februar 1945 wurde Drenner zur ABSIE (American Broadcasting Station in Europe) in London versetzt.²¹³⁹ Er kommt also kaum als Autor des frühesten englischsprachigen Loblieds „German's Tape Recorder, Magnetophon, Is Termed Superior to Other Methods“ in Betracht, das in eher journalistischer Form knappe technische Beschreibungen und die teils verblüfften Reaktionen einer Delegation amerikanischer Besucher in deutschen Funkhäusern festhält.²¹⁴⁰

Auf ihrem Vormarsch nach Osten besetzten die US-Truppen am 6. März 1945 Köln; Brandbomben hatten das Funkhaus im Juni 1943 schwer getroffen, erst ab September 1945 war es wieder halbwegs arbeitsfähig; über Magnetophone war also hier nichts Neues zu erfahren. Anders in Hamburg, wo britische Truppen am 3. Mai 1945 das nahezu unbeschädigte Funkhaus einnahmen – zwei Tage nach der denkwürdigen Bekanntgabe von Hitlers Selbstmord. Hier lernten britische Offiziere, vor allem Rundfunkfachleute, zum ersten Mal Magnetophone im „Normalbetrieb“ eines Senders kennen. Lieutenant Thompson, zufälligerweise früher Programmdirektor bei Radio Luxembourg, brachte es auf den Punkt: Das Magnetophon ist „one of the best things that has happened in broadcasting“. Weiter: vom Magnetophon kämen „the best recordings I have ever heard in my life. It is the finest, as well as being the easiest system of recording. ... It makes unlimited use of tape for recording.“²¹⁴¹

Es könnte einer dieser britischen Offiziere gewesen sein, der John T. Mullin im Juli 1945 begeistert von den Vorzügen des Magnetophons berichtete. Mullin, der bisher nur Gleichstrom-Magnetophone und Tonschreiber kannte und ihnen wenig zutraute, überzeugte sich – „It was the greatest decision of my life“ – in Bad Nauheim, Standort des seit 1. Juni 1945 aktiven „Radio Frankfurt“, dass hier bisher Ungehörtes an der Tagesordnung war.²¹⁴² Mullins Weg zum prominenten Magnetophon-Anwalt in den USA ist auf Seite 293 nachgezeichnet.

Im Herbst 1945, jetzt wieder bei seinem „Heimatsender“ in Kansas, USA, veröffentlichte Drenner im „Broadcasting Magazine“ einen ausführlichen Beitrag „Engineer Finds Magnetophon Superior / German Recorder Combines Economy, High Fidelity, Compactness“, in dem er, unterstützt von zwei Bildern, Technik und Qualität des Magnetophons beschrieb, was ihm zahlreiche ungläubige Anfragen zum Qualitätspotential dieses Verfahrens einbrachte. Zwei Jahre später, im Oktober 1947, veröffentlichte die Fachzeitschrift *Audio Engineering* einen deutlich umfangreicheren Beitrag Drenners, „The Magnetophon“, der neben der umfassenden Beschreibung ebenfalls mehrere Bilder, jetzt auch Schaltpläne des Laufwerks, der Verstärker und ihre Frequenzgang-Diagramme enthielt.²¹⁴³ Die Quellenangaben nennen unter anderem Braunbuchblätter und eine interne Veröffentlichung der RRG, die Drenner vermutlich in Luxembourg einsehen konnte. Man wird annehmen können, dass diese erstrangige Informationsquelle auch in Redwood City aufmerksam studiert wurde – ebenso wie die jetzt häufiger erscheinenden einschlägigen Publikationen.²¹⁴⁴

Erst derartige Pionier-Veröffentlichungen weckten allmählich das Interesse der amerikanischen Industrie. Zwei weitere Faktoren trugen wesentlich dazu bei, dass die Magnetbandtechnik nach und nach als lohnendes Geschäftsfeld entdeckt wurde. Zum einen waren Deutschlands Patente nach der Kapitulation freigegeben worden (konnten also lizenzfrei benutzt werden), zum Zweiten und vermutlich Wichtigeren machten die umfassenden und präzisen Berichte der alliierten Recherche-Organisationen wie FIAT, BIOS und CIOS die Errungenschaften der deutschen Forschung und Industrie allgemein zugänglich. Im strikten Gegensatz zu manchen publikumswirksamen Fabulierereien boten die „Reports“, zumeist von ausgewiesenen Fachleuten erarbeitet, wissenschaftlich stichhaltige, gewissenhaft erstellte und nachvollziehbare Dokumentationen – anders als in oft verklaustrierten Patentschriften wurde hier Klartext geschrieben.

Captured Enemy Property: BIOS-, CIO- und FIAT-Berichte ²¹⁴⁵

Bereits 1942 hatten die USA eigens Arbeitsgruppen zur Auswertung technischen Beuteguts von den diversen Kriegsschauplätzen zusammengestellt und geschult. Nach der Normandie-Invasion (6. Juni 1944) fielen derart umfangreiche Bestände an, dass die alliierten Stabschefs eine industriell-militärische Organisation aufzuziehen beschlossen, *Combined Intelligence Objectives Sub-Committee* (CIO), um die technisch-wissenschaftliche Kriegsbeute einzubringen, zu dokumentieren und zum Nutzen der jeweiligen Industrien aufzubereiten – letzteres seit Juli 1945 Aufgabe einer Unterorganisation namens *Field Information Agency, Technical* (FIAT). Die schiere Materialmenge (und ausgeprägte amerikanische Eigeninteressen) veranlasste die britische Regierung, eine Parallelorganisation aufzubauen, *British Intelligence Objectives Sub-Committee* (BIOS), die aber bei weitem nicht so erfolgreich war wie ihr amerikanisches Gegenstück.²¹⁴⁶ Doch allein zu BIOS gehörten rund 11.000 Rechercheure, in der Regel Industrie-Experten und ausgewiesene Könnner ihres Fachgebiets, die, wie ihre amerikanischen Kollegen, mittels Interviews deutscher Wissenschaftler und Techniker sowie eigens angeforderter Berichte die Forschungsergebnisse und praktischen Kenntnisse der deutschen Industrie aufklärten.

Die Alliierten-Berichte referieren keineswegs ausschließlich den Stand der Technik vom Mai 1945. In vielen Fällen sind auch Nachkriegsentwicklungen eingeflossen, etwa über grundsätzliche Untersuchungen zum Thema Stereophonie und Magnetophon ²¹⁴⁷ oder den Fertigungsstand des AEG-Magnetophons K 7.

Natürlich gehörten auch *alle* Werke der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft zu den bevorzugten Zielen der Rechercheure, wie eine eindrucksvoll eng bedruckte Liste von 23 Seiten einer abschließenden Aufstellung aller *reports* beweist. Hier kann nicht geklärt werden, woher die Informationen stammten, die die erkennbar zielgerichtete Suche ermöglichten, ebenso wenig, unter welchen Voraussetzungen und Annahmen (seitens der deutschen Informanten, die sich allem Anschein nach für *auskunftsverpflichtet* hielten) die *reports* zu Stande kamen.²¹⁴⁸ Wer Jahre später kritisierte, führende Wissenschaftler und Ingenieure hätten Interna der deutschen Industrie allzu bereitwillig preisgegeben, hätte berücksichtigen sollen, dass viele Menschen angesichts der Kriegsoffer und der zerstörten Städte, also des Untergangs des „Dritten Reichs“ insgesamt, zeitweilig wie unter Schock standen, weite Strecken der Werksgelände in Ruinen lagen und eine auch nur erträgliche Zukunft, geschweige denn das „Wirtschaftswunder“, überhaupt nicht vorstellbar war.

Magnetophonband-Produktion aus amerikanischer und britischer Sicht

Zu den US-Teams, die sich einen umfassenden und präzisen Überblick über „*German Plastics Practice*“ verschafften, gehörten die drei US-amerikanischen Experten John DeBell (DeBell and Richardson, Springfield, Mass.), Walter E. Gloor (Hercules Powder Co., Parlin, N.J., später ein bedeutender Magnetpigmente-Hersteller) und William C. Goggin von der Dow Chemical Co., Midland, Michigan. Zwischen dem 8. und dem 10. Juni 1945 befragte das Trio in Ludwigshafen zahlreiche führende Wissenschaftler, unter ihnen auch Karl Pflaumer.²¹⁴⁹

Knapp vier Wochen später, am 11. Juli 1945, schlossen Pflaumer und sein Stab einen 22 Schreibmaschinen-seiten starken „*Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern*“ ab,²¹⁵⁰ heute die wichtigste und umfangreichste Quelle für die damalige Magnetophonband-Technologie. Der zeitliche Zusammenhang spricht dafür, dass dieses Kompendium im Auftrag von DeBell, Gloor und Goggin entstanden ist. Offen bleibt freilich, wieso angesichts der Zeitumstände eine so detaillierte Arbeit innerhalb eines Monats zusammengestellt werden musste (und konnte!), zumal die Amerikaner Ludwigshafen erst im August 1945 wieder besuchten, übrigens wenige Tage nach einer ausführlichen Inspektion der Luvitherm-Anlage in Gendorf.²¹⁵¹ Es ist wenig wahrscheinlich, dass dem Experten-Trio sein amerikanischer Landsmann John Herbert Orr zuvorgekommen ist (zu Orr siehe Seite 291, die Produktionsstatistik ist auf Seite 642 wiedergegeben).²¹⁵²

Wie dem auch sei: DeBell, Gloor und Goggin nahmen Pflaumers Bericht in englischer Übersetzung in zwei ihrer ausführlichen Berichte auf.²¹⁵³ Man kann diese Ausarbeitung als drittes Glied einer Reihe sehen, die Friedrich Matthias im Oktober 1935 mit seinem Referat „*Ueber den derzeitigen Stand der Magnetband-Versuchsfabrikation*“²¹⁵⁴ begonnen und 1940 mit dem Abriss „*Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation*“ fortgesetzt hatte;²¹⁵⁵ Pflaumer wäre also im Fünf-Jahres-Takt geblieben. Der „*Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern*“ von 1945 geht jedoch nach Umfang und Darstellungstiefe deutlich über die Matthias-Berichte hinaus und dürfte jedem Chemiker, der das Magnetband nachstellen wollte, Monate, wenn nicht Jahre an Voruntersuchungen und Laborarbeit erspart haben. Für die Geschichte des Magnetbandes zwischen 1940 und 1945 ist also der Pflaumer-Bericht die erstrangige Quelle schlechthin, dokumentiert er doch die im Prinzip nahezu abgeschlossene Entwicklung dieses Informationsspeichers.

Zirkulierten aber die Matthias-Berichte ausschließlich I.G. Farben-intern, gelangte der Pflaumer-Bericht zu weit größerer Publizität: das *US Office of the Publication Board (OPB)* veröffentlichte nicht nur die deutsche Originalfassung, sondern auch Bearbeitungen beziehungsweise vollständige Übersetzungen in nicht weniger als vier seiner Berichte (einer der Übersetzer war übrigens Hans Joachim von Braunmühl).²¹⁵⁶ Wo und mit welchem Erfolg sich die künftige amerikanische Magnetbandindustrie in dieser Informations-Schatzkammer bedient hat, dürfte im Einzelnen nur schwer zu belegen und zu dokumentieren sein. Immerhin gesteht, wenn auch erst *post festum*, ein führendes US-amerikanisches Unternehmen ein, von diesen Arbeiten profitiert zu haben: „*3M benefited, in its research efforts, from a comparative study of German-developed magnetic tape technology that was made available in the aftermath of World War II.*“ ²¹⁵⁷

Der Pflaumer-Bericht von 1945 geht nur kurz auf das Luvitherm-Verfahren ein, das dafür in zwei anderen Berichten umso detaillierter beschrieben ist, und zwar einem 124-seitigen BIOS Final Report von 1946, „*Plastics in German Sound Recording Systems*“²¹⁵⁸ von drei britischen Wissenschaftlern sowie einem zwar nur 17-seitigen, dafür stark komprimierten FIAT Final Report „*The Manufacture of Luvitherm Film*“²¹⁵⁹ (an dritter Stelle wäre der oben zitierte, zeitlich früheste Bericht vom Herbst 1945, „*German Plastics Practice*“ von DeBell, Gloor und Goggin zu nennen²¹⁶⁰). Auf die Magnetband-Produktion außerhalb Ludwigshafens hatten diese Informationen jedoch kaum Einfluss, weil die meisten Produzenten von der Celluloseacetat- unmittelbar auf Polyester-Folie übergingen. Trotzdem haben die hier zusammengefassten Sachverhalte großen technikhistorischen Wert.

Zwei Berichte: Bilanz der ersten Magnetophon-Dekade

Weil die Magnetophonband-Produktion eng mit dem Errungenschaften der deutschen Kunststoff-Forschung zusammenhing, nehmen Berichte zu diesen Themen breiteren Raum als die zur Technik der Tonband-Laufwerke und der zugehörigen Verstärker. Es hat den Anschein, als seien diese Gebiete für amerikanische und englische Ingenieure wenn auch nicht ohne weiteres verständlich, so doch eher naheliegend als Chemiefragen gewesen.

Stellvertretend für die beeindruckende Arbeit, die in kürzere Abhandlungen zu Teilthemen und -problemen von Laufwerken und Verstärkern investiert wurde, sind zwei gewissermaßen bilanzierende Berichte hervorzu-



Abbildung 297: Ein „tragbares“ professionelles Tonbandgerät mit deutlichen Gebrauchsspuren, das „Rangertone“ von Richard H. Ranger – ein Exemplar aus der Sammlung von John T. Mullin, ausgestellt 1988 in Los Angeles.

heben. James Z. Menards Arbeit „*High Frequency Magnetophon Magnetic Sound Recorders*“ vom Januar 1946 ist erkennbar geprägt von der Bewunderung des Autors für die Qualität des Magnetophon-Systems,²¹⁶¹ und der spätere Leser bewundert seinerseits dankbar, wie gründlich und präzise Menard (übrigens ein guter Freund und zeitweiliger Arbeitskollege von John T. Mullin²¹⁶²) Einzelfragen der Magnetspeichertechnik nachgegangen ist und sie dargestellt hat. Hier finden sich übrigens die einzigen ausführlichen Informationen über die Stereo-Magnetophon-Anlagen der RRG, deren Zweikanal-Verstärker sich in kritischen Details von den Mono-Verstärkern V 5 und V 7b unterscheiden.

Über Menards Arbeit geht zumindest im Umfang ein weiterer substantieller Bericht hinaus, „*Further Studies In Magnetophones And Tapes*“ von Richard H. Ranger, abgeschlossen am 13. Mai 1947.²¹⁶³ Der Autor hat erklärtermaßen über seine eigenen Ermittlungen hinaus alles zusammengetragen, was den damaligen Stand der Magnetophon-Technik in Deutschland ausmachte, ein-

schließlich der Entwicklungen der ersten Nachkriegsjahre. Sein umfangreiches Fachwissen – Ranger hatte neben seiner musikalischen Ausbildung ein Ingenieurstudium abgeschlossen und produzierte im eigenen Betrieb in Newark, New Jersey, elektronische Musikinstrumente²¹⁶⁴ – ermöglichte ihm die konzentrierte Beschreibung sowohl der Band- wie der Geräteproduktion, und so gehört auch der „*FIAT Final Report No. 923*“ zu den unverzichtbaren historischen Dokumenten der Magnetbandtechnik. Dies nicht zuletzt aufgrund des umfangreichen Bildteils, der sowohl Geräte und Gerätebauteile als auch chemische Apparaturen zur Oxidproduktion, Bandgieß- und Schneidemaschinen zeigt, darunter die einzigen bekannten Bilder aus Aschbach, Wald-Michelbach und Wolfen. Allerdings liegt der Bericht nur in einem englischen Nachdruck mit indiskutabler Qualität der Abbildungen vor.

Transfer von Magnetophon-Wissen: Sowjetunion und Frankreich

Dass die Sowjetunion eine mit CIOS, BIOS oder FIAT nach Umfang und Ergebnis vergleichbare Organisation aufgebaut hätte, ist nicht bekannt geworden – sie hielt sich vorzugsweise an die führenden Wissenschaftler selber, wie für das Beispiel Raketenentwicklung hinreichend bekannt. Dies trifft auch für weniger spektakuläre Wirtschaftsbereiche zu (siehe die versuchte Entführung Eduard Schüllers, Seite 256). Spätestens, seit ab 1. Juli 1945 die Filmfabrik Wolfen der sowjetischen Militärverwaltung unterstand und ab 22. Juli 1946 der sowjetischen Aktiengesellschaft Photoplenka („Fotofilm“) zugeschlagen wurde, hatte die UdSSR ohnehin direkten Zugriff auf alle Wolfener Kenntnisse und Verfahren. Immerhin blieb auf diese Weise ein Großteil der Magnetband-Dokumentation des Betriebsarchivs erhalten, darunter Korrespondenz, die Lücken im Ludwigshafener Archivbestand überbrückt.

Auch in einem benachbarten Bereich hat sich die Sowjetunion einen Anteil an deutschen Erkenntnissen gesichert, nämlich im Sektor Ton- und Film-Aufzeichnung. Das „*Russische Technische Büro für Kinematographie*“ ließ, unter sowjetischer Leitung und nach entsprechenden Vorgaben, deutsche Fachleute Berichte schreiben, die ohne weiteres mit ihren englischen und amerikanischen Pendanten vergleichbar sind. Zugänglich sind derzeit allerdings nur zwei vollständige Arbeiten:

- erstens die „*Untersuchung der in Deutschland entwickelten elektro-magnetischen Methode der Tonaufzeichnung*“

(Magnetophon) und ihre Verwendung in der Kinematographie“²¹⁶⁵ für die der frühere RRG- und TOBIS-Filmkunst-Chiefingenieur Ernst Augustin verantwortlich zeichnet. Der nicht weniger als 181 DIN A 4-Seiten starke Bericht enthält viel Material, das offensichtlich von der RRG stammt, dazu präzise Angaben zu Tonschreibern und einigen Sonderentwicklungen für den Bereich „Magnetton zum Bildfilm“;

- zweitens der „Bericht zum Thema Nr. 19 für 1948: Zusammenstellung der theoretischen und praktischen Erkenntnisse in der Stereophonie in der Kinematografie“²¹⁶⁶ etwa 90 Seiten stark, der Autor ist Heinz Orlich, lange Jahre (vor und nach 1945) leitender Tonfachmann der UFA. Er bringt neben Beschreibungen der UFA-Versuche, die stereofonische Ton-Aufzeichnungen für den Kinofilm nutzbar zu machen, auch zehn Blatt Text und Zeichnungen über die „Stereofonische Zweikanalübertragung mit dem Magnetophon“, Kurzfassung einer Publikation von Werner Lippert von Ende 1947 (siehe Seite 260).²¹⁶⁷ Der Verbleib der anderen, für die Technikgeschichte bedeutsamen TBK-Berichte konnte bisher nicht geklärt werden.

Frankreich, als vierte Besatzungsmacht, hat aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls keine entsprechenden Berichte ausgearbeitet oder veranlasst. Doch als Deutschland in Besatzungszonen und Berlin in Sektoren aufgeteilt war, standen sowohl die neue Magnetophonbandfabrik in Ludwigshafen wie auch die Fabrik Drontheimer Straße, in der die AEG Berlin Magnetophone baute, unter französischer Verwaltung. So ist es kein Wunder, dass auch ohne offizielles Schrifttum die Magnetband-Technologie in Frankreich bekannt wurde, hatte doch auch die namhafte Radiofabrik Eugène Ducretet, Paris, während der Kriegsjahre im AEG-Auftrag Magnetophon-Verstärker gebaut. Die Reichspost-Zwillingsgeräte, die bei der Räumung von Paris zurückblieben, werden sicher nicht alle in Jack Mullins Dienststelle gelandet sein, und es ist wohl kein Zufall, dass eines der frühesten in Frankreich gebauten Magnetbandgeräte, Tolana Modell ERM 109 (1945, Seite 296), zumindest äußerlich seine Verwandtschaft mit dem Magnetophon K 4 nicht leugnet. Schließlich meldete auch Ludwigshafener neue Magnetband- und andere Schutzschriften in Frankreich an, bis das deutsche Patentwesen wieder funktionsfähig war.

Magnetophon: Kriegsbeute, Souvenir, Technologieträger

Was an erbeuteten Magnetophon-Geräten und Tonschreibern in die USA kam, ist kaum zusammenfassend dokumentiert worden. Außer eingehend untersuchten Tonschreibern b und b1,²¹⁶⁸ den beiden Mullin-Magnetophonen und einem Magnetophon K 2 in der Sammlung von John Herbert Orr²¹⁶⁹ ist beispielsweise noch ein Magnetophon K 7 in amerikanischen Labors gelandet,²¹⁷⁰ und in der Library of Congress, Washington D.C., liegt ein gut 500 Seiten starkes Konvolut mit den vollständigen Konstruktionsunterlagen dieser Maschine.²¹⁷¹ Andere „Souvenirs“ sind in amerikanischen Museen ausgestellt.

Deutlich besser ist der Einzug des Magnetophons in England belegt. BBC bekam bereits im Juni 1945 eine erste für Hochfrequenz-Vormagnetisierung ausgerüstete HTS-Anlage (das heißt, R 22a plus V 5 und V 7b), eine zweite im Sommer 1946, und sendete am 26. September 1946 eine Produktion der Oper DER ROSENKAVALIER von Richard Strauss, „recorded by Radio Hamburg“. Diese beiden Maschinen blieben bis 1952 in BBC-Diensten, wurden also ungefähr zur gleichen Zeit ausgemustert wie die letzten Marconi-Stille-Stahlbandmaschinen. Im Dezember 1946²¹⁷² demonstrierte BBC intern ein Magnetophon K 7, das der hauseigenen BBC-Plattenschneidemaschine unterlegen gewesen sein soll²¹⁷³ – also vermutlich so mangelhaft war wie die Exemplare, die zum Berliner Rundfunk gegangen waren. Drei BBC-Mitarbeiter gehörten zu den Verfassern des erstrangigen BIOS-Reports No. 951,²¹⁷⁴ „The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System“. 1988 kamen übrigens ein Tonschreiber b1, zwei Tonschreiber d und ein Kleinstübertragungsgerät R 26, die BBC dem verdienstvollen F. W. O. Bauch geschenkt hatte, wieder nach Berlin zurück; sie gehören heute zum Bestand des Deutschen Technikmuseums.²¹⁷⁵

Das Interesse der englischen Industrie an deutschen Errungenschaften ist naheliegend, und so überrascht es nicht, unter den drei Autoren des schon genannten, ebenso umfangreichen wie gründlichen Berichts *Plastics in German Sound Recording Systems*²¹⁷⁶ zwei Mitarbeiter der Electric and Musical Industries Ltd. (EMI) zu finden. John Wooler sollte bald die Magnetband-Produktion im englischen Hayes leiten,²¹⁷⁷ und E.W. Berth-Jones scheint in Berlin nützliche Informationen für den Bau der ersten britischen Magnetbandgeräte gesammelt zu haben – jedenfalls bezeichnet ein englischer Fachmann das Ergebnis als exakte Kopie eines Magnetophons, „rushed to Hayes [Firmensitz der EMI] and copied precisely“.²¹⁷⁸ Wie im November 1947 angekündigt,²¹⁷⁹ konnte EMI im Februar 1948 Vorserien-Muster und bis Jahresende vier Seriengeräte des „British Tape Recorder“ BTR/1 sowie Magnetband aus eigener Produktion ausliefern. Der BBC war es übrigens nicht gelungen, Magnetophon-Geräte aus Deutschland zu importieren,²¹⁸⁰ doch erfüllte die BTR/1 ihre Anforderungen und verdrängte nach und nach Plattenschneidegeräte ebenso wie die imposanten Marconi-Stille-Stahlbandmaschinen.

USA steigen in die Magnetbandtechnik ein

Von der Avantgarde zur Großserie

Mit den Augen-, mehr noch den Ohrenzeugenberichten, den Fachveröffentlichungen und nicht zuletzt den leicht zugänglichen BIOS-etc.-Berichten waren in den USA günstige Voraussetzungen für die breite Übernahme der neuartigen Ton-Aufzeichnungstechnik gegeben. Umso seltsamer, dass der Durchbruch nicht schon 1945 oder 1946 gelang, sondern bis 1948 auf sich warten ließ. Allerdings waren die Protagonisten nicht etwa ein mächtiger Industriekonzern oder eine vielgehörte Rundfunkanstalt, sondern zunächst einmal Privatpersonen.

Es waren amerikanische und britische Offiziere mit gutem Gehör, die sich um 1944 über die erstaunliche, von Direktübertragungen nicht unterscheidbare Qualität der RRG-Musiksendungen wunderten, die in England gut zu empfangen waren. Sie hatten zunächst die Vermutung, dann nahezu die Gewissheit, dass in Deutschland ein hochentwickeltes Schallaufnahmeverfahren verbreitet sein müsse. Als nach der deutschen Kapitulation das „Geheimnis“ aufgedeckt wurde, blieb es der privaten Initiative wenigstens fünf fähiger Ingenieure überlassen, das fortschrittliche deutsche Aufzeichnungs-Verfahren in die USA zu verpflanzen:

- **John Herbert Orr**, später Inhaber der Orradio Industries (unter anderem Hersteller des Irish Tape),
- **Richard H. Ranger**, der die erfolgreichen Rangertone-Magnetbandgeräte baute,
- **John T. Mullin**, der mit seinen beiden K 4-Laufwerken eine Revolution im amerikanischen Rundfunk und der Musikindustrie anstieß (Seite 293).

Zuerst ist jedoch in aller Kürze über die Beiträge von William V. Stancil, der als erster Produzent in den USA Magnetbandgeräte für militärische und zivile Sprachdokumentation (etwa die Flugsicherung) entwickelte, und Lewis C. Heinzman, Ingenieur bei der McClatchy Broadcasting Company in der kalifornischen Hauptstadt Sacramento, zu berichten.

William V. Stancil war ein bemerkenswert vielseitiger Autodidakt mit gründlichen Kenntnissen der Film-Lichttonaufzeichnung. Sein Start in die Magnetbandtechnik war der professionelle Umbau eines Begun'schen (Band-) Soundmirrors, gefolgt um 1947 / 1948 von einem ersten batteriebetriebenen Klein-Magnetbandgerät namens Minitape (... sollte es ein Zufall sein, dass zum Stancil-Firmenarchiv ein Wiedergabe-Tonschreiber c gehört?²¹⁸¹) und den Magnetfilm-Laufwerken S4, S5 und S6. Ein Tonstudiolaufwerk, der TR47 (*Transcription / Recorder* 1947) für ¼-Zoll-Magnetband erschien noch vor Ampex Model 200A. Zunächst für die Tonfilmgeschwindigkeit 18 Zoll pro Sekunde (45,6 cm/s) ausgelegt, reduzierte Stancil den Durchmesser des von einem vierpoligen Synchronmotor angetriebenen Beryllium-Capstans bald auf „a little over an eighth inch in diameter to get 15 ips“, also 38,1 cm/s. Ungeachtet seiner minimalen Marktbedeutung war dies das erste serienmäßig in den USA gebaute, rein professionelle Tonbandgerät. Stancils 1946 gegründete Firma, Stancil-Hoffman Corp. (heute Stancil Corporation), konnte und wollte allerdings mit Ampex bei Studio-Tonbandgeräten nicht konkurrieren, nicht zuletzt auch deswegen, weil Stancil ein neues, anspruchsvolles Anwendungsgebiet erschließen half: „voice logging“, das Aufzeichnen von Sprechfunk-Kommunikation, wie etwa im Flugverkehr und im militärischen Bereich. Stancil begann mit Fünfzehn-Kanal-Aufzeichnung auf 17,78 mm breitem Band (7/10 Zoll), einer Bandbreite, die in diesem Bereich einen Standard setzte und daher auch von anderen Firmen – etwa der Assmann GmbH, Bad Homburg – übernommen wurde.²¹⁸²

Die Meriten, erstmals in den USA ein Magnetbandgerät im Rundfunkbetrieb eingesetzt zu haben, hat sich die regional bedeutende kalifornische McClatchy Broadcasting Company verdient:

Lewis C. Heinzman war Rundfunkingenieur bei der Rundfunkstation McClatchy Broadcasting Company in Sacramento (Kalifornien), bevor er als Oberleutnant mit dem 1261. US-Pionierbattalion nach Europa kam. Im August 1945 wurde er ... nach München zum Rundfunksender „Radio München“ beordert. In seiner dortigen Funktion als leitender Studio-Ingenieur („Supervising Studio Engineer“) stieß er auf Magnetophon-Geräte mit außergewöhnlicher Schallaufnahmequalität. Dank seiner Erfahrung mit anderen Aufnahmemedien erkannte er die Bedeutung dieser Entdeckung und sandte umgehend Bauzeichnungen, detaillierte Fotoaufnahmen sowie Magnetband an den Chefindgenieur der McClatchy Broadcasting Company, Norman („Hap“) Webster. Unter Verwendung des von Heinzman erhaltenen Materials baute Webster einen Magnetophon-Prototypen, der bereits 1946, noch vor dem ersten Ampex-Modell, von McClatchy in Betrieb genommen wurde.²¹⁸³

Das Magnetbandgerät der McClatchy Broadcasting Co. ist ein Einzelstück geblieben. Übrigens hat die Gesellschaft, Eigentum des Zeitungsverlegers James McClatchy, zwischen 1936 und etwa 1941 versuchsweise einen Telex-Dienst über Rundfunksender verbreitet,²¹⁸⁴ scheint also neuen Techniken gegenüber bemerkenswert aufgeschlossen gewesen zu sein.

Eine (H)Orr(or)-Story von Eisenhower, Hitler und einem „ungelöschten“ Magnetband

Nur beschränkte technisch-wirtschaftliche, dafür unabsehbare journalistische Spätfolgen hatte eine Episode, die, gegen Ende des Zweiten Weltkriegs beginnend, aus der Folklore der Magnetbandgeschichte nicht mehr auszurotten sein wird.²¹⁸⁵ Ihr Held und Protagonist, Major John Herbert Orr, gehörte zur „Psychological Warfare Division“, einer amerikanischen Nachrichtentruppe, die nach dem 10. September 1944 den „Sender Luxemburg“, seither wieder Radio Luxembourg, übernahm und dabei auf die bisher unbekannten Magnetophon-Geräte und Bänder stieß (Seite 287). Orr schreibt sich das Verdienst zu, den Oberbefehlshaber der Alliierten Expeditionstruppen, General Dwight D. Eisenhower, von der Nützlichkeit der Magnet-speichertechnik überzeugt zu haben. Auf Grund eines geradezu epochemachenden Vorfalls habe Eisenhower (später be- kannter Präsident der USA) Orr beauftragt, den Magnetophonband-Hersteller aufzusuchen.

Wie er zu diesem Auftrag kam, hat Orr zu einer endlos nacherzählten „story“ ausgebaut, die ein amerikanisches Lokal- blatt 1954 (!) unter der charmant megalomanen Kopfzeile „How Orr, Of Opelika, Changed U.S. Radio, TV, And Movies“ veröffentlichte.²¹⁸⁶ Damit bereicherte Orr die Technikgeschichte gleich um zwei Legenden: Hitler sei „at all hours of the day and night“ über den Rundfunk zu hören gewesen und Eisenhower habe sich – unfreiwillig – mit dem „Führer“ in eine Art Dialog verwickelt. Und zwar soll ein zufällig gefundenes Magnetband benutzt worden sein, um „a very important speech“ Eisenhowers an die deutsche Bevölkerung aufzuzeichnen. Während der Sendung sei Eisenhower zwei Minuten lang (!) von Hitlers Stimme unterbrochen worden, weil „for some reason the old <sic> German tape hadn't „erased“ as it should have.“

Eine peinliche, zudem unerklärliche Panne. Zur Erklärung muss etwas weiter ausgeholt werden. Sie beginnt mit dem Überfall Deutschlands auf Luxemburg zu Beginn des Zweiten Weltkriegs im September 1941 und der schlagartigen Besetzung des Senders Radio Luxembourg. In dessen Funkhaus tauchten daraufhin offenbar Teile aus dem Studiogeräte-Bestand des Reichssenders Köln auf, den die braunen Machthaber auf „höheres Betreiben“ geschlossen hatten.²¹⁸⁷ Zum „Erbe“ gehörten Magnetophone und notwendigerweise auch ein größerer Bestand an Magnetbändern, darunter wie selbstverständlich auch zeittypische Propaganda-Produktionen. Die (vermutlich drei) Magnetophon-Anlagen (R 122) wurden bald danach auf Hochfrequenz-Betrieb umgerüstet und in den folgenden Jahren konsequent eingesetzt.

Als die US-Armee den Sender in eigenen Betrieb nahm, nutzte sie nach und nach den reichhaltigen Magnetband-Bestand des Schallarchivs für eigene Sendungen. Da jetzt zwar jeder Magnetband-Nachschub ausblieb, die Magnetophone aber mit Neuaufnahmen gut zu tun hatten, wird nach und nach der Bestand um entbehrliche Aufnahmen ausgedünnt worden sein. Im Frühjahr 1945 dürfte dieser Abbau so weit fortgeschritten zu sein, dass man selbst vor „Führerreden“ den Respekt beziehungsweise die Abscheu verloren hatte und solche Bänder auch für Tagesaufgaben einsetzte. Darunter auch zumindest ein Magnetophonband Typ C, beschichtet mit dem längst veralteten Fe₃O₄-Magnetmaterial (Seite 126).

Freilich konnten die amerikanischen Techniker die Tücken dieses Bandtyps nicht ahnen,²¹⁸⁸ als sie eine Proklamation des US-Oberbefehlshabers Dwight D. Eisenhower an die deutsche Bevölkerung aufzeichneten und während der Aufnahme auch nichts Auffälliges bemerkten. Erst als das Band einige Zeit später gesendet wurde, hatte sich Hitlers Organ rematerialisiert und tönte zum allgemeinen Entsetzen durchaus vernehmlich über den Sender. Die Techniker, denen während der Sendung ein gehöriger Schreck durch die Glieder gefahren sein dürfte, werden Mühe gehabt haben, sich zu rechtfertigen.

Der Vorfall ist generell unzureichend belegt. Weder Anlass, Wortlaut (in welcher Sprache?) noch Umfang der Eisenhower-Botschaft, geschweige denn ihr Sendedatum, sind gesichert, wissenswert schon deshalb, weil in Deutschland vor dem 8. Mai 1945 auf das „Abhören von Feindsendern“ Repressalien bis zur Todesstrafe standen. Und wie es sich für eine „story“ dieses Kalibers nun einmal gehört, scheint das Band denn auch spurlos verschwunden zu sein. Wie dem auch sei: dass Eisenhower nach dem Zwischenfall verboten haben soll, benutzte Magnetbänder wiederzuverwenden, wäre nachvollziehbar.

Orrs Aktivitäten zwischen Anfang 1945 und dem 12. August 1945, als sein Wagen auf eine Mine fuhr und er lebensgefährlich verletzt wurde, sind wohl nicht mehr rekonstruierbar. Die amerikanischen Truppen eroberten Ludwigshafen am 20. März 1945 und standen acht Tage später im vorderen Odenwald. Orr könnte mit Eisenhowers Vollmacht dafür gesorgt haben, dass die Magnetophonbandfabrik Wald-Michelbach nach relativ kurzer Besetzung wieder arbeiten konnte (April 1945), wenig später muss er auf die Überbleibsel eines RRG-Labors gestoßen sein, dessen Mitarbeiter sich von Kosten im Wartheiland nach Speinshart bei Eschenbach, Oberpfalz (in der Umgebung von Bayreuth) durchgeschlagen hatten; das könnte Anfang Mai 1945 gewesen sein. Zeuge dieser Episode ist niemand anderes als Hans Joachim von Braunmühl, für den Orr alsbald eine neue Bleibe in Bad Homburg vor der Höhe (Taunus) ausfindig machen sollte, wenig später Sitz der Rundfunktechnischen Zentrale, RTZ (später Rundfunktechnisches Institut beziehungsweise Institut für Rundfunktechnik).²¹⁸⁹ Im Juni 1945 wurde von Braunmühl allerdings noch von drei britischen Fachleuten in Speinshart interviewt.²¹⁹⁰

In Orrs eigener Schilderung der Ereignisse mischen sich Fiktion und Realität:

The job of learning how to manufacture the first U.S. magnetic tape fell to Major Orr. He was in luck. He drove down to Ludwigshafen, the estate of Dr. Karl Pflaumer <sic>, the granddaddy of German recording tape, and found the distinguished old scientist at home. He told Pflaumer <sic> his predicament. There was a long pause. Then the old genius smiled. „Well, yes,“ he said in perfect English. „I think I can tell you how to make some tape pretty quickly. Since you are in a hurry for it, I’ll write it down for you.“

Dass Orr den damals 55-jährigen „old genius“ Karl Pflaumer (Leiter der Farbengruppe bei I.G. Farben Ludwigshafen und verantwortlich für, aber nicht unmittelbar beteiligt an der Magnetophonband-Fertigung) chevaleresk als „granddaddy of German recording tape“ bezeichnet, legt eine Verwechslung mit dem 64 Jahre alten Fritz Pfeleumer nahe, der diese Ehrung sicher zu würdigen gewusst hätte, doch leider nur noch bis zum 29. August 1945 leben sollte.²¹⁹¹ Offenbar aus persönlicher Sympathie habe Pflaumer dem Major Orr, als der nach dem Autounfall im August und monatelangem Krankenlager im Dezember 1945 in die USA zurückkehrte, einen kleinen Umschlag mit „all the Pflaumer formulae and findings on how to make top quality recording tape“ zugesteckt. Es dürfte sich dabei um den „Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern“ gehandelt haben (Seite 288) – einige Indizien sprechen tatsächlich für diese Wissens-Weitergabe²¹⁹² – zugleich dürfte das aber auch beweisen, dass Pflaumers Bericht vom Juli 1945 keineswegs im Auftrag Orrs geschrieben worden ist.

Soweit sich Beteiligte – Orr, von Braunmühl, Pflaumer und Robl (er schreibt in seiner Darstellung bezeichnenderweise „erscholl plötzlich nach den Worten Eisenhowers die bekannte schreiende Stimme Adolf Hitlers“²¹⁹³) – geäußert haben, zeichneten sie ihre Erinnerungen an diese Tage erst Jahre später auf. Leider haben sie sich dabei teils nicht präzise ausgedrückt, teils zu sehr auf ihr Erinnerungsvermögen gebaut. Auch ist eine US-amerikanische Dissertation über Orr nicht hilfreich, bleibt ihr unter anderem die doch nicht unwesentliche Zusammenarbeit mit von Braunmühl verborgen.²¹⁹⁴

Orr gründete jedenfalls bereits 1947 die mäßig erfolgreiche Firma Orrradio Industries, Inc., in Opelika, Alabama, die ihre Magnetbänder unter dem Markennamen IRISH verkaufte. Das war mutmaßlich keine Parodie des Markennamens „Scotch“ der Minnesota Mining and Manufacturing Co., sondern sollte das Andenken an eine irische Krankenschwester wachhalten, die Orr nach seinem Unfall betreut hatte (was sich in der hoffentlich letzten Version dieser herzerweichenden Episode so liest: „Orr spent several months in hospital in Germany and apparently the nurse who looked after him had been a former BASF employee. During the period of his recovery they would talk about tape and tape manufacturing.“²¹⁹⁵) Die ersten Orrradio-Bänder waren auf Papierunterlage gegossen – das jedenfalls hat er nicht von Pflaumer gelernt –,²¹⁹⁶ wie überhaupt der Betrieb technologisch keineswegs führend gewesen sein soll.²¹⁹⁷ 1959 / 1960 ging Orrradio als Ampex Magnetic Tape Division an die Ampex Corporation über und firmierte seit 1995 als Quantegy, Incorporated, die im Frühjahr 2005 Insolvenz anmelden und 2007 völlig aufgeben musste.

Magnetbandtechnik in den USA: Entwicklungen und Produktionsanläufe

Es ist nicht ohne Ironie, dass die ersten in die USA verfrachteten Magnetophon-Geräte keineswegs dem neuesten Stand entsprachen – also dem Rundfunk-HF-Standardgerät R 22a, geschweige denn dem Magnetophon K 7 von 1945 / 1946 –, sondern schon vielfach überholte Techniken der Tonschreiber- und K 2- und K 3-Generation repräsentierten. Anders als bei militärtechnischen deutschen Errungenschaften (beispielsweise dem Raketenbau), dachte keine amerikanische Behörde ernsthaft daran, Magnetophon-Fertigungseinrichtungen oder, nach dem Muster der „Operation Paperclip“, deutsche Spezialisten ins Land zu holen.²¹⁹⁸ Angesichts der Führungsrolle in der Magnetspeicher-Entwicklung, die US-Firmen während der 1950er Jahre spielten, hat sich das auch als nicht notwendig erwiesen – der Wissenstransfer mittels der CIOS- und FIAT-Berichte hat wohl das Seine beigetragen.

Nachdem seit dem zweiten Halbjahr 1945 in den USA die CIOS- und FIAT-Berichte zum Thema „*magnetic recording*“ bekannt wurden und zahlreiche Fachpublikationen erschienen,²¹⁹⁹ hätte man eigentlich annehmen sollen, dass sich die nationale Industrie mit großem Elan auf das neue Gebiet stürzen würde. Verblüffenderweise tat sich längere Zeit fast nichts, bis einige Privatleute – vor allem die schon genannten Ranger, Orr, Mullin, Heinzman und Stancil – aus eigener Initiative tätig wurden. Dann aber entfaltete sich der Magnetband-Markt in den USA innerhalb von drei Jahren mit beachtlicher Dynamik. Bestes Beispiel sind die Rundfunkanstalten: gab es dort – ausgenommen die McClatchy Broadcasting Company in Sacramento, CA – Anfang 1948 kein einziges Tonbandgerät, waren sie 1951 ohne „magnetic tape recorder“ schon nicht mehr vorstellbar.

Allerdings war zwischen 1944 und 1947 der Boden gut vorbereitet worden. Als konsequente Weiterentwicklung früherer, in großen Stückzahlen vom Militär genutzter Drahtton-Recorder (mit Hochfrequenzvormagnetisierung) und selbstentwickelten Stahlband-Recordern für das Sprachtraining stellte Semi J. Begun von Brush Development Corp.,²²⁰⁰ einer General-Electric-Tochterfirma, ²²⁰¹ am 22. Januar 1946 das Gerät Soundmirror BK-401 vor. Es arbeitete mit einem ¼ Zoll = 6,35 mm breiten Papierband, das mit der Bandgeschwindigkeit 7½ ips = 19,05 cm/s lief. Dieses Band hatte seit 1944 die Firma Minnesota Mining and Manufacturing Co. (3M) unter der Bezeichnung #100 entwickelt und dafür ein recht hochkoerzitives Fe₃O₄-Pigment („*black oxide*“, 320 Oe, etwa 25 kA/m ²²⁰²) eingesetzt. Das auf Endverbraucher zugeschnittene BK-401 konnte freilich keinen Anspruch auf professionelle Aufzeichnungsqualität erheben. Es ist allerdings, ungeachtet seiner Mängel, das erste Heimton- oder „Amateurgerät“ auf dem Weltmarkt.

Ende Juli, Anfang August 1947 – anderthalb Jahre nach der Soundmirror BK-401-Premiere – stellte auch Richard H. Ranger sein erstes in Newark, New Jersey, gebautes Magnetbandgerät vor. In aller Offenheit schrieb er darüber „*The Rangertone magnetic tape recorder is essentially an Americanized version of the German Magnetophone*“²²⁰³ und illustrierte seine Publikation mit einem Bild der Begießmaschine im fernen Ludwigshafen. Rangers Bandlieferant war ORRadio Industries, die Firma Herbert J. Orrs in Opelika, Alabama. Obwohl klanglich noch nicht ausgereift – der gute Name der Rangertone-Geräte geht auf spätere Entwicklungen zurück –, konnte Ranger bis Jahresende ein halbes Dutzend seines Erstlings verkaufen.²²⁰⁴

Magnetton-Pioniere der USA: John T. Mullin und Ampex Corporation

Als Offizier der US-Nachrichtentruppe hatte Major John Thomas Mullin, 1944 nach England kommandiert, vor der Alliierten Invasion an Radar- und ähnlichen Geräten gearbeitet. Gelegentlich konnte er Klassik-Musikprogramme der RRG empfangen, und so musste dem Musikfreund die Originalübertragungs-Qualität der nächtlichen Sendungen auffallen.²²⁰⁵ An seinem späteren Standort Paris leitete Mullin ein Ingenieursteam, das deutsches Beutegut auszuwerten hatte. Diese Gruppe stieß auf AEG-Gleichstrom-Magnetophone K 4 und Tonschreiber, dazu auf Magnetophon-Bänder vom Typ C und L, aber sie wusste noch nichts von den hochwertigen Tonbandgeräten, die der deutsche Rundfunk benutzte.

Im Juli 1945 besuchte Mullin, von der begeisterten Schilderung eines britischen Offiziers zunächst nur halb überzeugt,²²⁰⁶ ein Behelfsstudio von Radio Frankfurt im Bad Nauheimer Hotel Terrassenhof und fand dort die Hochfrequenz-Magnetophone im Einsatz.²²⁰⁷ Mullin war von der Aufzeichnungsqualität so beeindruckt, dass er alle erreichbaren Unterlagen, Schaltbilder und Datenblätter sammelte (damit sozusagen als private „*Field Information Agency, Technical*“ fungierte) und sofort nach Paris zurückkehrte, um höheren Dienststellen von den deutschen Geräten zu berichten. Strikt nach den Vorschriften der US-Armee erwarb er zwei K 4-Laufwerke, demonstrierte und versandte sie in 35 Paketen nach San Francisco, USA, Kalifornien. Erst vierzig Jahre später erfuhr Mullin von der anrüchigen Vergangenheit seiner Geräte: es handelte sich um Reichspost-Zwillingsapparaturen RPF K 4 spez., mit denen private und Diplomaten-Telefongespräche aufgezeichnet worden waren. (Eines der Mullin-Geräte trägt die Reichspost-Nummer RPF R2H 1/13/14; mittlerweile ist ein, allerdings unvollständiges, Gerät mit der Nummer RPF R2H 1/13/12 aufgetaucht – es muss also noch weitere, bisher unbekannte „Exporteure“ derartiger Maschinen gegeben haben.)

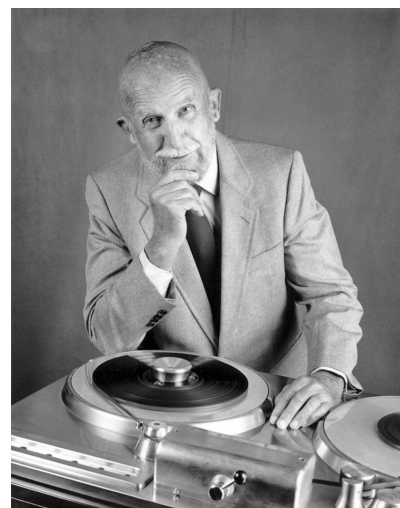
Nach Mullins Darstellung war übigens er es, der im Herbst 1945 Richard H. Ranger von den Fähigkeiten des Magnetophons überzeugt hat.²²⁰⁸ Ranger hat dann eine von der FIAT-Organisation gebotene Gelegenheit benutzt, in Deutschland das wesentliche beziehungsweise zugängliche Material zu sammeln und Interviews zu führen. Diese Informationen sind sowohl in seinen umfangreichen Bericht FIAT Final Report No. 923 als auch in seine eigene Entwicklung von Magnetbandgeräten eingeflossen.

Mullin verwendete für seinen Um- oder Fast-Neubau nur Laufwerke, Kopfträger und die Magnetophonbänder, die ja in den USA nicht zu bekommen waren; Verstärker und HF-Generatoren baute er mit rauscharmen amerikanischen Röhren nach seinen Entwürfen.²²⁰⁹ Die für 220 V / 50 Hz ausgelegten Asynchron-Motore tauschte er gegen Synchronmotore (117 V / 60 Hz, 1.800 Upm, mit Tonrollen von 8,13 mm anstelle 9,8 mm Durchmesser²²¹⁰), die Wickelmotore wurden wahrscheinlich neu gewickelt. Seine 50 Magnetbänder, überwiegend Magnetophonband Typ L, blieben die einzigen Studio-Magnetbänder in den USA, bis ab 1947 3M und andere Firmen kleine Mengen nach dem Vorbild des Fe₂O₃-Schichtbands Magnetophonband Typ LG fertigten.



Abbildung 298 (LINKS): Einer der Reichspost-„Zwilling-Apparate“ (Sonderbauart des Magnetophon K 4), die Jack Mullin in die USA verbracht und dort umgebaut hatte. Der Verstärker (hinter dem Laufwerkskoffer) ist eine Mullin-Eigenkonstruktion.

Abbildung 299 (RECHTS): Jack Mullin in seinen letzten Lebensjahren mit einem Ampex-Magnetbandgerät Model 200, zu dessen Entwicklung er maßgeblich beigetragen hatte.



Es hätte Mullin freigestanden, statt der deutschen 77 cm/s eine andere Bandgeschwindigkeit zu wählen, vielleicht 32 ips (Zoll pro Sekunde, 81,3 cm/s, im Zoll-System hätten sich dann für die kommenden Bandgeschwindigkeiten „glatte“ Werte bis herunter zu 1 ips = 2,54 cm/s ergeben). Statt dessen rundete Mullin nur die Bandgeschwindigkeit 77 cm/s (30,31 ips) auf handliche 30 ips = 76,2 cm/s ab. Was die Breite angeht, war er an seinen Bandvorrat gebunden, hier rundete er von 6,5 mm auf ¼ Zoll = 6,35 mm ab; damit hat er Eckpunkte für weite Bereiche der Magnetband-Anwendung gesetzt. – Seine bespielten Bänder hat Jack Mullin zeitweise den Ampex-Entwicklern ausgeliehen, und damit waren auch diese faktisch auf 30 ips und 6,35 mm festgelegt.

Mullin führte seine rekonstruierten Magnetophone unter dem Namen *Magnetrack System* am 16. Mai 1946 in den NBC Studios San Francisco (bei einer Veranstaltung des Institute of Radio Engineers, der heutigen IEEE) erstmals öffentlich vor. Im Publikum saßen auch Harold Lindsay, Walter Selsted, Frank Lennert und Charles Ginsburg, die sich über kurz oder lang als Mitarbeiter von Alexander M. Poniatoff wiederfinden sollten. Poniatoff aus dem benachbarten San Carlos suchte damals nach einem Produkt, das seine Firma Ampex Electric Corporation zukunftssicher machen sollte,²²¹¹ und war ehrgeizig genug, sich als Hersteller von Studio-Tonbandgeräten sehen zu wollen. Die Magnetophon-Vorführung im Mai 1946 wirkte also gewissermaßen als Urknall für die Verbreitung des Magnetophons in den USA. Eine zweite, ebenso erfolgreiche Demonstration im Dezember 1946 in den MGM-Studios Hollywood machte nicht zuletzt technische Experten der Bing Crosby Enterprises mit dem „neuen“ Verfahren bekannt.²²¹²

Harry Lillis „Bing“ Crosby (1903 – 1977) war seit seinen ersten Auftritten in den 1920er Jahren zu einem der populärsten und erfolgreichsten US-amerikanischen Sänger und Schauspieler aufgestiegen, der neben vielen anderen Aktivitäten auch quotenträchtige (Werbe-) Shows für Rundfunkprogramme bestritt. Solche Programme waren bis 1945 durchweg „live“ gesendet worden, eine Praxis, die Crosby eher als Erschwernis betrachtete. Die folgenden Auseinandersetzungen hatten dazu geführt, dass er in der Saison 1945 – 1946 überhaupt keine Radioshow annahm und schließlich zu dem gerade neu geschaffenen Sendernetzwerk ABC wechselte, das ihm die Aufzeichnung auf Schallplatten zugestand. Die notwendigen Überspielvorgänge führten jedoch zu einer so bedenklichen Tonqualität, dass Crosbys Quoten in der Saison 1946 / 47 merklich abfielen. Zeitweise mietete er einen Filmtouren-Aufnahmewagen von RCA, um seine Radiosendungen aufzeichnen und schneiden zu können, eine allerdings teure, umständliche und zeitaufwendige Zwischenlösung.²²¹³ Ein praktikableres Verfahren zeichnete sich für Crosbys Techniker bei der Dezember-Demonstration des Magnetophons ab, und so luden sie Mullin im Juni 1947 zu einer ausführlichen Begutachtung seiner Geräte ein.

Das Ergebnis war, dass Mullin im August 1947 Crosbys erste Show der Saison 1947 / 1948 auf Magnetophonband aufzeichnen konnte. Vor dem Sendetermin, dem 1. Oktober 1947, hatte Mullin genügend Zeit, die Darbietungen Crosbys und seiner populären Gäste Peggy Lee und Gary Cooper auf die vorgesehene Sendedauer zu kürzen.²²¹⁴ Zur großen Befriedigung Crosbys beeinflusste das die Aufzeichnungsqualität überhaupt nicht, erlaubte ihm also, bei den weiteren Aufzeichnungen seiner wöchentlich gesendeten Show dem Publikum gegenüber wesentlich lockerer aufzutreten, ebenso, weniger gelungene „Nummern“ oder sogar kurze Ausschnitte davon gegen Mitschnitte aus den Proben auszutauschen.²²¹⁵ Als eher zweifelhaftes Erbe aus dieser Zeit hat die „laugh

track“ überlebt, auf Magnetband konserviertes Publikumsgelächter, das fortan immer großzügig zugespielt wurde, wenn eine Pointe nicht richtig zündete oder das Auditorium generell die rechte Stimmung vermissen ließ. Die ABC-Techniker waren zunächst immerhin so vorsichtig, die fertige Produktion auf 16-Zoll-Schallplatten zu überspielen und davon auch zu senden – was Jack Mullin beruhigte, denn sein Klebeband war nicht besonders zuverlässig.²²¹⁶

Crosby sammelte also in kürzester Zeit Erfahrungen, die die RRG schon vor Jahren gemacht hatte und deswegen auf die Magnetophone nicht mehr verzichten wollte. Damit war aber auch klar, dass die beiden K 4-Umbauten Mullins auf Dauer für diese und kommende Aufgaben nicht ausreichen würden. Alexander M. Poniatoff bewies ein gutes Gespür, als er seine kleine Mannschaft schon im Dezember 1946 beauftragt hatte, eine Maschine zu bauen, die, wo möglich, besser sein sollte als das Magnetophon, aber alle seine guten Eigenschaften erben sollte.²²¹⁷

So war denn am 1. Oktober 1947 zum ersten Mal ein Vorserien-Gerät Model 200A im Radio Center, Hollywood, zu sehen²²¹⁸ – es konnte freilich nur Mullins bespielte Bänder wiedergeben, weil der Aufnahmepfad noch nicht funktionsfähig war. Doch hatte der Prototyp das Zeug, alle bisherigen Vorbehalte gegen „tape“ abzubauen, und das verschaffte dem wenig bekannten Unternehmen Ampex Electric Corporation aus San Carlos allgemeine Aufmerksamkeit. Dank der Assistenz von Mullin, einer ersten Bestellung und einer großzügigen Vorauszahlung von Bing Crosby schaffte es die kleine Firma: Am 25. April 1948 bekam Mullin die beiden ersten Seriengeräte des Ampex-Model 200 ausgehändigt, wenig später nahm die Rundfunkstation ABC zehn dieser Geräte in Betrieb.²²¹⁹ Mullin konnte sich beglückwünschen: er hatte nicht nur seinen Plan verwirklicht, die deutsche Magnetophon-Technologie in die Vereinigten Staaten zu verpflanzen, sondern auch dem vielleicht erfolgreichsten Magnetbandgeräte-Konstrukteur der USA den richtigen Startschub gegeben.



Abbildung 300: Jack Mullin, links, mit Bing Crosbys Technik-Chef Murdo McKenzie und den beiden Magnetophon-Geräten, mit denen einige der Radio-Shows Crosbys aufgezeichnet wurden, etwa 1947 / 1948.

3M lieferte für diese Maschinen zunächst das Band Typ 112 (aus unbekanntem Grund auch „RR“, red raven, genannt), kam aber noch 1948 mit dem höherkoerzitativen Typ 111 (später 111A) auf Celluloseacetat-Träger heraus, in den 1950er Jahren eines der am weitesten verbreiteten Magnetbänder.

Das originale Ampex Model 200A unterscheidet sich von seinen US-Nachkommen in zwei Punkten: das Band wird „Schicht außen“ (das heißt, auf dem Wickel zeigt die beschichtete Seite nach außen) benutzt, und es wird freitragend gewickelt – wie beim deutschen Vorbild. Sehr bald lieferte Ampex einen Umbausatz, mit dem aus Model 200 das Model 201 wurde: Betrieb mit Spulen, dazu jetzt Umstellung auf „Schichtlage innen“, weil das eine etwas gedrängtere Bauweise der Magnetbandgeräte erlaubte, der Kopfträger rückte in den „Zwickel“ zwischen den Spulen.²²²⁰

Vom Ampex Model 200 und 201 wurden zwischen 1947 und Juli 1949 nur 112 Stück gebaut, denn bereits im November 1948 begann die Entwicklung eines kleineren, leichteren und preisgünstigeren Geräts,²²²¹ das als Model 300 bekannt wurde und bereits mit der Bandgeschwindigkeit 15 ips (38,1 cm/s) arbeitete. „The 300 was an upgraded machine compared with the 200, featuring redesigned tape heads, new electronics, and a massive, improved two-speed tape transport mechanism. The 300 was the machine that really launched Ampex into the recording studio, cinema sound recording, broadcast, and telemetry/data recording markets.“²²²² Bis Ende der 1960er Jahre sollen 20.000 Exemplare dieses Typs und seiner Modifikationen verkauft worden sein, bald bei allen Rundfunkanstalten, Schallplatten- und anderen Tonstudios anzutreffen.²²²³ Bis zur Aufgabe dieses Geschäftsbereichs Audio-Magnetbandgeräte im Jahr 1983 war Ampex einer der führenden Hersteller von Tonbandgeräten – und Videorecordern – jeder Größenordnung, vom tragbaren, batteriebetriebenen Spulentonbandgerät bis zur Zwei-Zoll-24-Spur-Maschine. Wie zu erwarten, hatte Ampex noch Ende der 1940er Jahre bodenständige Konkurrenz bekommen: Fairchild Recording Equipment etwa betonte die Eigenständigkeit seiner „Unit 125“ – falls man das als Replik auf Rangers „Americanized version of the German Magnetophone“²²²⁴ von 1947 verstehen sollte – ziemlich nassforsch: „It is not just another copy of the German machine.“²²²⁵

1948: Magnetophon und Langspielplatte

Am 21. Juni 1948 hatte eine bedeutende Entwicklung Premiere: CBS stellte in New York die „long playing record“, also die Langspielplatte (LP) vor, die es statt der bisher üblichen viereinhalb Minuten der Schellack-Version auf 23 Minuten Spielzeit pro Seite brachte. Welchen Anteil daran Magnetbandaufnahmen hatten, vor allem, welcher Gerätetyp eingesetzt war, lässt sich dem ansonsten ausführlichen Bericht eines beteiligten

Entwicklers allerdings nicht eindeutig entnehmen.²²²⁶ Ein CBS-Ingenieur namens Adrian Murphy soll bei Radio Luxembourg auf ein deutsches HF-Magnetophon (also die Anlage R 122a) gestoßen sein und es umgehend zu CBS verfrachtet haben. Dann heißt es allerdings: „*Not long thereafter both EMI and Ampex came out with machines, and we immediately placed an order for both. By mid-1947, we were using them and had discontinued direct disc cutting. The Ampex proved to be the better machine, so we sent the EMI machines back. Of the originally issued LPs about 40% were from tape originals*“ (ohne Angaben zu den übrigen 60 %). Nun hat EMI im Februar 1948 ein erstes Muster des „British Tape Recorder“ BTR/1 vorgestellt,²²²⁷ Ampex Model 200 erschien Ende April 1948 – die Aussage „*By mid-1947, we were using them ...*“ bedeutet also: Die Entwicklung der Langspielplatte begann mit R 122a!

USA: Heimtonbandgeräte in den 1950er Jahren

Auch ohne Einzelnachweis ist festzustellen, dass die USA sowohl dank ihrer riesigen Musikindustrie (als Abnehmer und Nutzer von Magnetband-Geräten und –Bändern) wie auf Grund ihrer technologischen Vorherrschaft im Jahrzehnt nach 1948 die führende Rolle in der Magnetbandtechnik spielten. Dazu gehörte natürlich nicht nur der professionelle Sektor, sondern auch der Konsumentenbereich, der sehr rasch eine kaum überschaubare Anzahl von Produzenten hervorbrachte. Firmen wie Magnecord, Webcor, Revere und Fairchild verkauften 1953 zusammen eine Million Tonbandgeräte, meist für Endverbraucher. Magnecord schaffte es, bereits 1949 ein stereofähiges Gerät zu liefern (in Halbspurtechnik mit in Bandlaufrichtung versetzten Köpfen,²²²⁸ also technisch hinter den AEG / RRG-Stereo-Köpfen zurückstehend).

Einen Eindruck davon, wie rasant sich Tonbandgeräte in den USA ausbreiteten, gibt eine Aufstellung in der August-September-Ausgabe 1950 der Zeitschrift „audio record“ (herausgegeben von Audio Devices Inc., die sich einen Namen als Magnetbandhersteller machen sollten²²²⁹); vorgestellt werden 45 Tonbandgeräte von 23 Herstellern. Davon decken 30 Heimtongeräte die Preisklasse zwischen USD 100 und USD 500 ab (Median / Zentralwert: USD 210), zur „gehobenen“ bis semiprofessionellen Klasse gehören acht Geräte zwischen USD 500 und USD 1.000 (Median USD 703), schließlich zu den professionellen Tonbandmaschinen sieben Geräte zwischen USD 1.575 und USD 3.000. Diese Oberklasse arbeitet – wohlgemerkt bereits 1950 – durchweg mit der Bandgeschwindigkeit 15 ips, also 38,1 cm/s, der Übertragungsbereich wird mit 50 Hz ... 15.000 Hz angegeben.

Ähnlich agil wie die Gerätehersteller gaben sich auch die US-Magnetbandhersteller: auf 3M folgten schnell Produzenten wie Audio Devices, Reeves Soundcraft und Herbert J. Orrs kleine Fabrik in Opelika, Alabama. 1953 bot 3M mit dem Typ 111 AM das erste Magnetband auf Polyester-Trägerfolie an.²²³⁰

Mit dem Angebot in Europa, speziell Deutschland, ist das aus naheliegenden Gründen nicht zu vergleichen. Hier ließen die Großserien von Heimtonbandgeräten noch Jahre auf sich warten, und im professionellen Bereich – vor allem bei den Rundfunkanstalten – stand der Wechsel zur Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s und den dafür geeigneten Magnetbändern erst seit etwa 1952 zur Diskussion.

Magnetophon-Technik setzt sich in Europa durch

Europäische Tonbandgeräte für die Schallplatten- und Rundfunk-Produktion

Natürlich beherrschte die AEG nach 1948 weder in Europa noch weltweit den Markt der professionellen Magnetton-Geräte. In den USA hatte sich vor allem Ampex mit der Modell-Reihe 350 gut eingeführt; es liegen jedoch keine Zahlen vor, wie stark andere Hersteller, etwa Ranger, Fairchild, Presto und Magnecord, am Markt beteiligt waren. Leider sieht es in Europa ähnlich aus: auch hier trifft man nur auf knappe Angaben.

In **England** hatte EMI mit den Modellen BTR/1, Baujahr 1948, und BTR/2, 1952, an der 1950 bei der BBC begonnenen, recht zügigen Umstellung von Schallplatten auf Magnetband den größten Anteil. Tragbare beziehungsweise transportable „midget recorders“ von EMI und ein 45 kg-Gerät von Leevers-Rich bestritten die Außenaufnahmen. EMI brachte 1957 ein weiteres Gerät mit der Bezeichnung TR 90 heraus. Seit etwa 1960 frischte BBC ihren Gerätepark mit Magnetbandgeräten von Philips (EL3566) und Studer (C37, A62) auf, während der Außendienst auf Nagra aus dem Haus Kudelski sowie Uher Report (batteriebetriebene Kleingeräte) umgestellt wurde. – Auffallend ist, dass die BBC-Magnetbandgeräte gegen Ende der 1940er Jahre mit stark schwankender Netzfrequenz zu kämpfen hatten; bei einer „Bandbreite“ von 48 bis 52 Hz soll das im Extrem zu $\pm 2\frac{1}{2}$ Minuten Sendezeit-Änderungen – und entsprechenden „Tonhöhenschwankungen“ bei Musiksendungen – geführt haben. Sende- und Produktionsstudios wurden schließlich mit stabilisierter Spannung versorgt.²²³¹

In **Frankreich** baute die Firma Tolana Tonbandgeräte, die bei Radiodiffusion Française, Radio-Luxembourg, Radio Monte-Carlo, Radio Alger, Radio Maroc wie auch in privaten Studios und Instituten eingesetzt wurden. Lehnte sich das Modell ERM 109 (1945) zumindest äußerlich noch stark an das Magnetophon K 4 an (Kopfräger und Magnetköpfe sind optisch nahezu identisch), zeigte das Modell ERM 130 durchaus eigenständiges Design, wobei das tragbare Modell ER 800 M (40 kg, etwa 1953) ausgesprochen „modern“ wirkt. Bei BBC waren in den 1950er Jahren Studiogeräte – vermutlich der Typ ERM 130 – und transportable Recorder der Tolana im Einsatz. Im Programm war auch ein Modell ERM 100 mit nur 15 kg Gewicht, das möglicherweise für ähnliche Einsatzgebiete gedacht war wie die AEG-Magnetophone AW 1 und AW 2.²²³² 1959 baute Tolana, vermutlich als Unikat, ein Spezialtonbandgerät namens Phonogène Universel, das die Bandgeschwindigkeit in 24 Stufen zu ver-

ändern erlaubte; die Geschwindigkeiten wurden mit einer Art Klaviatur oder Schieberegler gewählt. Dieses Gerät wurde bei den als „Musique Concrète“ bezeichneten avantgardistischen Musikproduktionen eines Kreises um den Musiker-Ingenieur Pierre Schaeffer eingesetzt.²²³³ Tolana fertigte auch Magnetfilmläufer und Mehrspur-Geräte, Plattenlaufwerke und Folienschneidemaschinen;²²³⁴ später kam es vermutlich zur Kooperation mit der (oder Übernahme durch die) Firma Schlumberger.²²³⁵

In den **Niederlanden** engagierte sich Philips schnell und umfassend sowohl auf dem Endverbraucher-Markt für Tonbandgeräte als auch bei Studio-Maschinen (Seite 264); schon Anfang der 1950er Jahre stand ein „Magnetbandschreiber Type 100 39/02“ im Programm, dem durchaus eine gewisse Verwandtschaft mit den Magnetophonen K 4 oder K 8 anzusehen ist.²²³⁶ Während die Amateur-Tonbandgeräte, gebaut anfangs auch in Wien, nach Modellvielfalt und Umsatzerfolg am ehesten mit der Grundig-Produktion zu vergleichen sind, ist über den Studiobereich nur wenig bekannt geworden. Soweit zu ermitteln, hat sich Philips Anfang der 1970er Jahre aus diesem Sektor zurückgezogen und die entsprechenden Aktivitäten auf den Bereich Compact-Cassette und Videoaufzeichnung konzentriert.

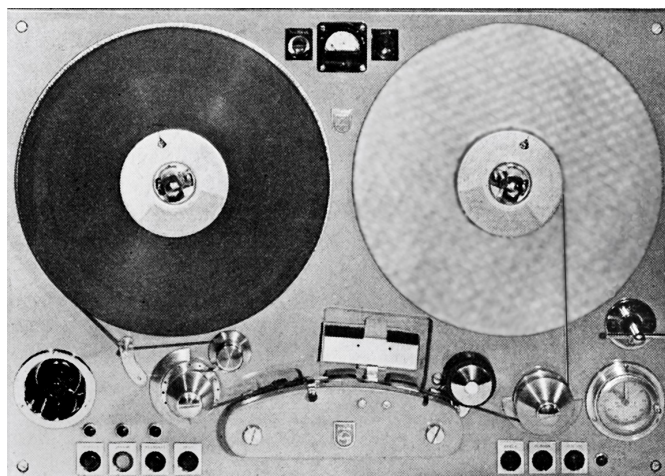


Abbildung 301 (LINKS): Ein Philips-Studiomagnetbandgerät vom Anfang der 1950er Jahre.²²³⁷

Abbildung 302 (RECHTS): Philips Pro' 36 Studio Tape Recorder, ein Studio-Tonbandgerät von 1971. Bandgeschwindigkeiten 38,1 cm/s, 19,05 cm/s und 9,5 cm/s. Das Antriebsprinzip ist originell: Als Tonmotor arbeitet ein Asynchron-Typ, dessen Drehzahl von einer Wirbelstrombremse herabgesetzt wird. Der Bremsstrom ist eine Funktion der Tonrollendrehzahl, die nun mit beachtlichen Werten konstant gehalten wird, das heißt, die Tonhöhen Schwankungen sind besonders niedrig (Herstellerangabe bei 38,1 cm/s: 0,04 %).²²³⁸

In der **Schweiz**, technisch aufgeschlossen, finanzstark und bekannt für ihre feinmechanischen Mittelstandsbetriebe, waren die Rundfunkstudios schon in den 1930er Jahren mit Stahlbandmaschinen ausgerüstet (S. 43), die bald nach 1945 von Magnetbandgeräten abgelöst wurden. Trotz der Nähe zu Deutschland kamen hier keine AEG-Maschinen zum Einsatz (dafür dürften auch zu geringe Fertigungskapazitäten maßgeblich gewesen sein), sondern zunächst die weniger für den Rundfunkbetrieb geeigneten Soundmirror-Geräte der Brush Development Corp. Erste Magnetbandgeräte mit professionellen Qualitäten baute die Motosacoche S.A. in Genf seit Anfang 1946;²²³⁹ die Firmengründer, Gebrüder Dufaux, hatten sich um 1905 einen Namen als erste Schweizer Flugpioniere und Konstrukteure von Motorrädern gemacht.²²⁴⁰ Die Genfer Magnetbandgeräte waren unter anderem auch bei BBC im Einsatz (*... particularly difficult to use since these took fifteen seconds for the tape to get up to speed ...*)²²⁴¹ sowie in französischen Studios.²²⁴²

Zwischen 1950 und 1990 konzentrierte sich in der Schweiz eine im Verhältnis zur Größe des Landes überraschend große und durchweg sehr leistungsfähige Magnetbandgeräte-Industrie. Produits Perfectone S.A. in Biel (erste Aktivitäten der Gebrüder Henri-Maurice und Jean-Jacques Bessire um 1950²²⁴³) und Sondor (Willy Hungerbühler AG, Zollikon bei Zürich, 1955²²⁴⁴) spezialisierten sich auf Magnetfilmgeräte, während Kudelski (Nagra) und Quellet (Stellavox) vorwiegend tragbare Tonbandgeräte bauten. Am bekanntesten dürfte auch außerhalb professioneller Kreise die Firma Willi Studer, Regensdorf bei Zürich, geworden sein (siehe hierzu auch den Abschnitt „Mehrspurtechnik – hohe Schule technischer Kompromisse“, Seite 459).

Eberhard Vollmers Magnettongeräte

Früher Werdegang und erste Geschäftstätigkeit ²²⁴⁵

Eberhard Vollmer (1920 ... 1999), einziges Kind einer württembergischen Handwerkerfamilie aus Eßlingen-Mettingen, musisch wie technisch veranlagt, verfiel schon als Jugendlicher der faszinierenden Technik, etwa der Reparatur von Rundfunkgeräten. Konsequenterweise wählte er als Studienfach Hochfrequenztechnik an der Hochschule für angewandte Technik in Köthen/Anhalt, an das sich ein Praktikum bei Siemens in Berlin anschloss. Dass er seinen Wehrdienst beim Heereswaffenamt – der technischen Zentrale für Beschaffung und Prüfung aller Waffensysteme der deutschen Wehrmacht – ableisten konnte, dürfte seine bisherige Ausbildung nachhaltig

abgerundet und seinen Weg als Unternehmer vorgezeichnet haben. Er wurde nämlich der Nachrichtenabteilung (Wa Prüf 7) des Heereswaffenamts unter dem gefürchteten Oberregierungsbaurat (ORBR) Diplom-Ingenieur Kerkhof zugeteilt.

Zu dessen Ressort gehörte auch, die Entwicklung aller bei AEG gefertigten Tonschreiber zu überwachen und deren Produktion freizugeben. Nach Erinnerungen von Hans Schießler, als Laborleiter Magnetton bei der AEG mehr Befehlsempfänger als Verhandlungspartner Kerkhofs, war Vollmer für die Abnahmeprüfungen von Mustergeräten der Tonschreiber-Reihe zuständig. Er konnte also gar nicht umhin, einen gründlichen Durchblick in die Technik dieser Geräte zu gewinnen, auch des Tonschreibers a, der K 4-Militärversion. Für die notwendigen Prüfungen musste er die schweren Tonschreiber nach Wandlitz transportieren,²²⁴⁶ denn nur in dieser damals noch weit abgelegenen Gegend ließ sich beispielsweise das Zusammenspiel des Ts b mit den hochempfindlichen Wehrmachts-Funkempfängern abstimmen, um alle Störungen, die vom komplexen Ts b-Antrieb ausgingen, so weit irgend möglich zu eliminieren.

Gegen Ende des Zweiten Weltkriegs wurde Vollmer zum Fliegerhorst Ulm-Dornstadt beordert, wohin 1942 das *Institut für Hochfrequenzforschung* verlegt worden war (Aufgabe der hochgeheimen Versuchsstelle: feindliche Funktechnik stören und eigene Funkmeßgeräte – also Radar – verbessern). Das wird als Beleg für Vollmers Qualifikation zu verstehen sein. Und so konnte er im Frühjahr 1945 gesund in seine nur etwa 80 km entfernte Heimatstadt Eßlingen zurückkehren. Die am 22. Juli 1946 offiziell gegründeten *Vollmer Werkstätten* begannen zeitbedingt holprig und improvisiert mit gefragten Notbehelfen, wie Bilderrahmen aus Blech und Lampenschirmen mit Stahlgestell und Glasfüllung. Zeitweise wurden auch Lautsprecher und spezielle, patentierte Lautsprechermembranen für externe Auftraggeber gefertigt.

Als Jugendlicher hatte Vollmer in der Jugendspielschar des Reichssenders Stuttgart Violine gespielt (woran ihn später eine Kriegsverletzung hinderte). Ein väterlicher Freund aus seiner Militärzeit und eine etwa gleichzeitige Zufalls-Bekanntschaft, später in der Messtechnik bei Radio Stuttgart beziehungsweise dem Süddeutschen Rundfunk (SDR) tätig, erwiesen sich als wertvolle Kontakte, die ihm in der Nachkriegszeit zugute kamen, ebenso wie Beziehungen zu Gießereien und Bauelemente-Lieferanten²²⁴⁷ und, nicht zuletzt, auch zur Rundfunktechnischen Zentrale (RTZ) in Bad Homburg v. d. Höhe. Zunächst reparierte Vollmer für Radio Stuttgart, Vorläufer des 1949 gegründeten SDR Stuttgart, einige Magnetophone R 22a. Seit 1947 baute er, im Einverständnis oder Auftrag der Besatzungsmächte, komplette Geräte, womit auch die RTZ einverstanden war²²⁴⁸ und AEG eine Lizenz geben musste.²²⁴⁹ Hans Schießler berichtete jedenfalls in späteren Jahren, amerikanische Stellen hätten, um die Nachfrage decken zu können, Vollmer regelrecht angewiesen, gewisse patentrechtliche Regeln zu übergehen (eine Parallele zum Aufbau der Magnetbandproduktion in Gendorf, Seite 232).²²⁵⁰ Motore lieferte zunächst die Firma Michel (später NCR) in Augsburg, zu der Heinz Lübeck Ende 1947 von der AEG gewechselt war, Magnetköpfe steuerte eine Werkstatt der RTZ in Bad Homburg vor der Höhe bei. Pläne vom Frühjahr 1948, bei Michel eine „*Magnetophonbandapparaturfabrikation*“ für die US-Besatzungszone aufzubauen, wurden nicht realisiert.²²⁵¹ Immerhin war schon eine Lizenz bei der AEG beantragt worden,²²⁵² und Heinz Lübeck hat zwischen Oktober 1948 und August 1954 zwanzig Patente im Bereich Magnetton und Motore angemeldet. Nach 1948 ist über dieses Projekt jedenfalls nichts mehr zu erfahren.

Es ist heute nicht mehr zu beurteilen, ob und was in diesen Nachkriegsjahren nach Maßstäben normaler Zeitläufte zugegangen ist. Immerhin hat Vollmer die in dieser Situation gebotene Chance nicht ohne Geschick genutzt. Ende 1949 sprach einer seiner Mitarbeiter gegenüber BASF davon, es würden monatlich bereits 80 Geräte gebaut, für die sich die französische Administration (also die Besatzungsbehörde) interessiere.²²⁵³ Nachzuprüfen ist das nicht; immerhin hat Vollmer 1950 bei AEG Lizenzgebühren für 52 nicht näher spezifizierte Geräte (Preise zwischen DM 706 und DM 2.800) abgerechnet.²²⁵⁴

Sowie sich bei der AEG die Produktionslage stabilisiert hatte und die AEG-Magnetophone T 8, bald auch T 9 ausgeliefert wurden, wollte man die als Provisorium verstandene *Vollmer-Lizenz* baldmöglichst wieder kassieren, nachdem Hans Schepelmann festgestellt hatte, „*daß die Firma Vollmer mehr Magnetongeräte auf den Markt offenbar bringt, als ihr zum Aufbrauchen der Vorräte und Einzelteile zugestanden worden ist.*“²²⁵⁵

Als Vollmer derartige Rügen offensichtlich ignorierte, ließ es die AEG auf einen Prozess ankommen,²²⁵⁶ den sie Mitte 1954 verlor. Vollmer publizierte den Urteilstenor ebenso selbstbewußt wie erkennbar erleichtert, hätte doch eine Niederlage die Zukunft seines Unternehmens ernsthaft gefährdet:

Seit Überwindung hemmender Herstellerrechte erfreuen sich die Studio-Magnettonmaschinen der Firma Eberhard Vollmer, Esslingen/ Württ., bei vielen Sendern des In- und Auslandes größter Beliebtheit. [...] Die verschiedentlich geäußerte Meinung, es handle sich bei den Vollmer-Studiomaschinen um Erzeugnisse mit befristeter Lizenzbauweise, sind nach dem heutigen Rechtsstand als irrig zurückzuweisen.²²⁵⁷

Leider ist eine erstrangige Quelle für die frühe Firmengeschichte, der Aktenbestand dieses Prozesses, nicht mehr auffindbar. Hier wäre wohl zu erfahren, was unter *hemmenden Herstellerrechten* (Patente? Lizenzen?) zu verstehen war und was es mit dem *Aufbrauchen der Vorräte und Einzelteile*²²⁵⁸ auf sich hatte, durchaus aufschlussreichen Details. Jedenfalls konnte Vollmer die Entscheidung gewissermaßen als Unabhängigkeitserklärung auffassen, waren damit doch sein bisheriges wie zukünftiges Geschäftsmodell gutgeheißen. Er nutzte diese neue, für ihn offensichtlich günstige Situation nach Kräften aus; so war 1954 in einer Anzeige zu lesen „*Vollmer Magnetongeräte – Seit Jahren beim SDR / BR / HR / RIAS Berlin / Radio Bremen / SWF / AFN und vielen anderen Stationen*“ (der damalige NWDR ist nicht genannt).²²⁵⁹

Das Vollmer-Produktionsprogramm

Für einen aufstrebenden mittelständischen Betrieb bemerkenswert breit gefächert ist das Produktionsprogramm, in dem nahezu durchweg mehrere Geräte-Linien gleichzeitig bearbeitet wurden. Die Produktion musste auch Geräte einschließen, die größere Stückzahlen als etwa die Studiogeräte nach Rundfunkanforderungen versprachen. Der besseren Übersichtlichkeit halber sind hier, um die Firmengeschichte verständlich darzustellen, die wichtigsten Geräte-Linien gruppenweise skizziert.

Diktiergeräte

Diktiergeräte für den Bürogebrauch waren ein lohnender Marktsektor, zu dem nicht nur aufwendige, „vernetzbare“ Typen wie Dailygraph und Textophon mit ihren typischen Kassetten gehörten, sondern auch relativ leichte, technisch gut ausgestattete *Magnetdraht*-Geräte, deren Tonträger auf Spulen gewickelt wurde. Vollmers Beitrag zu diesem Sektor war der **Klein-Reporter W 52** von 1948, der beachtliche zweieinhalb Stunden Aufnahmezeit auf 3.400 m Draht mit dem Durchmesser 90 µm bot. Er lief bei Aufnahme und Wiedergabe mit 38 cm/s, im Rücklauf mit 200 cm/s Geschwindigkeit – das heißt, mit der typischen, nur etwa fünffachen Rückspulgeschwindigkeit, so dass er knapp 29 min für die volle Länge benötigte. Bei der pedal-gesteuerten Wiedergabe lief der Draht beim Loslassen des Schalters ein einstellbares Stück zurück, um das Abschreiben zu erleichtern.²²⁶⁰ Der Übertragungsbereich reichte von 150 Hz ... 5 kHz, also ausreichend für Sprachaufzeichnungen. Den Nachfolgetyp, **W 52/B** mit der Drahtdicke 80 µm, fertigte seit 1952 eine andere Firma in Lizenz. – Ob es einen mehr als zufälligen, zeitlichen Zusammenhang mit den oben genannten einschlägigen Patenten Heinz Lübecks gibt, ist nicht mehr nachweisbar.

Ein Diktier- und Konferenzmodell namens **akusto** kam 1956 auf den Markt; dieses Stahldraht-Gerät gleicht äußerlich weitgehend dem Klein-Reporter W 52. Nach Prospektangaben gehörte dazu ein umfangreiches Zubehör-Programm, vor allem, um das Verschriftlichen der Diktat-Aufzeichnungen komfortabler zu machen, also ermüdungsfrei und zeitsparend. Dass die umfangreiche Betriebsanleitung auch in Englisch vorliegt, dürfte Exportgeschäfte belegen.

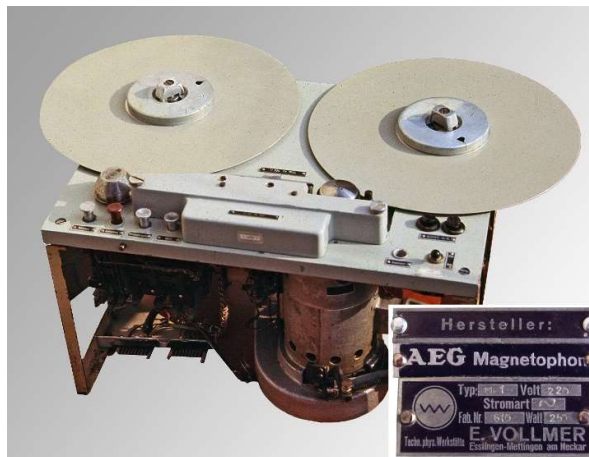


Abbildung 303: Ein Vollmer-Gerät M 1, Lizenznachbau des Magnetophons R 22a, etwa 1948, mit dem wesentlich verbreiterten Kopfträger R 44. Rechts unten eingeklinkt der bemerkenswerte „Hersteller-Nachweis“ auf drei einzeln angenieteten Blechschildern (zu finden (unter dem linken Wickelteller).



Abbildung 304: Das Vollmer-Modell 168, Baujahr 1958, folgt noch dem bewährten Muster. Hinzugekommen sind ein stufenloser (!) Rangierschieber auf der linken Anbaukonsole sowie eine Umlenkrolle mit Stroboskop-Kontrolle, Zählwerk und ein Fühlhebel zur Bandzugmessung auf der rechten Konsole. Der Kopfträger hat die für Vollmer-Studiogeräte seit Mitte der 1950er Jahre typische abgerundete Form bekommen.

Magnetbandgeräte nach Studio-Anforderungen

Aufgrund der zwischen der AEG und Vollmer vereinbarten Lizenzbedingungen scheint Vollmer auch größere Posten von Bauteilen und -gruppen der 1945 eingestellten HTS-Baureihe (also K 4 und R 22 / R 22a) übernommen zu haben, was die frappante Ähnlichkeit mit dem **M 1** von 1947/1948, Vollmers Erstling nach Studioanforderungen, erklären würde (siehe Abbildung 303). Diese Lizenznachbauten gingen nicht nur an Radio Stuttgart; auch das Nationaltheater Mannheim erhielt für seine damalige Behelfsunterkunft als erstes Schauspiel- und Opernhaus (vermutlich „weltweit“) ein Tonbandgerät M1.

1950 folgte das „professionelle Studio-Magnetongerät 007“, 1952 weiterentwickelt zum **007U-Electronic**, das als „erstes Gerät der Welt mit vollelektronischer Bandzug- und Geschwindigkeitsstabilisierung“ beworben wurde. Beide Geräte sehen annähernd so aus wie breitere Versionen der M 1. Der Kopfträger hat keine Band-Abhebevorrichtung für das Umspulen, sondern es gab eine Lenkrolle zwischen den Bandtellern, über die das Band herumzulegen war – keine besonders komfortable Lösung.²²⁶¹ Zudem fehlte noch der „Rangierhebel“ für Richtung und Geschwindigkeit beim Umspulen, den bereits das Magnetophon K 7 besaß. Überhaupt ist erstaunlich, wie lange Vollmer am „R 22a-Design“ festgehalten hat, auch wenn unterhalb der Montageplatte Neuerungen nach dem

jeweiligem Stand der Technik einfließen. Schließlich hatte die AEG 1951 das Magnetophon T 9 vorgestellt (Seite 334), das preislich zwar weit über Vollmer-Niveau lag, aber mit seiner ausgefeilten Bandsteuerung Maßstäbe setzte, die ihrerseits indirekt von der Einführung des UKW-Rundfunks erzwungen worden waren. Was beim T 9 mit aufwendiger Motorkonstruktion und komplexen Bandführungen erreicht wurde, bewerkstelligte Vollmer beim 007U-Electronic mit photoelektrischer Bandzugsteuerung.

Eine bemerkenswerte Innovation war der pol-umschaltbare Synchron-Tonmotor mit drei Umdrehungszahlen 1500, 750 und 375 U/min, so dass **007U** die drei Bandgeschwindigkeiten 76,2 cm/s, 38,1 cm/s und 19,05 cm/s beherrschte, und zwar ohne aufwendiges und diffizil zu wartendes Zwischengetriebe wie beim Magnetophon M 5 (Seite 402, Patent DE 1 061 887 vom 29.03.1957). Der Konstrukteur, Dipl.-Ing. Wolfgang Rank, hat später bei Loewe-Opta den ersten deutschen 2-Zoll-Videorecorder und 1972 bei AEG-Telefunken Konstanz das professionelle Kassetten-System M 19 entwickelt (siehe Seite 519 f.).

Das Nachfolgemodell von 1958, schlicht *Professionelles Studio-Magnetbandgerät 168* genannt (Abbildung 304), eine Weiterentwicklung des 007U-Electronic, bot als Neuerung insbesondere den „Rangierschieber“ zur Wahl der Bandtransport-Geschwindigkeit beim schnellen Spulen, dazu einen Bandlängenzähler, angetrieben von einer Umlenkrolle großen Durchmessers. Der seitlich davon liegende Fühlhebel gehört zu optoelektronisch-mechanischen Bandzugregelung.

Die augenfälligste Neuerung war jedoch der Kopfträger. Hatte sich Vollmer bisher an die Vorbilder R 7 beziehungsweise an das Nachkriegsmodell R 44 gehalten, präsentierte er jetzt den sozusagen „stromlinienförmig“ gerundeten **Typ 194**. Kurz darauf folgte der **Typ 206** mit einer weiteren Neuerung, nämlich einer Bandabhebe-Vorrichtung sowie einer Bandschere, die exakt vor dem Spalt des Wiedergabekopfs zugriff und dort das Band durchtrennte. Damit konnte Vollmer ein mit dem Telefunken-Magnetophon M 10 (ebenfalls 1958 erschienen) konkurrierendes Modell mit guten Absatzchancen anbieten.

Für die **Studio-Magnetbandapparat M 12** (1960/1961) sind zwar technische Eigenschaften und Besonderheiten aufgelistet, nur fehlt die Begründung für sein relativ kurzes Leben, es dürfte schon 1963 vom Studio-Magnetbandgerät 204 abgelöst worden sein. Jedenfalls löst sich das Design jetzt vom Vorbild R 22, insbesondere dank der geräte-breiten Montageplatte (es wird *„erstmal ein Alugerippe mit teilweise gelochter Kunststoffabdeckplatte als Träger verwendet, nach dessen Abnahme die einzelnen Baugruppen von oben zugänglich sind“*). Die – erstmals im Laufwerk eingebauten – Kassettenverstärker waren röhrenbestückt, so dass die Lochung wohl auch Überhitzungen verhindern sollte. Breite rechteckige, allerdings dicht an dicht nebeneinanderliegende Tasten lösten die Stößel zur Laufwerkssteuerung ab, der Rangierschieber wird ergonomisch vorteilhaft in Längsrichtung betätigt. Das Modell war mit zwei oder drei Bandgeschwindigkeiten lieferbar, könnte also die Bereiche von 19,05 cm/s bis 76,2 cm/s oder 9,5 cm/s bis 38,1 cm/s abgedeckt haben. Informationen über die Aufgaben der acht Kippschalter in zwei Gruppen an der rechten Seite der Vorderkante waren nicht mehr aufzufinden.

Transistor und Stereophonie waren die Antriebskräfte für neue Generationen von Magnetbandgeräten. 1963 stellte Vollmer das **Studio-Magnetbandgerät 204** vor, beibehalten wird seither die über die ganze Maschinenbreite durchgehende Montageplatte. Der Übergang von der Röhre zum Transistor brachte eine beträchtliche Raumersparnis für die Verstärker, die in Einschüben im Gerät selbst untergebracht wurden. Mono- und Stereoausführung hatten bei der ¼“-Ausführung gleiche Abmessungen. Die Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s war zu dieser Zeit so gut wie nicht mehr gefragt.



Abbildung 305: Studio-Magnetbandapparat M 12 © I. Vollmer



Abbildung 306: Studio-Magnetbandgerät 204 © I. Vollmer

1965 zeigte Vollmer auf der Funkausstellung Stuttgart als **Perfomaschine 222** einen Magnetfilmläufer für 17,5 mm breiten „Splitfilm“ (mittig „halbierte“ 35 mm-Magnetfilm) mit der Transportgeschwindigkeit 47,5 cm/s, also 25 Bilder pro Sekunde; für bildsynchrone Betrieb in der Spielfilmproduktion (24 B/s, 45,6 cm/s) war ein Generatorzusatz erforderlich. Es gab nur eine (1) Spur mit 5 mm Breite. Es ist also nicht ganz klar, für welche Aufgaben dieser Typ gedacht war, zumal die florierende Fernsehfilm-Produktion auf 16 mm-Magnetfilm durchweg mit 16 B/s (19,05 cm/s) arbeitete. Die Perfomaschine 222 war die Auftragsentwicklung einer italienischen

Film-Produktionsfirma (Mailand / Rom), die drei Exemplare geordert hatte. Zu weiteren Aufträgen ist es nicht gekommen, und so teilte dieser Magnetfilmläufer mit der Perfofilm-Variante des Magnetophon M 5/16 die weitgehende Erfolglosigkeit (siehe Abbildung 482).

Die Auseinandersetzungen früherer Jahre zwischen AEG und Vollmer waren vermutlich schon vergessen, als Rundfunkanstalten für ihre Übertragungswagen batteriebetriebene Magnetbandgeräte mit den Arbeitsmöglichkeiten und Abmessungen einer Studiomaschine suchten. Telefunken hatte allerdings kein Interesse daran, das Erfolgsmodell M 5B entsprechend umzukonstruieren und überließ daher die Aufträge der Firma Vollmer. Daraus entstand 1968 das **Studiogerät R 75** (benannt nach der Einordnung im Braunbuch). Beteiligt war bemerkenswerterweise ein prominenter Dritter: die gesteuerten Gleichstrom-Motore lieferte die Kudelski SA, Chesaux (Schweiz), und so kam es zur Verwandtschaft dieses M 5-Umbaus mit den Nagra-Typen (Seite 411). War das R 75 anfangs mit Kassettenverstärkern bestückt, erhielt die neue Ausführung **R 75a** von 1969 servicefreundliche Steckkarten. Beide Versionen arbeiten mit den Bandgeschwindigkeiten 19,05 cm/s und 38,1 cm/s und wurden wahlweise in Mono- oder Stereo-Ausführung angeboten.

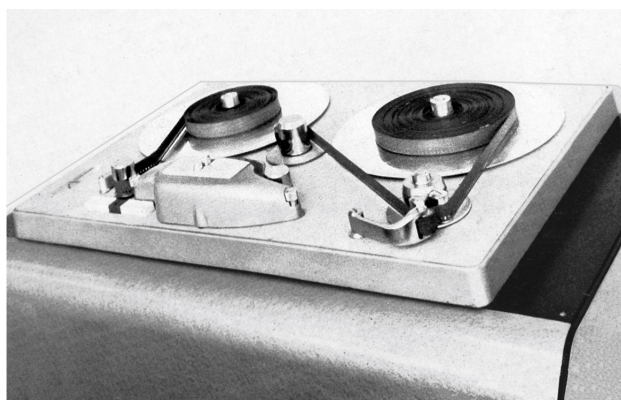


Abbildung 307: Perfomaschine (Magnetfilmlaufwerk) 222 für 17,5 mm breiten Magnetfilm („Splitfilm“).
© I. Vollmer



Abbildung 308: Mehrspuranlage 223, hier in der Achtspur-Ausführung. Die Drehknöpfe regeln u.a. die Einspiel-Lautstärke für das „Mithören“ im Aufnahmerraum (Kopfhörer!).
© I. Vollmer



Abbildung 309: Vierspur-Maschine 216. Typisch für dieses Gerät des ausgehenden Röhrenzeitalters sind die kassettierten Verstärker-Einschübe (im Fußteil der Truhe), ebenfalls aus dem Haus Vollmer

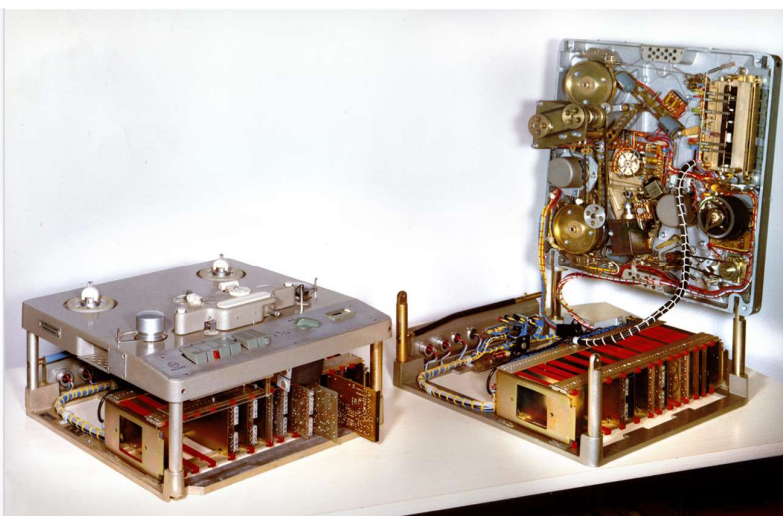


Abbildung 310: Studiogerät R 75a für Batteriebetrieb (24 V, 35 W Leistungsaufnahme), ein Umbau des Magnetophon 5b mit Steckkartenverstärkern insbesondere für Übertragungswagen

Mehrspurgeräte nach Studioanforderungen

Als in den späten 1950er Jahren die ersten Mehrspur-Magnetbandgeräte in der Musikproduktion auftauchen, reagierte Vollmer auf diesen Trend mit seiner ersten **Vierspur-Maschine 216** für 500 m langes 25,4 mm-Band mit den Bandgeschwindigkeiten 19,05 cm/s und 38,1 cm/s.²²⁶² Dieser Typ war dank seiner Verstärker in Kassettenbauweise um einiges kompakter als die Vier- beziehungsweise Achtspur-T 9u von AEG/Telefunken,

die immer noch mit der voluminösen Bauweise der V 66 / V 67 auskommen musste. Der Typ 216 arbeitete in zahlreichen privaten Tonstudios (unter anderem im Tonstudio Rolf Bauer in Ludwigsburg) ebenso wie auf dem Forschungsschiff *Meteor* (siehe unten). Über die Zahl der gebauten Einheiten ist wenig bekannt; Werbe-Anzeigen wurden mindestens noch bis 1966 geschaltet.²²⁶³

Zur Hannover-Messe 1968 erschien als Weiterentwicklung die **Mehrspuranlage 223**, Bandbreite 25,4 mm, außer der Vierspur-Ausführung jetzt auch mit sechs beziehungsweise acht Spuren (Abbildung 308). Das Gerät war, trotz der im Gerätekoffer eingebauten Steller und Wahlschalter für die einzelnen Spuren, nochmals merklich kompakter als der Vorgänger. Dass auf dem 1-Zoll-Band jetzt acht Spuren untergebracht werden konnten, war vor allem der Magnetkopf-Weiterentwicklung zu verdanken.

Über die Bandbreite 25,4 mm (1 Zoll) und acht Kanäle ist Vollmer nicht hinausgegangen, ebenso wenig scheint es offiziell zum Einsatz des Rauschminderungssystems Dolby A gekommen zu sein.

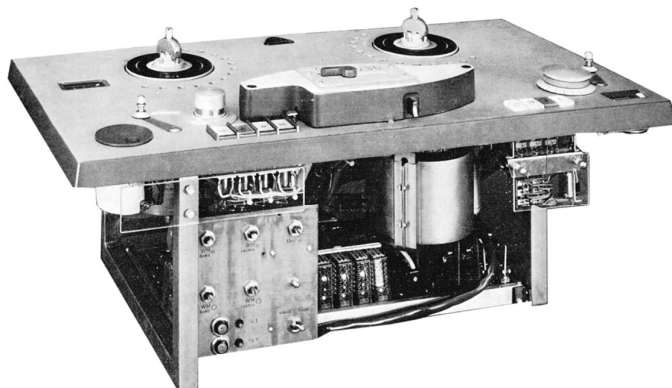


Abbildung 311: Studio-Apparatur 236

© I. Vollmer



Abbildung 312: Vollmerino 2002

© I. Vollmer

Nachdem die Mehrspuranlage 223 mit zwei Jahren nur eine kurze Produktionszeit erreicht hatte, modernisierte und rationalisierte Vollmer die 1970 folgende **Studio-Apparatur 236** (Abbildung 311) durchgreifend, vor allem wurde dieser Typ mit Modifikationen für die Bandbreiten 6,3 mm, 12,7 mm und 25,4 mm geliefert. Eine der Neuheiten war die Steuerung, die ohne mechanische Kontakte (immer eine potentielle Fehlerquelle) auskam. Unterlagen über Spur-Konfigurationen sind nicht mehr aufzufinden. 1976 hat es – ähnlich wie bei Telefunken mit dem Magnetophon M 15A – noch einmal eine Anpassung an den aktuellen Stand der Technik gegeben. Mit dem Modell 236B beendete Vollmer die Produktion dieser Geräteklasse.

Um unabhängiger von der Belegung der Tonträgere Räume zu werden, verlangten Redakteure in öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten für ihre Arbeit schon um 1958 passende Tonbandgeräte zur persönlichen Verfügung. Das war einer der Anstöße für die Vollmer-Entwicklung M 10 (siehe unten). Mit dem Aufkommen privater Rundfunkstationen, die mit begrenztem Personalaufwand aktuelles Programm mit Lokalbezug machen wollten, erweiterten sich die Anforderungen, denn jetzt waren kleine und preisgünstige Tonbandmaschinen gefragt, mit denen Redaktionen zwar professionell, aber ohne größeren technischen Aufwand auch schneiden und montieren konnten. Vollmer entwickelte für diese Anwendungen das **Vollmerino 2002**, ein reines Koffer-Wiedergabe-Gerät (Bandgeschwindigkeiten 19,05 cm/s und 38,1 cm/s, Abbildung 312) mit schwenkbarem Kopfträger, so dass Bänder mit Schichtlage „innen“ wie „außen“ bearbeitet werden konnten. 1980 übernahm die Firma abe (Apparatebau und Elektronik Becker, Konstanz) die Fertigung als **ABE 2003** beziehungsweise **ABE WG 30**. 1990 erschien als **ABE AG 31** eine Version als Aufnahme-Maschine, die bis zur Mitte der 1990er Jahre hergestellt wurde. – AEG Telefunken hatte das ähnlich konzipierte Magnetophon M 21R bereits 1989 mit der Einstellung des Bereichs „Magnetophon“ aufgegeben.

Mitteklasse-Magnetbandgeräte

Unter „semiprofessionell“ rubrizieren Magnetbandgeräte, die weniger für den täglichen, stundenlangen Einsatz gedacht, trotzdem robust, möglichst bedienungsfreundlich und in der Anschaffung günstig sind, gelegentlich also auch einmotorige Ausführungen. Sie liefern, was die Aufnahmequalität angeht, durchaus professionelle Ergebnisse, sind samt Verstärkern meist in Koffern oder Gehäusen eingebaut und damit transportabel. Bekanntester Vertreter dieses Bautyps dürfte hierzulande das AEG / Telefunken-Magnetophon M 5 beziehungsweise sein (vereinfachter und modernisierter) Nachfolger Magnetophon M 5B gewesen sein.

Vollmer hat für diesen Marktbereich zwei Modellreihen gebaut: das *semiprofessionelle* **Magnetongerät MTG 9**, dessen Basistyp 1953 erschien (Abbildung 313). Offen sprach Vollmer in seinen meist sehr selbstsicher formulierten Anzeigen auch den finanziellen Aspekt an: ²²⁶⁴ „Wo das Vollmer Rundfunk-Studio-Modell zu kostspielig ist ...“, sprang 1954 die „Mittelklassemaschine“ **Typ MTG 9-54** ein (mit mechanischen Bremsen und Kupplungen, eine Variante **MTG 9-57**, Baujahr 1957, hatte gleichstromgebremste Wickelmotore). Unterschiedlichen Anforderungen entsprechend, bot die *Erste deutsche Spezialfabrik für Magnetbandgeräte – Plochingen a. Neckar* mehrere

Ausstattungsvarianten an, von der einmotorigen Nur-Wiedergabemaschine bis zur dreimotorigen Ausführung (1957), seit 1954 teils auch in Kombination mit einem Leistungsverstärker.

Fehlte den MTG 9-Geräten noch das typische Vollmer-Aussehen, verriet schon der Kopfträger der im Januar 1958 vorgestellten **M 10**-Serie die Herkunft dieses eher professionellen als semiprofessionellen Koffergeräte-Typs, wenn auch hier noch Baugruppen mit R 22a-Anmutung nicht fehlten (Abbildung 314). Ab 1959 löste ein Tastensatz für die Laufwerksbedienung die Drehschalter der MTG 9 ab. Eine weitere, auch im Rundfunkbetrieb hochwillkommene Neuheit war der „klappenlose“ Kopfträger Typ 194, das heißt, die Schwenkvorrichtung für die Abschirmplatte vor dem Wiedergabekopf entfiel, die bei jedem Band-Einlegen angehoben und wieder vorgefahren werden musste, also gerade beim Schneiden und Montieren durchaus Zeitgewinn und Komfortzuwachs brachte – damit hatte Eduard Untermanns letzte Erfindung (Seite 247) ausgedient. Vollmer hat das M 10 noch Anfang 1967 beworben, als transistorisierte Verstärker in Kassettenbauweise und Ausführungen mit Mikrofonverstärker und Aussteuerungsmesser den Anwendungsbereich abrundeten.

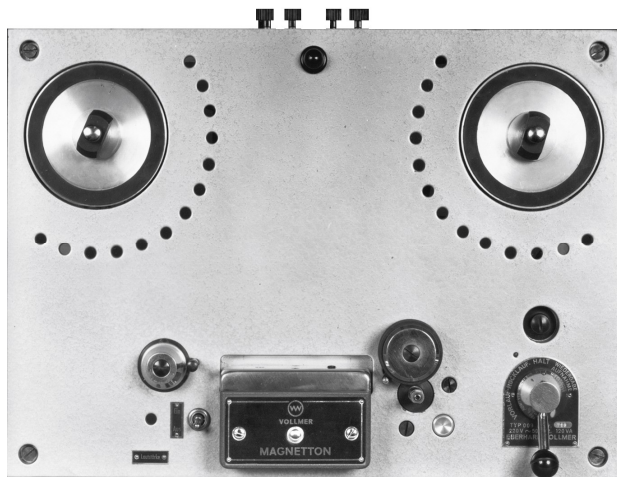


Abbildung 313: Magnetongerät MTG 9

© I. Vollmer



Abbildung 314: Magnetongerät M 10

© I. Vollmer

Mit der Modellbezeichnung „M 10“ kam Vollmer dem Telefunken-Studiogerät Magnetophon M 10, vorgestellt auf der traditionell im Frühjahr stattfindenden Hannover-Messe 1958, um einige Wochen zuvor. Es gibt Anzeichen, dass die Namensgleichheit ebenso wie der Werbeslogan *Vollmer Vielen Voraus* – abgekürzt als Firmenzeichen: VVV – nicht überall mit Applaus aufgenommen wurde. Man nahm das in Plochingen mit einiger Gelassenheit hin, da sich schon seinerzeit abzeichnete, dass ein anderer Sektor der Magnetontechnik beachtliche Chancen bot, nämlich die Kopiertechnik, die in den nächsten Jahren einer ganzen Reihe von kaum publikumsbekannten Herstellern ein lukratives Geschäftsfeld eröffnete.

Heimtonbandgeräte

Mit dem typischen Markt für Haushalts-Magnetbandgeräte hat sich Vollmer eher schwer getan, gegen marktbeherrschende Hersteller wie AEG / Telefunken, Grundig oder Philips konnte sich seine relativ kleine Firma nicht durchsetzen. Dabei hatte er schon im September 1949 mit **HTG 3** (Heimtongerät) ein Tonbandgerät vorgestellt, mit dem er dem AEG-Magnetophon AW 1 um Wochen zuvorkam. HTG 3 sah zwar oberhalb der Montageplatte wie eine abgemagerte K 4 aus, wurde aber nur von einem Motor angetrieben, was die ungewöhnliche Bandführung auf der rechten Seite erklärt (einzige Bandgeschwindigkeit 77 cm/s).

Anfang 1950 konnte Vollmer die Modelle **HTG 6** (wahlweise 38,1 cm/s oder 77 cm/s) und HTG 9 anbieten, dieses von 38,1 cm/s auf 77 cm/s umschaltbar (wieso die höhere Bandgeschwindigkeit nicht mit 76,2 cm/s angegeben ist, war nicht zu klären; Abbildung 315). HTG 9 wies als Besonderheiten automatisches Bandabheben beim Rückspulen (!) und eine Aussteuerungs-Kontrolle auf. Die HTG-Modelle standen in direktem Wettbewerb mit dem Magnetophon AW 38 der AEG.

Dass ein vergleichsweise einfaches, dafür solide konstruiertes Gerät durchaus auch für den Dauereinsatz geeignet sein kann, bewies Vollmer mit dem **Maxiphon**, einem „preisgünstigen Laufwerkschassis [Typ 120] hoher Präzision“ (Abbildung 316). Es erschien 1954 und wurde, ungewöhnlich genug, bis 1965 gefertigt und fand sich in beachtlichen Stückzahlen in Magnetband-Kopieranlagen als Tochtermaschine ebenso wie in Sonderbau-Anlagen. Um 1962 wird es „für technische Meßzwecke“ mit „kontinuierlich veränderliche[r] Bandgeschwindigkeit von 1,5 bis 38 cm/sec“ empfohlen.²²⁶⁵ Insgesamt 150 Maxiphone gingen 1957 / 1958 an den staatlichen Rundfunksender All India Radio, sie arbeiteten auch in Äthiopien, Ceylon, Siam und Brasilien, repräsentierten also einen beachtlichen Exporterfolg.

Diese Leistung konnte das dreimotorige Dreikopfgerät **Magnetbandgerät 200 für HiFi-Anlagen** von 1965 nur bedingt wiederholen (Abbildung 317). Als Besonderheit besaß es einen stufenlosen Umspulregler, allerdings keine Abhebevorrichtung für das Magnetband. Mit seinen maximal 18 cm-Spulen trat es in einer Klasse an, in

der 22-cm-Geräte wie Braun TG 60 und TG 1000, AEG M 24 und Saba SH 600 dominierten – die ihrerseits ab 1967 von der epochemachenden Revox A77 aus dem Haus Studer-Revox mit ihrem beispielhaft übersichtlichen Aufbau geradezu überrollt wurden. Nicht zuletzt war das schweizerische Produkt für 27 cm-Spulen (10 ½ Zoll) und damit für merklich längere Spielzeiten ausgelegt (Seite 384). ²²⁶⁶



Abbildung 315: Heimgongerät HTG 9

© I. Vollmer



Abbildung 316: Maxiphon, ein „preisgünstiges Laufwerks-Chassis“



Abbildung 317: Magnetbandgerät 200 für HiFi-Anlagen

© I. Vollmer



Abbildung 318: Kassetten-Kopieranlage 237 / 233

Kopieranlagen für Magnetbänder

Tonband-Kopien in hoher Auflage fertigten als Erste vermutlich Blindenhörbüchereien, es folgten Sprachlabors und Musikverlage. Vollmer hat schon seit 1953 Geräte aus seinem Fertigungsprogramm zu entsprechenden Anlagen kombiniert, und zwar mit einem MTG 9 als Abspielmaschine für die Originalaufnahme (beziehungsweise deren bearbeitete Fassung) und Spezialversionen des Maxiphon. Anfangs wurde „1:1“ kopiert, das heißt, alle Maschinen liefen mit ihrer Nominal-Bandgeschwindigkeit. Seit 1959 erledigte die **Schnellkopieranlage Modell 229** dies auch zeitsparend und kostengünstig mit acht- und sechzehnfacher Geschwindigkeit.

Kopieranlagen galten bei Vollmer seit Anfang der 1970er Jahre bis zur Geschäftsaufgabe im Jahr 1979 als „Hauptsäule im Fertigungssortiment“, sie avancierten also zum Schwerpunkt von Entwicklung und Produktion. Analog zur Erfolgsgeschichte der Compact-Cassette wurden 1970 zwei Kopieranlagen angeboten, von denen die kleinere unmittelbar in der Kassette kopierte. Der größere **Typ 237 / 233** erreichte maximal 32-fache Kopiergeschwindigkeit, wobei das Band auf einer „closed-loop“-Anordnung *außerhalb* des Kassettengehäuses kopiert wurde (Abbildung 318).

Solche Anlagen erforderten noch relativ viel Handarbeit. Als immer größere Compact-Cassetten-Auflagen gefragt waren, ging auch Vollmer mit **Typ 238-237** zu Endlosgebern (closed loop, geschlossene Bandschleife) und 3,81-mm-Tochtermaschinen zum Bespielen von Rohwickeln über. Vollmer baute auch die notwendigen Einspul-Tische beziehungsweise -Geräte. Gute Exporterfolge gab es vor allem in die baltischen Staaten sowie Italien, wo bemerkenswerterweise auch die 8-track-cartridge sehr populär war.

Sonderanfertigungen

Vollmers relativ kleiner Betrieb hatte den marktbeherrschenden Firmen eines voraus: hohe Flexibilität im Entwickeln wie in der Produktion. So war er auch im Bereich *instrumentation recording* erfolgreich, den Hersteller aus den USA und Großbritannien weitgehend beherrschten. Natürlich war der Kundenkreis überschaubar,

daher ging es häufig nicht um Varianten von Seriengeräten, sondern um individuelle Problemlösungen. So wurde schon 1949 das HTG-Modell für Frequenztransformationen im Bereich der Tierstimmenforschung eingesetzt, gefolgt 1953 von einer Sonderanfertigung des MTG 9.

Als besonders einsatzflexibel erwies sich das „Laufwerk Typ 120“ nicht nur als Hauptkomponente des Maxi-phon, sondern auch zur Messwertspeicherung (siehe oben). Neben dem Elektrotechnik-Konzern BBC gehörte dazu – sicher zur stillen Freude Vollmers – auch die AEG-Zentralverwaltung in Frankfurt (die AEG baute in Konstanz neben den Magnetophonen auch Bandlaufwerke für die digitale Datenverarbeitung). Für Schwingungsmessungen an Fahrzeugen ausgelegt war die etwa 1963 entwickelte **Mehrspurapparatur S 866**. Bei einer Bandbreite von 12,7 mm (bis 1.000 m Bandlänge) deckte sie Bandgeschwindigkeiten vom Millimeterbereich bis etwa 300 cm/s ab. Außer dem gewöhnlichen Magnetband konnten auch längere Bandschleifen benutzt werden, die über eine im hinteren Gerätebereich angeordnete Umlenkrollen-Anordnung liefen. Derartige Forderungen waren nur mittels „closed loop“-Bandführung zu beherrschen, die sich erheblich vom üblichen Capstan-Prinzip unterscheidet (Abbildung 319). Eines dieser Geräte registrierte geophysikalische Messwerte beim Landes-Erdbeben-dienst in Stuttgart.



Abbildung 319: Mehrspurapparatur S 866

© I. Vollmer



Abbildung 320: Vierspur-Apparatur S 1057



Abbildung 321: Vierspur-Apparatur S 1057, Aufnahme mit Frequenzmodulation. Das Gerät war eine Sonderanfertigung für das Forschungsschiff METEOR.
© I. Vollmer

Als 1964 das deutsche Forschungsschiff für Meereskunde METEOR in Dienst gestellt wurde, arbeitete dort die **Vierspur-Apparatur S 1057** (Magnetband 25,4 mm) aus dem Haus Vollmer (Abbildung 320 und Abbildung 321). Dieser Gerätetyp war eigens für die Aufnahme in Frequenzmodulation (FM) entwickelt worden, die besonders konstante Bandgeschwindigkeit voraussetzt. Die zugehörigen Komponenten für Steuerung und Messungs-Auswertung lieferte Vollmer aus einem Bausteinsystem, das kostengünstig individuelle Konfigurationen erlaubte. Wie schon in ihren Anfangszeiten, findet die Magnetbandtechnik noch einmal anspruchsvollen Einsatz im Medizinbereich, etwa bei dem seinerzeit bekannten Unternehmen Hellige in Freiburg, das unter anderem EKG-Meß- und Speichergeräte entwickelt hatte, ebenso im Bereich Medizinische Röntgentechnik bei C.H.F. Müller, Hamburg und im Deutschen Krebsforschungszentrum Heidelberg.²²⁶⁷

1968 kam die FM-Aufzeichnung bei Vollmer mit dem **Datenspeicher S 1543** (und einer auf zwei Traglasten aufgeteilten Variante S 1542) zum Höhepunkt und Abschluss. Den Bandantrieb besorgte der hauseigene dreifach umschaltbare Synchron-Motor, der auch weit auseinanderliegende Bandgeschwindigkeiten beherrschte. Auch zu dieser Zeit waren noch letzte Design-Anklänge an Untermanns R 22-Vorbild erkennbar, mochte sich auch die Elektronik in den drei dazwischenliegenden Jahrzehnten geradezu revolutionär weiterentwickelt haben.

Mit Video-Aufzeichnungstechnik – weder im Konsumenten- noch im professionellen Bereich – hat sich Vollmer nie befasst, wie übrigens auch Willi Studer nicht; ebenso hat er rechtzeitig erkannt, dass er, alles in allem, beim Übergang zur Digitaltechnik mit den Großen der Magnetband-Branche, die diesem Umbruch bald selbst zum Opfer fallen sollten, nicht würde mithalten können. Ähnliche Überlegungen hielten ihn auch zurück, sich um den Großauftrag für die Geräte-Ausstattung des neuen Funkhauses des damaligen SDR (Fertigstellung 1976) zu bewerben; hier kam Studer mit der A81, „ARD-Variante“ des Modells A80, zum Zug (Abbildung 550).

Fazit

So viele Vollmer-Maschinen sich laut Werbung bei Theatern, Schallplattenfabriken, Kopieranstalten, elektronischen Musikstudios und Rundfunksendern auch fanden – beispielsweise war der Süddeutsche Rundfunk Stuttgart (Hörfunk, 1965 / 1970) überwiegend mit „regionalen“ Produkten ausgerüstet –, so abwägend stand ihnen manch kompetenter Fachmann gegenüber, etwa Hans Schießer: „Vollmer hatte allerdings etwas von einem Bastler: seine Geräte waren nicht schlecht, aber eines sah anders aus als das nächste. Er konnte Nachschub oder Ersatzteile nicht sicher liefern, er war eben zu klein für diese Dinge.“²²⁶⁸ Will heißen: hinter Vollmer stand kein finanzkräftiger Konzern, keine stark besetzte Entwicklungsabteilung mit großzügigem Etat, geschweige denn ein Großfirmen-Marketing. Schließlich kam auch bei den „Großen“, wie die Aufbesserungen beispielsweise des AEG / Telefunken-Magnetophons M 10 zur M 10A ebenso wie die Höherstufung von M 15 zu M 15A zeigen, der Fortschritt nicht nur aus dem eigenen Haus oder folgte der allgemeinen technischen Entwicklung, sondern auch als Reaktion auf ernstzunehmende Schadensmeldungen, Reklamationen, Forderungen und Anregungen von Seiten der Anwender. Richtig betrachtet, heißt das alles in allem: Vollmers Betriebsgeschichte ist insgesamt als solide mittelständische Unternehmensleistung zu würdigen.

In ihren Entwicklungsjahren hatten die „Vollmer-Werkstätten Eßlingen-Mettingen“ meist um die 120 Mitarbeiter, im Jahrzehnt 1959 bis 1968, als Aufträge an Zulieferfirmen vergeben werden konnten, waren es noch fünfzig, und als zwischen 1968 und 1979 die „Technisch-Physikalischen Werkstätten Plochingen“ nochmals große Aufträge auslagerte, hauptsächlich im Bereich Schnellkopieranlagen, blieben in Plochingen 35 Arbeitsplätze.²²⁶⁹ Ende der 1970er Jahre entschloss sich der alleinige Firmenbesitzer, den Betrieb aufzulösen und zu verkaufen. Seine letzten Jahre überschattete eine lange, schwere Krankheit. Über sein Lebensende hat Eberhard Vollmer am 15. Februar 1999 selbst entschieden.

BASF: Magnetophonband-Typen LG bis LGH

Als Rudolf Robl und seine fünf Aschbacher Mitarbeiter im Herbst 1945 nach Ludwigshafen zurückkehrten, lagen noch weite Areale des Werksgeländes in Schutt und Trümmern; große Trupps von Angestellten und Arbeitern hatten nichts anderes zu tun als aufzuräumen, brauchbares Material zu sichten und mit dem Wenigen, was irgendwie zu beschaffen war, einzelne Fabrikationen wieder in Gang zu bringen.²²⁷⁰ Erst im Oktober 1945 waren die Wasser-, Strom- und Gas-Leitungen wieder instandgesetzt.²²⁷¹ Dass die Tonband-Produktion nicht früher als am 1. April 1946, und selbst dann noch als einer der ersten Betriebe, offiziell wieder arbeitsfähig war, könnte eine Vorstellung davon geben, wieviel Arbeit anstand und wieviel Zeit damit verging, halbwegs akzeptable Notlösungen zu „organisieren“ – ein zeitgenössischer, etwas anrühiger Euphemismus für das Hakenschlagen zwischen Überleben und kriminellen Delikten. Eine Notlösung – für zehn Jahre! – war auch ein älterer Laborbau, in dem schon Carl Bosch gearbeitet hatte, 1944 halb zerbombt, jetzt mit einem undichten Behelfsdach, in dem Robl 1944 seine ersten Versuche mit der späteren Aschbacher Maschine gemacht hatte. Hier sollte nun die ganze Magnetophonband-Produktion Platz finden. Zuerst musste Robl allerdings in der Papiertechnischen Abteilung Dachpappe besorgen und verlegen lassen, damit nicht weiter schmutziges Regenwasser in die Walzmasse lief oder das Eisenpigment durchfeuchtete.²²⁷²



Abbildung 322: Die erste Nachkriegs-Magnetophonband-Gießmaschine, fotografiert kurz nach der Inbetriebnahme im April 1946. Rechts außen der Spiraltrockner, daran im rechten Winkel anschließend die Aufspul-Vorrichtung (angeschnitten).

Es gilt als sicher, dass die Wiederaufnahme der Magnetophonband-Produktion auf eine Anordnung²²⁷³ der französischen Besatzungsbehörde zurückgeht, denn diese war erkennbar lebhaft daran interessiert,²²⁷⁴ für die in ihrer Besatzungszone eben gegründete Rundfunkanstalt, den Südwestfunk in Baden-Baden, genügend Bänder zu bekommen. 6.000 Bänder pro Monat, so die Forderung, konnte die Magnetophonbandfabrik Wald-Michelbach keineswegs liefern, war doch die Aschbacher Maschine nur für 3.000 Stück Magnetophonband Type LG ausgelegt und kam nicht einmal wesentlich über 2.000 Stück hinaus. Die Produktion des Massebandes Magnetophonband Type L in Gendorf war Anfang 1946 ausgelaufen. Wenn also die französischen Behörden 6.000 Bänder pro Monat forderten,²²⁷⁵ kam das dem Auftrag gleich, zwei weitere Maschinen für jeweils 2.000 Bänder monatlich zu bauen.²²⁷⁶

So rigide, wie damals die Besatzungszonen gegeneinander abgeschottet waren, wird kaum jemand darauf gezählt haben, die Aschbacher Gießmaschine nach Ludwigshafen zurückverlagern zu können, war es doch verboten, selbst Werkzeuge oder Messmittel zurückzuholen. Aber manches Koebig'sche Gedankengut und die Erfahrungen, die Robls Mannschaft mit der Aschbacher Gießmaschine, ihrer Konstruktion und ihren Tücken gesammelt hatte, gingen als unauffälliges Gepäck über den Rhein.

Trotz der spürbaren Dringlichkeit – aber wie viele andere Produkte wurden noch dringender gebraucht? – mussten die Konstrukteure der neuen Gießmaschine im Wesentlichen selber zusehen, woher sie Material bekommen. „Organisation“ und Improvisation waren an der Tagesordnung, wie etwa die Rollen- und Walzen-Lagerböcke am Folieneinlauf nicht aus Stahl konstruiert, sondern aus Beton gegossen waren (Abbildung 322). Präzisions-Kugellager – nicht zu bekommen. Emaillierte Kessel für die Gießlösung – nicht zu bekommen; zwangsläufig korrodierten später die blanken Eisenbehälter und verunreinigten die Magnetbandschicht.²²⁷⁷

Die erste Nachkriegs-Gießmaschine war eine vergrößerte Ausgabe der Aschbacher Vorgängerin, jetzt definitiv für 32 cm breite Luvitherm-Folien ausgelegt.²²⁷⁸ Wieder spielte der „pneumatische Ziehtisch“ die Hauptrolle im Bandtransport, doch waren die Dimensionen der neuen Maschine durchaus so, dass sie als Produktions-, nicht als Technikumsgerät anzusprechen war. Ganze zwei Elektromotore – einer war für die Gießwalze und den Ziehtisch, der andere für den Spiraltrockner zuständig – besorgten den Antrieb. Wie es der Bandpfad im Trockner vorgab, stand die eigentliche Aufspulvorrichtung im rechten Winkel zur Gießmaschine. Die Gießgeschwindigkeit lag anfangs bei 4 m/min.²²⁷⁹

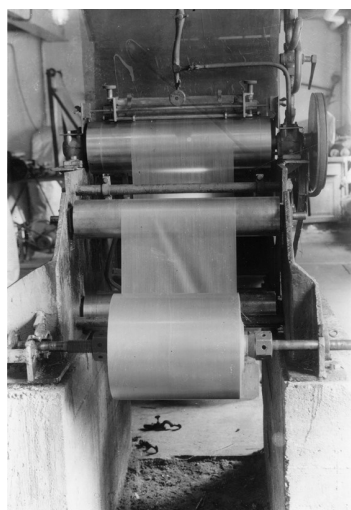


Abbildung 323: Gießmaschine 1946, Walzenlagerbock teils aus Betonguss

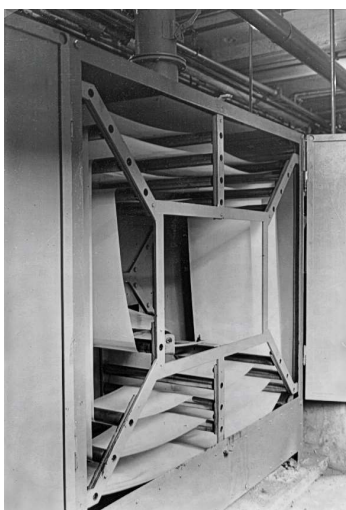


Abbildung 324: Der Spiraltrockner der Gießmaschine 1946

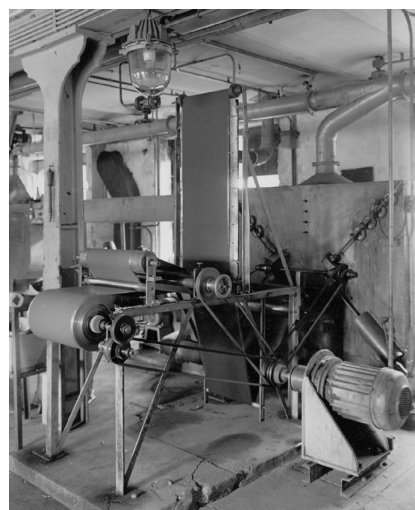


Abbildung 325: Die Aufspul-Vorrichtung der Gießmaschine, Stand vermutlich 1956

Magnetpigmente und Dispersionen: 1945 bis 1949

Zwischen 1943 und 1944 gefertigtes Magnetpigment scheint noch den Bedarf der Jahre 1946 bis 1949 gedeckt zu haben. Zum Dispergieren musste man aber, da auch der ganze Mühlenpark zerstört war, wieder auf das ältere Walzmassen-Verfahren zurückgreifen, das heißt, zunächst wurde ein Gemisch aus Magnetpigment, dem Lackbindemittel Vinoflex MP 400, dem Weichmacher Plastomoll und einem mit „E 13“ bezeichneten Lösungsmittel in einem Knetzer zu einer zähen Masse verarbeitet und dann auf Walzwerken weiterdispergiert. Die trockene Walzmasse, zu „chips“ zerbröckelt, dispergierte ein Mischer unbekannter Bauart 36 Stunden lang in Tetrahydrofuran und Benzol, und zuletzt wurde diese Gießmasse durch ein Sieb mit 10.000 Maschen pro Quadratzentimeter gefiltert.²²⁸⁰ So lief der Produktionsgang „im Allgemeinen“, doch die Randbedingungen waren alles andere als erfreulich: in provisorischen Anlagen erzeugte Chemikalien waren nicht rein, vieles Bewährtes musste gegen weniger Geeignetes ausgetauscht werden.

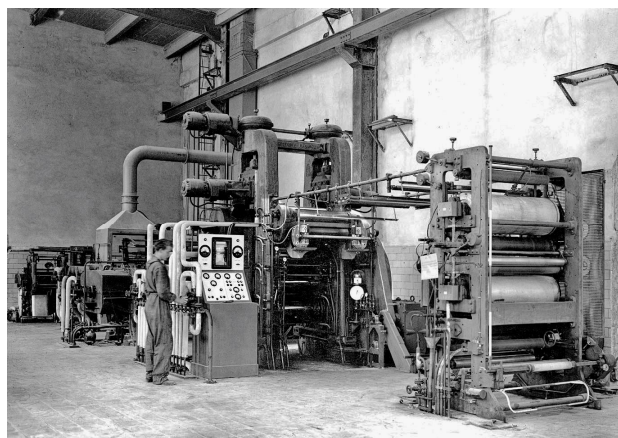


Abbildung 326: Die erste Nachkriegs-Luvitherm-Produktionsanlage in Ludwigshafen, Betriebsbeginn 1948 / 1949, auf der auch Massebänder (Typ L-extra) gefertigt wurden.

Die Walzmassen-Zeit endete etwa Mitte 1948, als zwei Birnmühlen namens *Max und Moritz* das Dispergieren übernahmen; diese schräg-aufrecht stehenden, bauchigen Kugelmühlen, gefüllt mit Stahlkugeln von 7 cm Durchmesser (!), steuerten aber unerwünschten Eisenabrieb von Mahlkörpern und Mühlenwänden bei. Zudem kultivierten *Max und Moritz* den Charakterfehler, die Dispersion ohne Warnung zu „übermahlen“, was zwar die Empfindlichkeit erhöht, aber – wie spätere Versuche zeigten, wegen des mechanischen Drucks auf die Magnetpigmente –, die Koerzitivfeldstärke absinken lässt²²⁸¹ und obendrein die Kopierdämpfung verschlechtert.²²⁸²

Abhilfe war vor allem von Pigment-Modifikationen zu erwarten; man konnte allerdings von dem zuliefernden Farbstoffbetrieb weder das Engagement noch die Kenntnisse erwarten, um ein so ausgefallenes Produkt unter irregulären Bedingungen in kontinuierlicher Qualität zu liefern. So wanderte die Magnetpigment-Entwicklung wieder zurück in die Hochdruck-Fabrik, deren Betriebsleiter im April 1945 Friedrich Bergmann geworden war. 1948 / 1949 begann hier die Pigmentproduktion für Magnetband

Zwischen 1946 und 1949 war angesichts der andauernden Fabrikationsschwankungen, verstärkt durch die anhaltenden Mess-Unsicherheiten, an eine durchgreifende Höherentwicklung des Magnetpigments nicht zu denken gewesen. Die neu- oder wiedererstandenen Rundfunkanstalten mussten notgedrungen beim „Bewährten“ bleiben, und das hieß für Ludwigshafen, an den Kennwerten der bereits um 1940 / 1943 entwickelten Pigmente festzuhalten, obwohl schon 1942 Konsens darüber bestand, dass für HF-Magnetbandgeräte höherkoerzitive Bänder besser geeignet wären.

Die Zusammenarbeit der Zentraltechnik des NWDR Hamburg, der RTZ (später RTI) in Bad Homburg, der AEG und der Magnetbandhersteller führte zu neuen Gerätetypen mit verbesserten Laufwerken (insbesondere stabilerer Bandführung), enger tolerierten Magnetköpfen sowie neuen Verstärker- und HF-Generatoren. Auf dieser Basis entstanden nach und nach auch neue Magnetbandtypen für den Rundfunk.

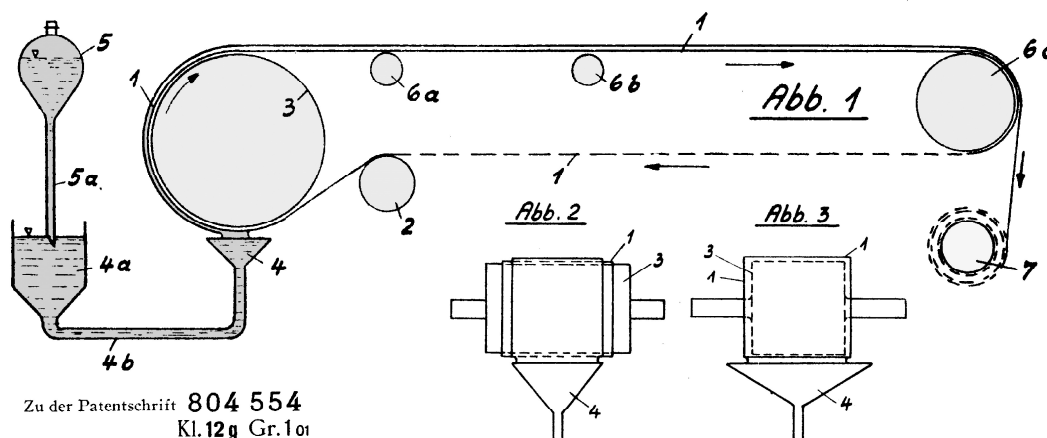


Abbildung 327: Heinrich Jacqués „Verfahren zur Herstellung von dünnen Schichten aus flüssigen Stoffen“, ein auf Adhäsion beruhendes Tauchgieß-Verfahren zum Beschichten einer Trägerfolie, das jedoch erfolglos blieb (siehe Text).

Luvitherm-Folie: schwankend und wandernd

Schwierigkeiten machte vor allem die Versorgung mit Luvitherm-Folie, nachdem das Werk Gendorf kurz nach Jahresbeginn 1946 weitgehend stillgelegt wurde.²²⁸³ Gegen Jahresende 1946²²⁸⁴ waren die alten Bestände aufgebraucht, und so musste die Folienfabrik Fürth-Forchheim ab der ersten Jahreshälfte 1947 als (Zweit-)Lieferant²²⁸⁵ einspringen; ihre Maschinen waren jedoch längst nicht auf dem Stand des großen Präzisions-Kalanders.²²⁸⁶ Erste Versuche, bei den einschlägigen Maschinenbaufirmen Ersatz für die Luvitherm-Anlage zu bekommen, schlugen fehl.²²⁸⁷ Als Gendorf Anfang 1947 wieder liefern konnte,²²⁸⁸ schwankte die Folienqualität derart, dass Heinrich Jacqué (erst im Sommer 1946 nach Ludwigshafen „heimgekehrt“) alle drei bis vier Monate vor Ort Hilfestellung geben musste, meist ohne dauerhaften Erfolg.²²⁸⁹ In der Gießmaschine verhielt sich die Forchheimer Folie anders als die Gendorfer, und so nahm die Misere kein Ende. Als Anorgana auf ihre eigene (Masse)-Bandfabrikation zusteuerte, waren die Ludwigshafener darüber so verärgert, dass die Folienfabrik Fürth-Forchheim unversehens zum Alleinlieferanten aufrückte. In diesen Jahren setzte man dem PVC-Pulver, aus dem Magnetband-Folien gefertigt wurden, Titandioxid-Pulver zu, so dass die Folie weißlich-opak erschien und daher die Vorder- von der Rückseite des Bandes „mit einem Blick“ zu unterscheiden war.²²⁹⁰

Natürlich gab es Versuche, mit Hilfe neuartiger Auftragsverfahren wenigstens das Problem der ungleichmäßigen Folienoberfläche auszuschließen oder zu umgehen. Heinrich Jacqué hatte bereits Ende 1947 ein französisches Patent auf ein Verfahren „zur Herstellung von dünnen Schichten aus flüssigen Stoffen auf Walzen oder Bändern“ angemeldet, „dadurch gekennzeichnet, daß die Walzen oder Bänder so über die durch Adhäsion oder Oberflächenspannung gebildete Kuppe der flüssigen Stoffe geleitet werden, daß sie von diesen benetzt und mit einer dünnen Schicht davon versehen werden“.²²⁹¹ Das Verfahren wurde versuchsweise im Jahr 1948 angewendet, jedoch bereits im Herbst des Jahres wieder aufgegeben „und auf das alte Obergießverfahren zurückgegriffen“.²²⁹²

Die leidigen, folienbedingten Gießprobleme zogen sich jahrelang hin. Im Sommer 1948 war ein „Luvitherm-Provisorium in Vorbereitung“,²²⁹³ Ende 1949 produzierte ein Duo-Walzwerk außer den Grundfolien für Magnetophonband LG und das Masseband bereits wieder diverse Luvitherm-Artikel, darunter die so begehrten „gefärbten Folien für Geflechte“.²²⁹⁴ 1950 ging ein fünf Jahre früher bestellter Kalendar in Betrieb, so dass die Versorgung der Magnetophonband-Fabrik wieder ganz in Jacqués Händen lag.²²⁹⁵

Exkurs XI: Modulationsrauschen

Definitionen gängiger elektroakustischer Fachbegriffe dürften allgemein bekannt sein beziehungsweise sie sind uns schwer zu finden. Die große Ausnahme macht das Modulationsrauschen, ein immer wieder gebrauchter Begriff, wenn es um Qualitätsmerkmale von Magnetbändern für den professionellen wie den Endverbraucher-Bereich geht. Modulationsrauschen ist, allgemein gesagt, eine ungewollte und störend hörbare Amplituden- und Frequenzmodulation des Nutzsignals während der Aufzeichnung und der Wiedergabe. Ursache der Amplitudenmodulation (AM) können zum einen Inhomogenitäten im Inneren der Magnetschicht (z. B. ungleichmäßige Verteilung des magnetischen Materials) und die damit verbundenen Empfindlichkeits-Schwankungen in Laufrichtung des Bandes sein. Zum anderen führen auch unvermeidliche Oberflächen-Ungleichmäßigkeiten, also Rauigkeit oder aufliegende Partikel, zu Band-Kopf-Abstandsschwankungen und somit zu Unregelmäßigkeiten des Nutzsignals. Bei langen und mittleren Bandwellenlängen (also im unteren und mittleren Frequenzbereich) werden beide Effekte überwiegend bei Aufnahme wirksam, additiv kommen Abstandsschwankungen am Wiedergabekopf hinzu, vornehmlich bei kurzen Wellenlängen.

Beide Modulationsarten sind hörbar als eine dem Nutzsignal überlagerte rauschartige Störung, daher auch die Bezeichnung Modulationsrauschen. Erst bei genügend hohen Modulationsfrequenzen – oder besser, da es sich nicht um diskrete Frequenzen, sondern eher um Frequenzgemische handelt – bei genügend starken Modulationsprodukten werden derartige Störungen lästig.

Bei professionellen Magnetbändern tritt aufgrund der üblichen hohen Bandgeschwindigkeiten der AM-Anteil des Modulationsrauschens in den Vordergrund. Mit höherer Bandgeschwindigkeit wächst die Bandbreite des Störspektrums, das die ortsfesten Beschichtungsinhomogenitäten des Bandes verursachen, mehr und mehr, und umso deutlicher wird die Störung hörbar. Der FM-Anteil im Störspektrum ist dagegen wegen der überwiegend eingesetzten Präzisionslaufwerke mit entsprechenden Bandführungen und Beruhigungsrollen relativ unbedeutend. Das Modulationsrauschen dieser Bänder – es besteht also hauptsächlich aus AM-Rauschen – zeigt typische Abhängigkeiten vom Vormagnetisierungsstrom und von der Wellenlänge des Nutzsignals. Ebenso geht die Spaltbreite des Aufnahmekopfs ein: 18 µm-Köpfe, an denen die deutschen Rundfunkanstalten bei 6,3 mm-Bändern lange festhielten, zeigten beim Modulationsrauschen Vorteile gegenüber 7 µm-Köpfen, wie sie mit dem Aufkommen der professionellen Mehrspurtechnik üblich wurden. Eine deutsche Schallplattengesellschaft machte ausgezeichnete Erfahrungen mit bis zu 40 µm Spaltbreite²²⁹⁶ – die hatten auch die Aufnahmeköpfe in den frühesten Magnetophonen (K 4 bis K 8).

Störende Frequenzmodulation (FM) des Nutzsignals ist die Folge von Abweichungen von der ideal gleichmäßigen Sollgeschwindigkeit, etwa infolge von Längsschwingungen des Magnetbandes während des Laufs durch den Recorder. Ungleichmäßige Reibung an bandberührenden Teilen kann derartige Schwingungen anregen. Ihre Frequenz und Amplitude hängen im wesentlichen ab von der Länge der freien Bandabschnitte, den mechanisch-dynamischen Eigenschaften des Bandes selbst sowie der Antriebsart.

Messtechnisch erlaubt der AM-Anteil im Modulationsrauschen eine Aussage über die Beschaffenheit der Magnetschicht, der FM-Anteil ein Urteil über das jeweilige Bandlaufverhalten. Im letzteren Fall haben jedoch das Bandlaufwerk beziehungsweise der Recorder, bei Compact-Cassetten auch die Gehäusekomponenten, einen nicht unerheblichen Einfluß.

Bei Compact-Cassetten-Bändern liegen gerade umgekehrte Verhältnisse wie in der professionellen Anwendung vor. Wegen der niedrigen Bandgeschwindigkeit überdeckt hier gehörmäßig das Nutzsignal als Modulationsträgerfrequenz das auch hier vorhandene AM-Rauschen, dessen Bandbreite nur noch bei einigen zehn Hertz liegt. Größere Magnetschicht-Inhomogenitäten machen sich eher als Pegelschwankungen oder Aussetzer (Drop-out) bemerkbar, das heißt, von einer rauschförmigen Störung kann nicht mehr gesprochen werden. Messbares Modulationsrauschen (in Form breiter Seitenbänder im Frequenzspektrum eines sinusförmigen Nutzsignals) ist bei diesen Bändern in der Hauptsache auf Frequenzmodulation zurückzuführen. Da es sich im Compact-Cassetten-System überwiegend um wesentlich unpräzisere Laufwerke als im professionellen Bereich handelt, zusätzlich das Band im Kunststoffgehäuse der Compact-Cassette geführt und zudem mit einem Filz an den Magnetkopf angeedrückt wird, wird die höhere Wahrscheinlichkeit für Längsschwingungsanregung verständlich.²²⁹⁷

Magnetophonband-Fertigung unter Nachkriegsbedingungen

Mitte 1946 erscheinen erstmals Schriftstücke, auf denen der bisher so selbstbewusste Briefkopf „I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft“ mit den Zusätzen „(in Auflösung) / Werke: Badische Anilin- & Soda-Fabrik“ abqualifiziert wurde²²⁹⁸ – dies entsprechend den Verfügungen des Alliierten Kontrollrats der vier Besatzungsmächte, wonach als Folge der Kapitulation des Deutschen Reichs am Ende des Zweiten Weltkriegs das bis dahin größte Chemie-Konglomerat der Welt aufgelöst werden musste.²²⁹⁹ Demzufolge nahmen deren Einzelgesellschaften wieder die Namen an, die sie vor 1925 getragen hatten, hier also „Badische Anilin- & Soda-Fabrik“. Als gemeinsame Tochtergesellschaft von I.G. Farben und AEG stand damit auch die Zukunft der Magnetophon GmbH in Frage. Ob die gravierenden Änderungen sich noch tiefer auf die Magnetophonband-Produktion auswirkten – und wenn ja: in welcher Form –, kann hier nicht erörtert werden. Jedenfalls gehörte die ganze Pfalz zur französischen Besatzungszone mit dem Rhein als Grenze zur amerikanischen Zone – mit der Folge, dass die Betriebe in Waldmichelbach / Aschbach und Gendorf zunächst auch verwaltungstechnisch fast „in einer anderen Welt“ lagen. – Seit 1952 bis Frühjahr 2012 firmierte ein I.G. Farben-Restbestand als „I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft i. L.“ (also „in Liquidation“) – erstaunlich, dass sich dieser makabre Prozess über Jahrzehnte hinzog, ja dass bis 2003 noch Aktien dieser Resteverwertung börsennotiert waren.

In zäher Arbeit hatten es Robl und seine Mitarbeiter geschafft, offiziell zum 1. April 1946 die Magnetophonband-Fertigung wieder aufzunehmen.²³⁰⁰ Gegen Ende des Jahres konnte eine zweite Gießmaschine in Betrieb gehen (eine dritte war geplant, wurde aber nie aufgestellt²³⁰¹), doch eine Kombination widriger Umstände ließ

die in drei Schichten „rund um die Uhr“ laufende Produktion qualitativ kaum auf einen grünen Zweig kommen.²³⁰² Robl spricht nicht ohne Grund von „zahlreichen, oft entmutigenden Rückschlägen“:

Wenn man es heute [1959] bedenkt, ist es ein Wunder, daß man damals vernünftige Bänder herstellen konnte. Es waren allerdings auch wenige. Von etwa 4.000 Bändern entsprachen höchstens 30 % der Norm; sie wurden als LGN-Bänder bezeichnet. Der Rest, LGD genannt, sollte als Diktierband verwendet werden, was aber nur in den seltensten Fällen geschah.²³⁰³

Eine der ersten Konsequenzen vom Frühjahr 1947 war also, den Fertigungsausstoß von Magnetophonband Typ LG in drei Qualitätsklassen aufzufächern:²³⁰⁴

- zuoberst Type LGN (Normal, das heißt, Qualität eng an der des „Normalbandes“), Preis RM 22.- pro 1000 m; dito mit Einzelprüfung, bezeichnet als LGP, RM 25.-, Anteil an der Produktion etwa 30 %;
- Type LG, mittlere Produktionsqualität, Anteil an der Produktion etwa 40 – 50 %
- schließlich Type LGD, Preis RM 15.-, schlechte Bänder, die mit 20 – 30 % der Fertigung anfielen und als „Sprechbänder, Diktierbänder und für Reportageaufnahmen“ geeignet sein sollten.²³⁰⁵



Abbildung 328: Ein 1.000 m-Magnetophonband aus den späten 1940er Jahren. Noch immer wurden die Bänder lediglich auf einem Hartpapierring ausgeliefert. Die dreifarbige Gestaltung des Bandkartons (blau, weiß, rot) ist angeblich eine Reverenz an die Nationalflaggen-Farben der Besatzungsmacht Frankreich (Aufnahme von 1978).

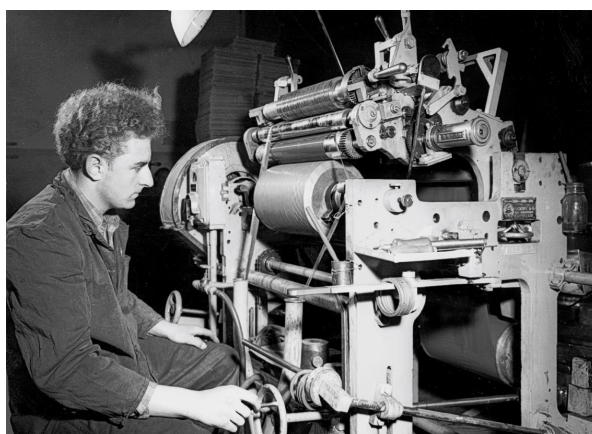


Abbildung 329: Schneiden von Magnetophonband, Juli 1953. Hartpapierringe und Klebmitteldose samt Pinsel (entlang des waagrecht stehenden Handgriffs im Vordergrund zu sehen) gehören zu den Bordmitteln. Die unbeschichteten Abfallstreifen am Rand des Blocks werden abgesaugt.

Was damals Konfektionierung hieß, hat nichts mit dem ausgefeilten *packaging* späterer Jahre gemeinsam: die Bänder, auf 6,5 mm breite und 8 mm dicke Hartpapierringe²³⁰⁶ mit einem Innendurchmesser von 70 mm gewickelt, wurden in z.T. sehr einfache Schutzkartons geschoben – die durchaus ansehnlichen weißen Kartons mit dem blau-roten Aufdruck (man wollte in der Farbgebung eine Reverenz an die französische Besatzungsmacht sehen) dürften erst gegen 1948 aufgekomen sein. Erste Aufgabe des Anwenders war also, das Band auf einen Bobby, meist ein Blechpressteil mit 70 mm oder (seit etwa 1950 ausschließlich) 100 mm Durchmesser umzuspulen; im Betrieb sind die Bänder „stets zusammen mit den Bandtellern von den Laufwerken abzunehmen bzw. aufzulegen, da sonst die Gefahr besteht, daß die Wickel auseinanderfallen“.²³⁰⁷

Beanstandungen liefen unter Kennwörtern wie Rascheln, Seiden- beziehungsweise Sandpapiereffekt, bislang nicht aufgetretene Störungen beschrieben einen „Effekt, ... also ob mit dem Klavier irgend ein Gegenstand mitschwingt, der ein raschelndes Geräusch erzeugt“²³⁰⁸ (ein erster Hinweis auf Modulationsrauschen – siehe oben), Knacke, Pferdegetrappel.²³⁰⁹ Besonders kritisch war die indiskutable Kopierdämpfung von durchschnittlich 46 dB (Rundfunkforderung: 52 dB, verlässlich erreicht erst 1949,²³¹⁰ später 55 dB), die beispielsweise Sprachaufnahmen ein unüberhörbares Gewischel und Geplapper von Vor- und Nachechos unterschob (von vorauslaufenden und nachfolgenden Bandwindungen). Robl versuchte mit immer neuen Varianten und Rezepturen gegenzusteuern, aber mit nur wenig Erfolg; seine vielleicht größte Leistung dürfte gewesen sein, angesichts der verdrehten Umstände nicht irgendwann das Handtuch geworfen zu haben:

Die Ungleichmäßigkeit der Folien brachte es mit sich, daß der Gießler immer wieder gestört wurde und daß unterbrochen werden mußte. Die Folie riß gelegentlich unter dem Gießler ein. Bei jedem Guß mußte fünf-, sechs-, sogar achtmal unterbrochen, zehn bis zwanzig Meter Folie aus der Maschine herausgezogen und als Abfall beseitigt werden. Ein typisches Bild für die Magnetophonbandfabrik jener Zeit waren große Haufen von Abfall-Folie neben den Maschinen. Damals kauften uns wegen der schlechten Lieferlage von PVC kunststoffverarbeitende Fabriken diesen Abfall sehr gerne ab. Abfallbänder waren auch gesucht, um Taschen daraus zu häkeln, besonders mit dem berühmten Muschelmuster. Sie waren ein beliebtes „Kompensationsobjekt“ für Butter und Kartoffeln auf Hamsterfahrten. Dieser Art der Abfallverwertung konnte auch Dr. Pflaumer zustimmen, der ab und zu Zeuge eines solchen Gusses mit Hindernissen war.²³¹¹

Erschwert wurde die Situation noch dadurch, daß es nicht möglich war, die der Norm entsprechenden, als LGN bezeichneten Magnetophonbänder längere Zeit auf ihr Verhalten beim Lagern zu beobachten, da sie, kaum geschnitten und verpackt, sofort von französischen Militärfahrzeugen abgeholt wurden. Bei den Bändern mancher Fabrikationschargen traten nämlich bei längerer Lagerung unangenehme Mängel auf, die sich z.B. in einer Querkrümmung der Bänder von den Seiten her, im teilweisen Abblättern der Magnetitschicht oder im Verkleben der einzelnen Bandwindungen untereinander

der äußerten. Diese sehr oft auftretenden Mängel, die zu zahlreichen Reklamationen führten, brachten das LGN-Band bei den Rundfunksendern in Mißkredit; es wurde von den Sendern der amerikanischen und der britischen Besatzungszonen abgelehnt.²³¹²

Um eines musste sich Robl also wenigstens keine Sorgen machen: die Bänder wurden ihm förmlich aus den Händen gerissen, viele Jahre brauchte sich niemand um Aufgaben wie Vertrieb, Marketing und Werbung zu kümmern. Was allerdings in dem Begriff „Kompensationsobjekt“ anklingt, umschreibt nur einen Aspekt der schlimmen Lebensumstände in den ersten Nachkriegsjahren. Die zerstörten Städte boten kaum ausreichenden Wohnraum, die Verwaltung war landesweit zusammengebrochen, Lebensmittel und Heizmaterial, soweit überhaupt produziert, konnten über zerbombte Eisenbahnknotenpunkte und gesprengte Brücken nicht mehr transportiert werden. Zu alledem kam 1946 / 1947 noch ein extrem harter Winter, der kälteste seit 1893, mit Temperaturen um -20 °C, verschärft durch Brennstoffknappheit und Stromsperren. Wäre nicht die internationale Hilfe und vor allem der von den USA initiierte Marshall-Plan mit umfangreicher Wirtschaftshilfe und Lebensmittelspenden (unter anderem Care-Pakete und Schulspeisung) eingesprungen, hätten diese Kriegsfolgen wohl unermessliche Verluste zur Folge gehabt.²³¹³

Die BASF-Mitarbeiter produzierten für ihre Hamsterfahrten derartige „Kompensationsobjekte“ mehr oder weniger offen, etwa den Süßstoff Saccharin und das Waschmittel Luvipal. In zweckentfremdeten Mühlen wurden Weizen und Mohn geschrotet, auch Öl aus Bucheckern²³¹⁴ und Raps-Saat gepresst, was eine Ratteninvasion auslöste.²³¹⁵ Nach der Währungsreform vom Juni 1948 verbesserten sich die Lebensumstände glücklicherweise in schnellen Schritten.

Die Explosion in Ludwigshafen am 28. Juli 1948

Am Mittwoch, 28. Juli 1948 um 15:43 h, einem flimmernd heißen Sommertag, kam es zu einer Explosion, deren Auswirkungen die ihrer Vorgängerin vom 29. Juli 1943 (!) noch übertreffen sollten. Ein mit 30 Tonnen Dimethylether (vermutlich über-) beladener Kesselwagen zerbarst im Südteil des Werksgeländes. Das Unglück forderte über 3.000 Verletzte und 210 Tote, unter ihnen auch einen Mitarbeiter der Magnetophonbandfabrik. Es war, als sei der drei Jahre zurückliegende Krieg zurückgekehrt: Menschenleben ausgelöscht, verzweifelte Versuche, Verschüttete und Eingeklemmte zu retten, Trümmer, Qualm und beißender Gestank. Dazu noch der entmutigende Gedanke, alles wieder aufbauen zu müssen, was in den letzten Jahren unter so großen Anstrengungen erneuert worden war. – Die Magnetophonbandfabrik war der Druckwelle zwar noch voll ausgesetzt, aber nicht so schwer betroffen wie 1943; längere Produktionsausfälle sind nicht dokumentiert.²³¹⁶

Masseband-Renaissance: Typ L (zweite Fertigungsperiode) und Typ L-extra

Zwischen 1946 und Ende 1948 hatte das Magnetophonband der I.G. Farben-Nachfolger Badische Anilin- & Soda-Fabrik und Wolfen praktisch keine Konkurrenz. Das änderte sich nun grundlegend: in den USA, England, Frankreich und Deutschland selbst waren Mitbewerber an den Start gegangen (Seite 346).

Ende 1946 musste die Fertigung des Magnetophonbands Typ L vorerst aufgegeben werden, weil seine mechanischen Eigenschaften immer problematischer wurden, außerdem erreichten die Walzen der Streckmaschinen wegen starken Abschleißs nur noch eine Laufzeit von drei bis vier Wochen und waren kaum zu ersetzen.²³¹⁷ Ein Jahr später, um die Jahreswende 1948 / 1949, waren einerseits die Schwierigkeiten mit dem Magnetophonband Typ LG und seinen „Fraktionen“ LGN, LGP und LGD kaum noch zu beherrschen, zudem wusste man in Ludwigshafen, dass Anorgana Gendorf Anfang 1949 ein eigenes Masseband vorstellen würde, Genotonband Type E (Seite 342). Wohl oder übel musste Jacqué das Masse-Magnetophonband Typ L wiederbeleben. Gewalzt in der Folienfabrik Fürth-Forchheim, verblieben Schnitt und Konfektionierung in Ludwigshafen. Obwohl rund 10 dB weniger empfindlich als das „Normalband“, fand es wegen seiner hohen Dynamik zufriedene Abnehmer.²³¹⁸ Das Pigment scheint eine Oppauer Neuentwicklung gewesen zu sein,²³¹⁹ auffallend wegen seiner ocker-gelben Farbe, die das L-Band deutlich von den teils rot- bis blauvioletten LG-Schichtbändern abhob. Die Wiederaufnahme dieses Nothelfers von 1943 – 1947²³²⁰ stand aber immer im Schatten einer erfolgreicherer Neuentwicklung. Angesichts der Probleme mit Magnetophonband Typ LG traf es sich nämlich ausgesprochen glücklich, dass Friedrich Bergmann Ende 1948 mit neuen Herstellverfahren ein sehr feinteiliges Magnetpigment entwickelt hatte,²³²¹ mit dem Heinrich Jacqué ein modernisiertes Masseband fertigte, genannt Magnetophonband Typ L-extra. Der „Fällungsmagnetit“, Standard zwischen 1939 und 1949, hatte damit ausgedient.

Aufstieg und Niedergang eines Produkts: Die L-extra-Produktion startete im 3. Quartal 1949 mit 6.111 Stück (zu je 1.000 m), 1950 wurden auf den Kalandern der neuen Luvitherm-Anlage bereits 45.271 Stück fabriziert.²³²² Im gleichen Jahr sank die Typ LGN-Produktion auf 2.529 Stück, also auf einen marginalen Anteil gegenüber L-extra. Anders gesagt: die Gießmaschinen waren nahezu arbeitslos. Doch schon zwischen 1953 und 1954 fiel die L-extra-Produktion von 12.092 Stück auf 3.986 Stück, und im Jahr 1955 lief das letzte Ludwigshafener Masseband mit knapp 600 Stück aus.

Die Rundfunkanstalten waren zunächst von L-extra begeistert gewesen,²³²³ die verkauften Mengen ließen nichts zu wünschen übrig, doch musste auch dieses Produkt eine Krise durchstehen. Dem PVC-Pulver war Mer-solat, ein hygroskopischer Emulgator, zugesetzt, aber vor dem Luvithermisieren nicht wieder ausgewaschen worden, was sich so auswirkte, dass Bänder, die längere Zeit bei hoher Luftfeuchtigkeit lagerten, die Magnet-

köpfe der Studiomaschinen mit pastenartigem Abrieb zusetzten. Leider machten erst harsche Reklamationen diesen Mangel bekannt, der dann allerdings schnell und auf Dauer mittels (freilich aufwendigem) Auswaschen und Trocknen des PVC-Pulvers abgestellt wurde.²³²⁴ Es ist recht aufschlussreich, dass das RTI Nürnberg 1951 nicht nur ein Archivbandprüfgerät R 77, sondern auch ein Schmierbandsuchgerät R 78 entwickelt hat,²³²⁵ ganz abgesehen davon, dass die Rundfunk-Betriebstechnik GmbH lange Jahre jedes Rundfunkband einzeln prüfte, bevor es für den Betrieb in den beteiligten Rundfunkanstalten freigegeben wurde.

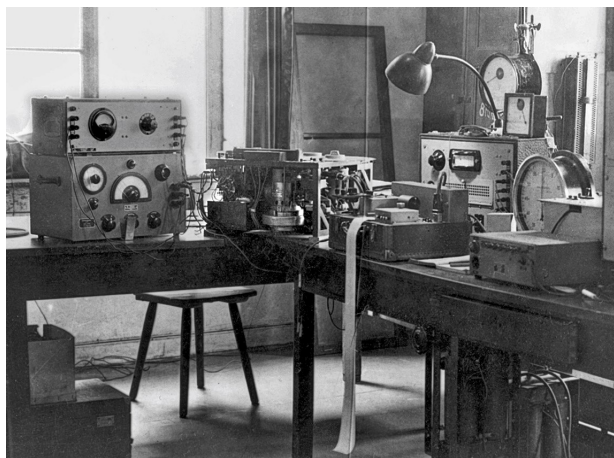


Abbildung 330: Magnetophonband-Prüfplatz, Juni 1947. In der Bildmitte das Laufwerk (Magnetophon K 4), rechts davon ein Pegelschreiber der Berliner Firma G. Neumann, unentbehrliches Registriergerät für Prüfungen über die ganze Bandlänge



Abbildung 331: Messplatz für Studio-Magnetband in Willstätt, ca. 1990; AEG-Telefunken Magnetophon 21. Computergesteuerte Messgeräte, Bildschirm und Drucker haben die Bandprüfung schneller und wesentlich genauer gemacht.

Die eigentliche Schwachstelle des Magnetophonbands Typ L-extra lag allerdings in seinen elektromagnetischen Eigenschaften, genauer: in seinem Prinzip. Per Definition ist ja beim Masseband Schichtdicke gleich Gesamtdicke. Solche dicken Schichten eignen sich aber nur für relativ hohe Bandgeschwindigkeiten, denn die „wirksame Schichtdicke“ sinkt rapide bei kürzeren Wellenlängen. Ein Zahlenbeispiel: tragen bei der Wellenlänge $76,2\text{ }\mu\text{m}$ (10 kHz bei $76,2\text{ cm/s}$) noch 64 % eines Magnetbands mit $13\text{ }\mu\text{m}$ -Schicht zur Wiedergabespannung bei, sind es beim $50\text{ }\mu\text{m}$ -Masseband noch 24 %. Bei $25,3\text{ }\mu\text{m}$, entsprechend 15 kHz bei $38,1\text{ cm/s}$, sind beim Schichtband noch 30 % aktiv, beim Masseband jedoch nur noch 8 % (was um 11,4 dB stärkere Höhenanhebung erfordern würde, die aber auch das Rauschen anhebt).

Nun hatten die deutschen Rundfunkanstalten – seit dem 5. August 1950 zur Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland (ARD) zusammengeschlossen – 1949 / 1950 erste UKW-Sender in Betrieb genommen, und die bald großflächig eingesetzte Frequenzmodulation bescherte nicht nur ungewohnt störungsfreien Empfang, sondern erlaubte außerdem, den Übertragungsbereich von etwa $50\text{ Hz} - 4.500\text{ Hz}$ („Mittelwellenqualität“) um anderthalb Oktaven auf $30\text{ Hz} - 15\text{ kHz}$ auszuweiten.²³²⁶ Hatten Magnetophon-Geräte der Generation T 8 und K 8 durchweg nur bis 10 kHz gereicht, waren ab dem Magnetophon T 9 als Obergrenze 15 kHz vorgeschrieben. Das Magnetophonband Typ L-extra konnte zwar bei $76,2\text{ cm/s}$ noch mithalten; als aber im Zug der internationalen Entwicklung die deutschen Rundfunkanstalten auf die Standard-Bandgeschwindigkeit $38,1\text{ cm/s}$ umstellten, war L-extra den Schichtbändern, etwa Agfas Magnetophonband-Typen F und FS,²³²⁷ wie beschrieben, systembedingt deutlich unterlegen. Einen modernen Nachfolger fand es erst 1957 im Magnetophonband Typ LGR – also hatte BASF etwa drei Jahre lang kein konkurrenzfähiges professionelles Magnetophonband im Programm.

Prüfstelle Magnetophon: Qualitätskontrolle und Standardisierung

Etwa gleichzeitig mit dem Anlaufen der Magnetophonband-Produktion im Frühjahr 1946 wurde auch die neue Prüfstelle Magnetophonband arbeitsfähig, Nachfolger von Paul Friedmanns Elektrolabor; sie „residierte“ in einem halbzerbombten früheren Mietshaus.²³²⁸ Eine Magnetophonband-Prüfstelle (wieder) aufzubauen, bedeutete zunächst einmal, geeignete Messgeräte zu beschaffen; der Abteilungsleiter Hans Seiberth schleppte per Fahrrad auf verschlungenen Wegen manches aus dem Elektrogeräte-Lager Neckargemünd nach Ludwigshafen.²³²⁹ Besonders ärgerlich war, dass ihm Anfang April 1946 die Odenwälder zuvorgekommen waren: sie hatten eine komplette Magnetophon K 7-Apparatur – innerhalb der amerikanischen Besatzungszone ohne Hindernisse – aus Neckargemünd nach Wald-Michelbach gebracht.²³³⁰ So ist nur zu vermuten, dass in Neckargemünd noch K 4-Laufwerke lagerten, doch wie diese nach Ludwigshafen kamen, bleibt offen, weil zumindest ein komplettes Laufwerk nur schwer auf ein Fahrrad passt. Neue Geräte, ganz zu schweigen von einem Magnetophon K 7 mit HF-Vormagnetisierung, konnte nicht einmal die Magnetophon G.m.b.H. in Berlin beschaffen (Seite 253).

Die Bandprüfung war schon seinerzeit eine personalintensive Sache, musste doch nach wie vor jedes Band visuell auf größere unbeschichtete Stellen, die verhassten „weißen Mäuse“, untersucht werden, an denen statt der braunen Schicht die weißlich-graue (weil mit Titandioxid pigmentierte) Trägerfolie zu sehen war. Gelegentlich wurden solche Fehlstellen schon aus dem „Block“ herausgeschnitten, wenn Folien-Fehler wieder einmal den Gießer verstopft hatten.²³³¹ Natürlich mussten Mechaniker die Umspultische in Eigenregie konstruieren und bauen. Weil die kleinsten verfügbaren Motoren nicht weniger als 1 PS Leistung hatten, also viel zu viel für die Umspultische, bauten sie aus Elektro-Bohrmaschinen 50- bis 100-Watt-Motore aus.²³³²



Abbildung 332: Bandprüfung im Mai 1945 mit freiem Auge: auf der Suche nach „weißen Mäusen“, unbeschichteten Bandstellen. Man beachte das Glas im Blechhalter (für Klebemittel?) an der Tischkante und den Karton zwischen den Wickeltellern als „Kontrastverstärker“.



Abbildung 333: Bandprüfung 1951, jetzt an einem Umspultisch mit Fotozellen-Detektor, mit dem die Magnetophonbänder auf mechanische Fehlstellen untersucht werden.

Im Mai 1948 standen Seiberth nach einjähriger Entwicklung eine „Lochsuchanlage für Magnetophonbänder“ und mehrmonatigen Laborversuchen „Umspultische für Magnetophonbänder mit automatischer Lochsuchanlage“ zur Verfügung,²³³³ mit denen er die zeitraubende, unsichere Kontrolle per Augenschein automatisieren konnte, nachdem sich herausgestellt hatte, dass trotz scharfen Hinsehens bei Spulgeschwindigkeiten von 5 m/s (das Umspulen eines Bandes dauerte also gut 3 min!) im Schnitt 3 – 4 Löcher pro Band „der subjektiven Prüfung entgangen sind“.²³³⁴

Die Prüfstelle übernahm die technische Kundenbetreuung (später Technische Beratung beziehungsweise Anwendungstechnik), wobei dem Physiker Seiberth im Kontakt mit Tonmeistern und künstlerisch orientierten Technikern der Rundfunkanstalten neben seiner naturwissenschaftlichen Qualifikation auch sein musikalisches Verständnis zugute kam. Seine ersten Jahre als Prüfstellenleiter, und das heißt auch als „Anwalt“ der Verbraucher gegenüber der Magnetophonband-Produktion, stellten Seiberth vor harte Aufgaben. Es genügte nicht, dass er beständig das Abstellen von Fehlern anmahnen musste, die damals noch gang und gäbe waren: zu straff gewickelte Bänder bildeten Falten; Kerben und Risse im Bandrand wiesen auf schlechten Schnitt hin; „hohlkrümmige“ (das heißt, längs wie eine Regenrinne zusammengekrümmte) Bänder wickelten schlecht; der Kopiereffekt durfte einen Größtwert nicht überschreiten, Mindest-Aussteuerbarkeit und Empfindlichkeit mussten enger toleriert werden und dergleichen mehr.²³³⁵

Der Parameter Empfindlichkeit erwies sich als besonders erklärungsbedürftig, war doch „Technische Beratung“ oft genug mit „Grundlagenvermittlung“ zu übersetzen. Als Bänder, die nach Seiberths Abnahme-Messungen in Ordnung waren, wiederholt reklamiert wurden, griff er zu einer detektivischen List: Er verschickte Ende 1947 über die Rundfunktechnische Zentrale fünf übereinstimmende Muster an alle Abnehmer zwecks Messung der üblichen Kenngrößen. Sein Verdacht bestätigte sich: den Mustern wurden erhebliche Abweichungen, bis zu 9 dB, bescheinigt.²³³⁶ Der Hauptgrund lag einerseits im damals kaum durchschaubaren, komplexen Zusammenwirken von Hochfrequenzvormagnetisierung und Bändeigenschaften, zum andern in den unterschätzten Toleranzabweichungen der Magnetköpfe. So ist in einem Bericht von 1950 zu lesen, die in Berlin gefertigten Wiedergabeköpfe hätten Spaltbreiten „8-25 μ “, die Aufnahmeköpfe „20-50“ μ m aufgewiesen, wobei nicht recht klar wird, ob es sich dabei um Fertigungsstreuungen oder undokumentierte Fabrikationsänderungen handelt – eines wäre freilich so unutullich wie das andere gewesen.²³³⁷ Die seinerzeit anstehende Frequenzgang-Ausweitung auf 15 kHz war mit breitspaltigen Wiedergabeköpfen ohnehin nicht zu erreichen. Zudem wurden die Magnetophon-Geräte in der Regel so in Betrieb genommen, wie sie im Werk eingestellt worden waren, doch wegen der Abnutzung der Magnetköpfe hätte die Justage während ihrer Lebensdauer regelmäßig nachgeführt werden müssen. Schließlich stellte sich noch heraus, dass die Bandführung (also der von Umlenkrollen, Magnetköpfen und dem entsprechenden Umschlingungswinkel, Tonrolle und Andruckrolle vorgegebene Weg des Bandes) erheblich in die Messergebnisse einging und vergleichbare Ergebnisse nur mit Kopfträgern in unveränderlicher Position zu

erwarten waren²³³⁸ – es muss zwingende Gründe gehabt haben, dass das Magnetophon T 9 eine „verstärkt[e] und durch besondere Tragkonstruktion gegen ein Durchhängen gesichert[e]“ Montageplatte bekam.²³³⁹

Und alle diese Fragen mussten mit einem unzulänglichen Messgeräte-Bestand geklärt werden! Sehr spät, im Februar 1948, bekam die Prüfstelle ein wenigstens eingeschränkt taugliches HF-Magnetongerät, nämlich ein K 4-Laufwerk, kombiniert mit einem Verstärker des Behelfs-Geräts Magnetophon Type b2 (Seite 162), ausgeliehen vom Südwestfunk Baden-Baden. Eingeschränkt tauglich war diese Kombination wegen starker Brummeinstreuungen, die jede Dynamikmessung illusorisch machten;²³⁴⁰ der Gebrauchsnutzen der Maschine war also fraglich. Erst im Mai 1949, nach dem Umzug in einen Neubau,²³⁴¹ war eine anspruchsgerechte „Magnetophonband-Prüfanlage“ mit den damals aktuellen Verstärkern V 46 und V 47 installiert, so dass verlässlich mit Hochfrequenzvormagnetisierung ermittelte Ergebnisse zu erwarten waren. Das nicht eindeutig identifizierbare Magnetophon-Gerät (Abbildung 334) mit seinem Elementen von R 22a und K 7 und einem vielleicht von einer T 8 stammenden Kopfträger ist wohl noch älteren Datums²³⁴² – oder sollte es sich um das Vorserienmuster des Magnetophons K 7 handeln, das seit Mitte Juni 1943 in Ludwigshafen arbeitete?²³⁴³



Abbildung 334: Bandprüfung, Juli 1951. An einem Messgestell mit Neumann-Pegelschreiber werden Prüfsignale für die Messung der Kopierdämpfung aufgesprochen. Auf dem rechten Wickelteller des nicht identifizierbaren Magnetbandgeräts (Vorserien-Muster K 7 mit modernerem Kopfträger?) liegt eine Holzscheibe mit dem für Kopierdämpfungs-Messungen vorgeschriebenen Durchmesser.



Abbildung 335: Magnetophonband BASF Typ LGH, ein Standardband von 1950, war das erste (relativ) hochkoerzitive Magnetband der BASF, das für die „niedrigen“ Bandgeschwindigkeiten 38,1 cm/s und 19,05 cm/s geeignet war.

Zu dieser Zeit zeigte sich erneut, dass die Magnetontechnik nicht ohne umfassende Standardisierung oder Normung auskommen kann. Als erster Schritt sollte wieder ein Normalband gefertigt werden, also ein Band, dessen Leistungsfähigkeit genau bestimmt war. Nur wenn sich im Betrieb alle Kennwerte (innerhalb zulässiger Toleranzen) einstellten, konnte man davon ausgehen, dass das Gerät korrekt eingestellt war.

Es versteht sich, dass auf den unsicheren Grundlagen, die Seiberths Aktion offengelegt hatte, keine Produktion vernünftig gesteuert werden konnte. Robl seinerseits hatte dauernd damit zu kämpfen, dass die Eigenschaften der Einsatzstoffe unvorhersehbar schwankten (siehe oben), woraus öfter teils zu steife, teils querkrümmige Bänder resultierten. Versuchte man es mit einer dünneren Schicht, um die Querkrümmung zu vermeiden, verfehlte das Produkt wichtige Kennwerte.²³⁴⁴ So wird die missvergnügte Feststellung Seiberths verständlich:

Voraussagen über das wahrscheinliche Verhalten einer Gießdispersion sind schlecht zu treffen. Die Fertigung ist deshalb hier zunächst noch eine rein empirische Angelegenheit, die durch langwierige Versuchsarbeit und Erfahrung unterbaut werden muß.²³⁴⁵

Wie hatte es fünf Jahre früher, auf dem Höhepunkt der Magnetophonband-Krise, geheißen: „Die Eigenschaften des Magnetophonbandes sind im ganzen weder vorausbestimmbar, noch reproduzierbar.“²³⁴⁶ Es war an der Zeit, hier gründlich Abhilfe zu schaffen.

Das Band für einen neuen Markt: Magnetophonband Typ LGH

Schon die Geräte-Produktionszahlen (Tabelle 5, Seite 351) zeigen, warum *Amateurbänder* (für Heimton- und Diktier-Magnetband-Geräte ebenso wie für Compact-Cassetten) in der Magnetspeicher-Fertigung der BASF von 1951 und 1976 immer dominierten. Zwischen 1953 und 1956, als die deutschen Rundfunkanstalten kein BASF-Magnetophonband verwendeten, dürfte der Heimtonband-Anteil sogar nahe an 100 % gelegen haben.²³⁴⁷

Angesichts der engen Kontakte zu AEG auf technischer Ebene versteht es sich, dass BASF über das Magnetophon AW 1 rechtzeitig vor seiner Premiere im Herbst 1949 aus erster Hand informiert war.²³⁴⁸ Der technischen Logik ebenso folgend wie amerikanischen²³⁴⁹ und britischen Vorbildern,²³⁵⁰ sollte AW 1 mit der Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s arbeiten, und das erforderte Magnetbänder mit einer Koerzitivfeldstärke, die deutlich über dem Wert der damaligen deutschen Rundfunkbänder liegen musste. Wenn auch die Aussichten eines solchen neuen Bandtyps in Deutschland schwer einzuschätzen waren, zeichnete sich hier doch deutlich ein dynamischer, aufnahmefähiger Markt für Magnetbänder ab.

Aufbauend auf dem fortschrittlichen Pigment für das Magnetophonband L-extra, entwickelte Friedrich Bergmann, der Ludwigshafener Magnetpigmentproduzent, einen neuen Oxidtyp,²³⁵¹ mit dem von Ende 1950 bis 1953 das Magnetophonband Typ LGH gefertigt wurde. Seine Koerzitivfeldstärke 20,6 kA/m (260 Oe) lag 3,5mal so hoch wie beim Typ LG – daher die lange übliche Bezeichnung „magnetisch hartes Band“. Seine Remanenz war knapp doppelt so hoch (65 mT gegenüber 35 mT), außerdem war LGH 8 bis 10 dB empfindlicher als LGN, worauf das „H“ in der Typbezeichnung verweist (Luvitherm Guss Hochempfindlich). Dieses Band – zum kleineren Teil auch das knapp ein halbes Jahr später vorgestellte Agfa-Magnetonband Typ FS – lief als Erstbestückung auf AEGs AW 1, KL 15 und auf den ersten Grundig-Geräten. LGH war so erfolgreich, dass 1952 bereits 40.000 Verrechnungseinheiten zu je 1.000 m verkauft wurden. Während die Rundfunkanstalten 1.000 m-Wickel bezogen, fasste die gängige 18 cm-Heimtongeräte-Spule 350 m; das reichte bei 19,05 cm/s für eine halbe Stunde Laufzeit. Beim Wickeln des Magnetbands auf Doppelflanschsspulen, Durchmesser zwischen 11 und 22 cm, suchten die Umspultische der Prüfstelle Magnetophonband mit einer Fotozelle nach Schichtfehlern. Die Polystyrol-Spulen lieferte die Firma Carl Schneider, Rohrbach bei Darmstadt, die zuvor schon die AEG-Wickelkerne gefertigt hatte und bald zu einem vielbeschäftigten Zulieferbetrieb aufsteigen sollte. Während die Produkte der Mitbewerber durchweg noch auf Celluloseacetat gefertigt waren, war LGH dank der Luvitherm-Folie kaum empfindlich gegen Feuchtigkeit und besonders knickfest.²³⁵²

Wie zu erwarten, entwickelte auch der Typ LGH seine Kinderkrankheiten. Dazu gehörte einmal mehr die Neigung, nach längerer Lagerung querkrümmig zu werden, weil Lösungsmittelreste und Weichmacher aus der Schicht in die Trägerfolie wanderten und diese aufquellen ließen. Robl fand als einfachste Lösung, die Bänder (in Blockbreite) über einer 80 °C heißen Platte leicht nachzurecken.²³⁵³ Bei anderen Chargen klebten die Windungen aneinander, weil die Schicht nicht genügend getrocknet war. Zeitweise ruhte die LGH-Produktion sogar, weil die Bänder auf dem AEG-Gerät AW 2 quietschten,²³⁵⁴ doch bekam Robl das mit einigen Zusätzen schließlich in den Griff.²³⁵⁵ Solche Fehler störten auch unbedarfte Kunden. Fachleute dagegen, wie Hans Schepelmann bei AEG, bemängelten, die Gleichmäßigkeit des LGH lasse gegenüber amerikanischen Bändern (also Scotch 111 der 3M) zu wünschen übrig. Andererseits seien LGH wegen seiner besseren mechanischen Eigenschaften und das in einigen Werten überlegene Agfa Magnetonband FS gleichwertig²³⁵⁶ – was sich mit der BASF-internen Einschätzung weitgehend deckte.²³⁵⁷

Ferrite für Magnetköpfe: Friedrich Bergmann

Bergmann entwickelte ausweislich einiger Patentanmeldungen 1950 / 1951 als Alternative zu Carbonschleifenpulver auch Ferrite und erkannte dabei, dass sie sich sehr gut für Magnetköpfe in Tonbandgeräten, insbesondere für Löschköpfe, eignen: wegen ihres hohen elektrischen Widerstands entwickeln sich nur geringe Wirbelströme, so dass ein Tonband mit relativ kleinen Hochfrequenzströmen (in der Praxis also reduziertem Bauteileaufwand) gelöscht werden kann. Bergmann schlug zur Ferritproduktion einen Schmelzvorgang vor, der die beim üblichen Sintern auftretende Porosität verringert. Wegen ihrer großen Härte – die allerdings auch das Bearbeiten erschwert – erreichen Ferrit-Magnetköpfe eine besonders lange Lebensdauer.

Wie so oft in der Magnetspeichertechnik, liegt wohl auch hier eine Mehrfacherfindung vor. Schon im September 1935 hatte nämlich Werner Hühn (Seite 120) in Ludwigshafen Ferrite des Mangans, Kupfers, Kobalts, Nickels, Bleis und Magnesiums untersucht, erstaunlicherweise sogar Barium-Ferrite. Wahrscheinlich wiesen jedoch die meisten dieser oxidkeramischen Werkstoffe magnetische Eigenschaften auf, die mit den damaligen Magnetköpfen nicht beherrschbar waren, so dass dieser Ansatz nicht weiter führte. Wichtiger war Hühns Hinweis, dass Ferrite auch gute Massekerne geben könnten.²³⁵⁸ 1940 forschte Jacob Louis Snoek bei Philips Eindhoven mit Manganzinkferriten und Nickelzinkferriten, aus denen tatsächlich neue Werkstoffe für die Nachrichtentechnik entstanden.²³⁵⁹ Bergmanns erste Anmeldung (1950²³⁶⁰) wurde in Deutschland zurückgewiesen, jedoch in der Schweiz patentrechtlich geschützt; auf ein anderes Bergmann-Patent nahm Philips eine Lizenz.²³⁶¹

Neue Maschinen für die Magnetophonband-Fabrik

Der Erfolg des Magnetophonbandes LGH brachte die Magnetbandfabrik bald an die Grenzen ihrer Kapazität und machte einige Erweiterungen nötig. Die Prüfstelle musste 1951 zu den vorhandenen sechs Umspultischen acht neue bauen (1954 waren es dann schon 18 Stück). Die wachsende Dispersions-Menge verlangte neue Zylinder-Kugelmühlen, 1954 bekamen auch die Birnmühlen *Max und Moritz* Verstärkung. Schließlich reichten sogar die beiden Gießmaschinen-Veteranen von 1946 / 1947 nicht mehr aus. 1952, als AEG Lieferzeiten von vier bis sechs Wochen beanstandete,²³⁶² bestellte Karl Pflaumer zwei neue Gießmaschinen, die 1953 in Betrieb gingen. Leider gibt es kein einziges Bild dieser neuen Anlage, die gleich zwei zusätzliche Reckvorrichtungen besaß, nämlich eine für die unbegossene Folie und eine weitere, die das getrocknete Band nochmals nachreckte, um die lästige Querkrümmung zu verhindern. 1954, als sich schon ein Neubauprojekt abzeichnete, erhielt der Gießraum noch eine Überdruckanlage, damit möglichst kein Staub von außen eindringen konnte, der sonst immer wieder kleine, lästige Fehlstellen auf der Bandoberfläche verursachte – eine Ursache für einen schwer ausrottbaren Fehler der Magnetbänder, die Aussetzer (Drop-out).²³⁶³

Eine der beiden 1946 / 1947 gebauten Gießmaschinen – vermutlich die jüngere – ging zur Firma MSS (Marguerite Sound System, Gründer Cecil Watts, später MasterTape Sound System) nach England, die dort zunächst

auf „Kraft Paper“, später auf PVC-Folie, Magnetband produzierte. MSS fertigte 1956 mit Gendorfer PVC-Folie auch Bänder, die Grundig in England verkaufte.²³⁶⁴

AEG: Magnetophon-Gerätebau 1949 – 1955

Billhorner Canalstraße 13 (später Kanalstraße)

In der Winterhuder Zeit hatte Mgt H mit erheblichen Anfangsproblemen hart gekämpft und einen vollen Erfolg errungen. Mit dem seit Februar 1948 gelieferten neuen Studiogerät T 8 sicherte das Werk seine Stellung bei den neugegründeten westdeutschen Rundfunkanstalten gegenüber Mitbewerbern (etwa Vollmer oder auch Philips). Die AW-Geräte waren zwar erst in der Entwicklung und sollten sich später noch als zu teuer für den Amateurmarkt erweisen, aber sie wurden trotzdem ab Oktober 1949 (AW 1) beziehungsweise August 1950 (AW 2) recht erfolgreich verkauft, unter anderem als Ü-Wagen-Geräte an Rundfunkstudios.²³⁶⁵ Was in der Produktpalette noch fehlte, waren die „wirklichen“ Heimgeräte, die man schon konzipiert, wenn auch noch nicht fertig entwickelt hatte. Auf dieser Dreigleisigkeit der Produktpalette fuhr man ab dem Umzug in die Canalstraße Anfang 1949 weiter: Studio-Magnetophone als Aushängeschild und „melk cow“, preiswerte Heimgeräte für den Massenmarkt der Amateure sowie zwischen diesen beiden Klassen Geräte für einen „gehobenen“ Amateurmarkt, bis hin zu „Semiprofi-Geräten“. Und „so ganz nebenbei“ beschaffte man auch den benötigten, anspruchsvollen und umfangreichen Werkzeugmaschinenpark.

Wenn man so will, kann man auch das Privatleben Eduard Schüllers in jenen Jahren als einen „Wiederaufbau“ bezeichnen. Er heiratete im Januar 1948 Liselotte Heldmann (1916 bis 2002), die Schwester von Hans Schepelmanns Frau Anna-Marie. Noch im Jahr 1948 wurde ihre Tochter Christiane geboren, 1949 folgte Katrin. Erst 1955 kam der lang ersehnte Sohn Johann Mathias. Bei diesem Vornamen liegt für Außenstehende die Vermutung nahe, dass Schüller den Sohn in Erinnerung an seinen Partner Friedrich Matthias benannt hat, der damals schon von den Folgen einer Kriegsverletzung aus dem Ersten Weltkrieg schwer gezeichnet war und ein Jahr später starb. Die Familie Schüller lebte in Winterhude, erst in der Klärchenstraße, ab 1955 in der Willistraße, und blieb dort bis 1959, als das Eigenheim in Wedel fertiggestellt war. Das sollte allerdings zunächst einmal nicht lange genutzt werden – 1961 kamen die Versetzung und der Umzug nach Hannover, 1965 nach Berlin. Erst ein Jahr nach der Pensionierung konnte Schüller seinen Lebensabend ab 1970 im eigenen Hause genießen, allerdings flog er immer noch einmal pro Woche nach Berlin, wo er am TED-Projekt arbeitete.²³⁶⁶

Bei den Studio-Magnetophonen passte man in den nächsten Jahren das T 8 (in mehreren Stufen bis 1955) an neue Normen sowie steigende Anforderungen der Nutzer an – eine Entwicklung, die in den Braunbuchblättern dokumentiert ist –, fasste aber auch schon die nächste Generation mit dem „Arbeitspferd“ T 9 ins Auge, das Schüller im Januar 1951 vorstellte, die AEG jedoch erst ab Februar 1952 auslieferte.²³⁶⁷ Mit der Inbetriebnahme der ersten UKW-Sender 1949/50 waren die Ansprüche an die Studiomagnetophone gewachsen: Während bis dato der T 8-Frequenzbereich bis 10 kHz ausreichte, forderten die Rundfunkanstalten für das T 9 als obere Grenzfrequenz 15 kHz. Und während sich Schüller auf dem engen Hamburger Immobilienmarkt um eine neue, größere Fertigungsstätte bemühte, diese in der Billhorner Canalstraße 13 fand und das Werk dorthin umzog, konzipierte man fast „nebenher“ das erste Heimgerät, das dann zum KL15 wurde und ab 1951 so erfolgreich startete, dass gleich im ersten Jahr 10.000 Geräte abgesetzt werden konnten. Gleichzeitig tauchten mit Opta-Radio und Grundig die ersten ernsthaften Konkurrenten auf dem deutschen Heimgerätemarkt auf. Insbesondere Max Grundig war gewohnt, mit harten Bandagen zu kämpfen, so dass erst einmal mancher Patentstreit die Arbeit bei der AEG behinderte. Grundig plante damals ein billiges Gerät mit einem Herstellungspreis von etwa 250 DM und hatte im Juni 1951 Kontakt zur BASF aufgenommen, um die Belieferung mit Tonbändern sicherzustellen.²³⁶⁸ Im April 1952 hatte auch er den ersten Erfolg gelandet: das erste Koffergerät namens „Reporter 300“ erreichte etwa 60 % (!) des westdeutschen Marktes – allerdings lag sein Marktpreis mit DM 730 ebenfalls über 500 DM, wie denn auch die FUNKSCHAU noch Mitte 1955 fragte, weshalb kein Tonbandgerät unter 500 DM auf dem Markt zu finden sei.²³⁶⁹ Und in den 1950er Jahren tauchten immer weitere Hersteller von Tonbandgeräten auf dem (west-) deutschen Markt auf; bei den Heimgeräten zählte man Ende des Jahrzehnts mehr als 30 Gerätetypen verschiedenster Hersteller, wobei die semiprofessionellen Maschinen nicht einmal mitgezählt waren.²³⁷⁰ Und anschließend tauchten zusätzlich japanische Hersteller auf, die im Jahr 1960 ihre Tonbandgeräte noch auf Telefunken-Lizenz gebaut hatten.²³⁷¹ Diese Konkurrenz auf dem Markt hatte allerdings für die AEG und später Telefunken auch einen positiven Aspekt: dank der vielen, im Laufe der Jahre erarbeiteten Patente der Mitarbeiter verbuchte die Firmenbilanz wesentliche Einnahmen.²³⁷²

Bei den Studiomaschinen konnte sich auf dem deutschen Markt keine ernst zu nehmende Konkurrenz etablieren, im Gegenteil, die AEG verkaufte, wenn auch nicht „welt-“, so doch europaweit. Besonders wichtige Repräsentanten der Abnehmer erhielten „goldene Magnetophone“ (Abbildung 336), das mag bei Konrad Adenauer begonnen haben, dem Hans Schepelmann ein Magnetophon überreichte, ging über den König von Belgien bis zum Schah von Persien und hörte selbst bei hohen sowjetischen Parteivertretern (Nicolai Bulganin wurde genannt ²³⁷³) noch nicht auf. Inzwischen war auch die Schallplattenindustrie (siehe unten) ebenso wie die Spielfilmproduktion nicht mehr ohne Magnetophone denkbar. Und aus den Studiomaschinen wurden andere Anwendungen abgeleitet, die man unter dem Begriff „technische Magnetophone“ zusammenfasste, also Geräte zum

Aufzeichnen des Flugfunkverkehrs, zur Techniküberwachung, zur Datenspeicherung, zur automatischen Steuerung von Maschinen und Anlagen und so weiter.



Abbildung 336: Beispiel eines „Goldenen Magnetophons“, hier eine Truhe mit einem Magnetophon T 9 und einem leistungsfähigen Rundfunkempfänger. Der globusförmige Aufsatz oben rechts war fest verschraubt und beherbergte zwölf Hochton-Lautsprecher. Die notwendigen Verstärker und Einstellglieder (Aussteuerung!) dürften hinter den Klappen verborgen gewesen sein.

Diese ganze positive Entwicklung wurde bei AEG / Telefunken unter Umständen erreicht, die in dieser ungünstigen Konstellation keiner der Konkurrenten überwinden musste. Man kann das nur als Leistung eines eingeschworenen „Teams“ unter Eduard Schüller begreifen, der es verstand, seine Mitarbeiter so sensibel anzuleiten, dass jeder sich wohl fühlte und sich optimal für den Erfolg einbrachte. Und trotz aller Not, insbesondere vor dem Beginn des „Wirtschaftswunders“, hielt die Belegschaft eng zusammen; man genoss die Gemeinsamkeit bei Firmenfeiern, Faschingsfeten, gemeinsamen Betriebsausflügen – ob bei Dampferfahrten auf der Elbe oder bei Bustouren an die Ostsee.²³⁷⁴

Leider wurde diese Harmonie mehrmals durch den Konzernvorstand gestört, dessen Entscheidungen auch bei den Mitarbeitern auf Unverständnis stießen. Man bekam recht schmerzlich zu spüren, dass Hermann Bücher, der das Magnetophon gewissermaßen als sein Kind betrachtet und den Bereich immer unterstützt hatte, 1946 entlassen worden war. Das auf Seite 265 zitierte Vorstands Rundschreiben vom 18. Oktober 1948 war auch in Winterhude offiziell bekannt gemacht wor-

den, allerdings wurde die Entwicklung unter Schüller und der Vertrieb unter Hans Schepelmann betont; die Fertigung in Berlin wurde dabei „überlesen“; sie wäre nicht zu realisieren gewesen. Die Belegschaft sah in Schüller ihren Mann, der qualifizierte Anweisungen geben konnte; Schepelmann wurde eher „als Spesenritter gesehen, der die neuesten Dienstwagen fuhr“. Auch hatten die Mitarbeiter von den aus Berlin dazu gestoßenen Kollegen erfahren, dass Schepelmann in Berlin und Zühlendorf in SS-Uniform zur Arbeit erschienen sei.²³⁷⁵ Desto bitterer wurde es registriert, als der Vorstand entschied, Schepelmann solle die Leitung des neuen Werks an der Billhorner Canalstraße übernehmen, während Schüller sich um aktuelle Entwicklungsprobleme zu kümmern hatte. Solche Maßnahmen sind als „Oberingenieur-Problem“ durchaus bekannt und üblich. Ohne technisch hoch qualifizierte Entwickler funktioniert keine Firma. Als Belohnung für solche Spezialisten – und um sie im eigenen Hause zu halten – muss man sie angemessen bezahlen. Dafür sehen fast alle Unternehmen den Aufstieg auf der Karriereleiter vor – also Führungsaufgaben. Aber was macht man, wenn der Spezialist zur Lösung entscheidend wichtiger technischer Probleme benötigt wird und nicht von Führungsaufgaben abgelenkt werden darf? Nun, dafür gibt es den Posten des Oberingenieurs, der zwar nicht führt, aber besonders gut bezahlt wird. Im vorliegenden Fall war es natürlich nicht besonders feinfühlig, einen Firmenleiter bei auftretenden technischen Problemen wieder in die Entwicklung zurückzusetzen, und doppelt ungeschickt, ihm seinen Schwager vor die Nase zu setzen. Das haben die meisten Mitarbeiter auch so gesehen und nicht verstanden. Schüller hatte durchaus Verständnis für „Crash“-Maßnahmen, denn ihm waren die Anlaufprobleme der vielen neuen Gerätetypen, die man gleichzeitig auf den Markt gebracht hatte, sehr wohl geläufig. Aber so, wie die Entscheidung gefallen war, hatte er auch private Probleme damit, wie sein Neffe bestätigte: „Eduard Schüller war über die Zurücksetzung sehr verärgert, insbesondere, da sie durch die neue Verwandtschaft geschah“.²³⁷⁶ Nun, die Probleme konnten bereinigt werden und die nächsten Magnetophon-Generationen T 9, R 65 und KL 25 waren noch erfolgreicher als die vorhergehenden. Ja, Schüller hatte neben dem Tagesgeschäft noch Zeit gefunden, im Jahre 1953 eines seiner wichtigsten Patente anzumelden, das der Schrägspuraufzeichnung (Seite 569). 1954 war Schüller wieder Technischer Direktor seines Werks und sehr erfolgreich bei dem folgenden, extrem schwierigen Umzug nach Wedel.

Die nächste gravierende Konzernentscheidung war schon intern im Vorstand von AEG und Telefunken von Friedrich Spennrath im Juli 1953 bekannt gegeben worden:²³⁷⁷ Die Magnetophon-Sparte wurde zum 1. Oktober 1954 von der AEG auf deren Tochter Telefunken, Werk Hannover Linden, Göttinger Chaussee 76, übertragen: „Die Entwicklung und Fertigung der technischen Magnetophon-Geräte verbleibt auch über diesen Termin hinaus in Hamburg. Auch die Fertigung des Kleingerätes KL 25 läuft in Hamburg weiter. Da die AEG-Organisation einschließlich der Exportabteilung glaubt, unter den derzeitigen Marktverhältnissen monatlich 800 bis 1000 Stück Magnetophon-Geräte zu den bisherigen Preisen umsetzen zu können, werden die Einschreibungen im bisherigen Umfange weitergeführt.“²³⁷⁸ Dies wurde in Hamburg erst einmal positiv aufgenommen, besonders auch, weil Eduard Schüller wieder Technischer Direktor wurde und das Werk nicht nach Hannover verlagert werden sollte. Offiziell sollte Schepelmann zwar mit dem Magnetophonbereich zu Telefunken gehen, er wurde aber nach mehreren Herzinfarkten, die er zu dieser Zeit erlitt, und nach längeren Kuren kaum noch im Werk gesehen.²³⁷⁹ Einem weiteren Herzinfarkt während einer Fabrikeröffnung in Bremen ist Hans Schepelmann am 23. Juni 1956 erlegen.

Diese Neuorganisation hatte zur Folge, dass zwar noch lange Jahre Magnetbandgeräte mit der Firmenbezeichnung AEG angeboten wurden, gleichzeitig identische Typen unter Telefunken. Das galt zumindest zeitweise auch für Studiogeräte;²³⁸⁰ seit etwa 1980 lautete die Herstellerangabe AEG-Telefunken. Begründet wurde das zunächst damit, dass die Rundfunkanstalten darauf bestünden, AEG-Magnetophone zu erhalten. Als Kuriosa tauchen bisweilen Magnetophone auf, die beide Embleme zeigen.

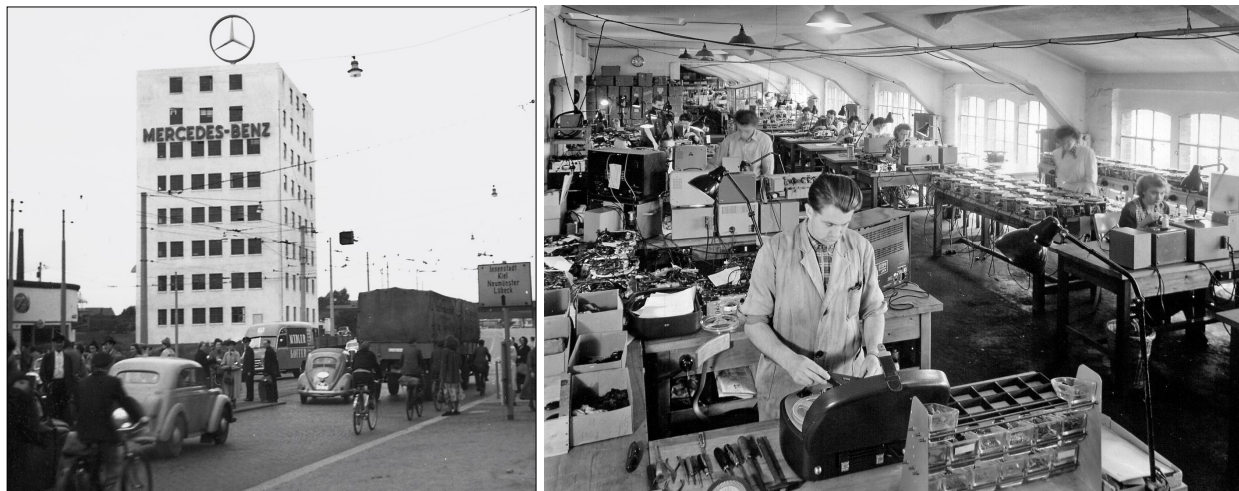


Abbildung 337 (LINKS): Das Magnetophonwerk in der Billhorner Canalstraße 13 in einer Aufnahme vom Anfang der 1950er Jahre.
Abbildung 338 (RECHTS): Endmontage des Magnetophons KL 15 in einem ehemaligen Lagergebäude an der Hammerbrookstraße.

So zog denn ab Ende 1955 nicht die AEG, sondern Telefunken von Hamburg nach Wedel. Vorher hatte allerdings der Vorstand eine Entscheidung gefällt, die letztlich schon das Ende des Wedeler Werks besiegelt hatte, bevor überhaupt der Umzug dorthin stattfand: Telefunken hatte seinen Hauptsitz in Berlin und konnte aus der Berlinhilfe Subventionen erhalten, wenn dort Arbeitsplätze geschaffen wurden. Man erinnerte sich an die 1950 stillgelegte Magnetophon-Sparte und reaktivierte die Fabriken FDS beziehungsweise Schwedenstraße (die Gebäude waren miteinander verbunden) für diese Produktion. Da man die Studiogeräte kaum nach Berlin ziehen konnte – die Zentren der Studioteknik und damit die Märkte und Gesprächspartner lagen ebenso wie die Rundfunktechnische Zentrale (RTZ) und die meisten Rundfunkanstalten der ARD (seit 5. August 1950) und andere Kunden nun einmal im Westen der Republik –, entschied man, dass ab 1955 eine völlig neue und preisgünstige Magnetophon-Familie in Berlin zu fertigen sei. Da man dort aber seit 1950 keine eingearbeiteten Entwickler mehr zur Verfügung hatte, sollte die neue Produktfamilie im neuen Telefunken Radio-Werk in Hannover, Göttinger Chaussee 76, entwickelt werden. Aber auch dort gab es keine Magnetophon-Spezialisten, deshalb warb man Mitarbeiter aus dem „winning team“ der Hamburger Mannschaft ab – insbesondere Rudolf Goetze, den führenden Entwickler – und übergab ihm nach der Entwicklungsphase auch die Projektverantwortung für die neue Magnetophon-Familie in Berlin. Die verantwortlichen Entscheidungsträger hatten schon am 4. Dezember 1953 auf die negativen Konsequenzen dieser Entscheidung hingewiesen – ohne Erfolg.²³⁸¹ Und Rudolf Goetze arbeitete für Berlin genau so erfolgreich, wie er es für Hamburg getan hatte. Damit war dem Wedeler Werk das zunehmend wichtige Standbein Heimerätemarkt abgesägt. Der verbleibende Studiomarkt blieb weiter sehr erfolgreich, der gehobene Amateurmarkt war aber damals noch nicht lukrativ, da die Geräte für die meisten Interessenten noch unerschwinglich teuer waren. Und als die Einkommen im Laufe der Jahre stiegen, brachte auch Berlin ein „gehobenes“ Amateurgerät auf den Markt, so dass die innerbetriebliche Konkurrenz wieder perfekt war. Ende der 1950er Jahre ließ sich der „Erfolg“ dieser Konzernpolitik in den Wedeler Bilanzen ablesen: Der Umsatz mit Tonköpfen für das Berliner Werk (diese wurden in Wedel gefertigt) war größer als der Wedeler Umsatz mit den Geräten der gehobenen Amateurklasse.²³⁸² In dieser Situation war es natürlich für den Konzernvorstand naheliegend, die Heimerätefertigung zusammen mit den „Semi-Profi-Geräten“ mit dem Jahre 1962 in Wedel auslaufen zu lassen und die „technischen Magnetophone“ 1960 an das Telefunken-Werk in Konstanz abzugeben, das diese Geräte als Datenspeicher für Rechner, RADAR-Anlagen und die dort entwickelten Briefsortieranlagen reklamiert hatte (die damalige Deutsche Bundespost nahm die erste Briefsortieranlage 1961 in Betrieb²³⁸³). Im letzten Augenblick wurde entschieden, dass auch die Studiogeräte mit nach Konstanz verlagert würden.²³⁸⁴ Proteste der Rundfunkanstalten gegen diese Entscheidung wurden ignoriert.²³⁸⁵ Da trotz aller Bemühungen des Vorstands sich die Tonkopfspezialisten Werner Dzienkan und Harald Harkensee weigerten, Wedel zu verlassen, mussten weitere Spezialisten in Hannover herangezogen werden, und neue Magnetköpfe wurden noch bis 1964 in Wedel entwickelt. Eduard Schüller lehnte es ab, nach Konstanz zu gehen, wie das der Vorstand geplant hatte. Er ist zwar einmal kurz dort gewesen, hatte ein Büro eingerichtet und wohl auch mit dem Gedanken gespielt, ein Haus zu bauen, aber „die AEG Konstanz war eine Behörde, da konnte ein Mann wie Schüller nicht arbeiten“.²³⁸⁶ Daraufhin ernannte ihn AEG-Telefunken zum Leiter der Grundlagenentwicklung im Fachbereich Phono- und Magnetbandgeräte im gesamten Konzern mit Dienstsitz in Hannover, und erlaubte ihm dort,

sich wieder stärker der Bildaufzeichnung zu widmen (Seite 574). Zum 1. Oktober 1965 wurde auch sein Dienstsitz nach Berlin verlegt; seine Familie zog wieder einmal um.

Und parallel zu dieser Entwicklung fielen weitere Aufgaben an: So legte die Vollversammlung des CCIR (Consultative Committee for International Radio, Comité International Consultatif des Radiocommunications) Mitte 1951 erstmalig international verbindliche Werte fest, die von allen Herstellern zu realisieren waren. Unter anderem wurden die Frequenzgänge bei Aufnahme und Wiedergabe in der Magnettontechnik verbindlich fixiert. Auch die „amerikanischen Bandgeschwindigkeiten“ (30 ips und 15 ips, also inches per second) sowie die Bandbreite ($\frac{1}{4}$ inch = $6,35 \pm 0,15$ mm; nach DIN 45512, Ausgabe 1955: $6,25 \pm 0,05$ mm, seit 1968: $6,30 \pm 0,06$ mm) wurden festgelegt, dasselbe galt für die Wickelkerne nach NAB und AEG (100 und 70 mm).²³⁸⁷



Abbildung 339 (LINKS): KL 15/D, das autarke Magnetophon – mit „Deckelverstärker“.

Abbildung 340 (RECHTS): KL 25, die zweite erfolgreiche Magnetophon-Serie, jetzt mit besserer Bandausnutzung, eingebautem Endverstärker sowie Bandlängenmessgerät. Der wenig gefragte Plattenspielerzusatz des Magnetophon KL 15 entfiel.

Produktion im Werk Hamburg, Canalstraße

Der Hinterhof in Winterhude war schon kurz nach der Währungsreform nicht mehr groß genug für das Magnetophon-Werk. Man suchte und fand ein geeignetes Gebäude in der Billhorner Canalstraße 13, später – in modernerer Schreibweise – Billhorner Kanalstraße. Das auffällige Gebäude (Abbildung 337) gibt es auch heute noch, wenn auch unter ganz anderer Adresse. Und auch heute noch dreht sich der Mercedes-Stern auf dem Flachdach. Der Bau steht praktisch am Ende der Autobahn, wo diese nach dem Passieren der Norderelbbrücken auf Hamburgs innerstädtische Straßen übergeht. Die Kubusform hat viele Leute gereizt, dieses Gebäude als ehemaligen Bunker zu betrachten, was aber nicht zutrifft. Es waren vielmehr die Mauern einer ausgebrannten Zigarettenfabrik, die von der Maschinenfabrik Vielhaben nach dem Kriege aufgekauft und wieder als Fabrik aufgebaut worden waren. Vielhaben bezog die beiden unteren Etagen, darüber residierte die Druckereimaschinenfabrik Paul Pflüger. Die obersten drei Etagen mietete die AEG ab Frühjahr 1949²³⁸⁸ für die Abteilungen Fertigung, Montage, Prüffeld und Konstruktion ihrer Magnetophon-Fabrik.²³⁸⁹ Schon sehr bald musste man nahebei ehemalige Lagerhallen als Altbauten in der Süderstraße und der Hammerbrookstraße mieten, wohin die Montage des KL 15 umzog (Abbildung 338) ebenso wie die Tonkopffertigung mit einem sehr improvisierten Akustiklabor – die Wände waren mit Eier-Kartons als Schallabsorber bestückt.²³⁹⁰

Technik der Hamburger Heim-Magnetophone: KL 15, KL 25 und KL 35

Zu den Hamburger Heim-Magnetophonen zählen die Magnetophone KL 15, KL 25 und KL 35. KL wird bisweilen mit „Koffer leicht“ erklärt, bisweilen auch einfach nur mit „Klein-Magnetophon“. Die darauf folgende Zahlenkombination war eine Umkehrung des Entwicklungsjahres: KL 15 in 1951, KL 25 in 1952 und KL 35 im Jahr 1953. Aber das letztere stimmte nur noch für das erste Konzept dieses Magnetophons – aufgrund der genannten Konzernentscheidung für eine konkurrierende Fertigung in Berlin musste das KL 35 völlig neu konzipiert werden. Dadurch verzögerte sich das Projekt so, dass dieses Magnetophon erst 1956 in Wedel marktreif wurde. Das Magnetophon KL 15 aus der Hamburger Fertigung wurde interessanterweise auf einer Berliner Industriemesse vorgestellt – im Oktober 1951 (Abbildung 352). Die Aufnahme der neuen Technik in der Öffentlichkeit würde heute allerdings wohl etwas anders aussehen (Abbildung 353).

Dem KL 15 war übrigens vergönnt, was 1939/40 dem Magnetophon R 22 versagt blieb: als die für 1940 nach Helsinki vergebenen Olympischen Spiele dort im Jahre 1952 „nachgeholt“ wurden, lieferte die AEG immerhin 60 Klein-Magnetophone für Rundfunkreportagen.²³⁹¹ In Sachen Aufzeichnungsqualität dürften sie ihre Vorfahren mühelos übertroffen haben, und das bei einem Viertel der noch 12 Jahre zuvor kaum unterschreitbaren Band-

geschwindigkeit 77 cm/s. (Und verblüffenderweise kam das Magnetophon KL 15 in Deutschland auch noch zu Braunbuch-Ehren: am 22. Mai 1953 erscheint es als „Wiedergabegerät R 41“!²³⁹²)

Die Antriebskonzepte

Alle drei Heimgeräte hatten das gleiche Grundkonzept, für das Eduard Schüller und sein Entwickler Rudolf Goetze verantwortlich zeichneten, die damals noch als ein Gespann daran arbeiteten. Dieses Konzept folgte inzwischen feinmechanischen, wenn auch noch recht robusten Konstruktionsprinzipien. Das Laufwerk war oberhalb und unterhalb eines Aluminium-Gussrahmens aufgebaut. Nicht ins Auge springend – aber wichtig für Heimgeräte – war der Fortschritt, der sich durch die Verwendung spezieller Sinterlager ergab, weil das Ölen von Lagern damit überflüssig wurde. Auffällig an allen drei Klein-Magnetophonen war der Antrieb durch einen horizontal liegenden Asynchronmotor von nur knapp 20 Watt Leistung (hergestellt vom AEG Werk Oldenburg²³⁹³), der mit einem konischen Reibrad – ähnlich wie ein Kegelradgetriebe – auf ein Tellerrad mit senkrechter Welle arbeitete. Diese Tellerrad-Welle bildete gleichzeitig Tonrolle und Zwischenwelle für die weiteren Antriebe. Für die notwendige Reibung war in das Tellerrad ein Gummiring, technisch genauer ein „hohler Rundschnurring“, eingeklebt (Abbildung 341). Die Antriebe aller drei Geräte hatten genug Reserven, um auch 18 cm-Tonbandspuhlen durchzuziehen. Trotz dieser Gemeinsamkeit unterschieden sich die drei Antriebe noch grundlegend:

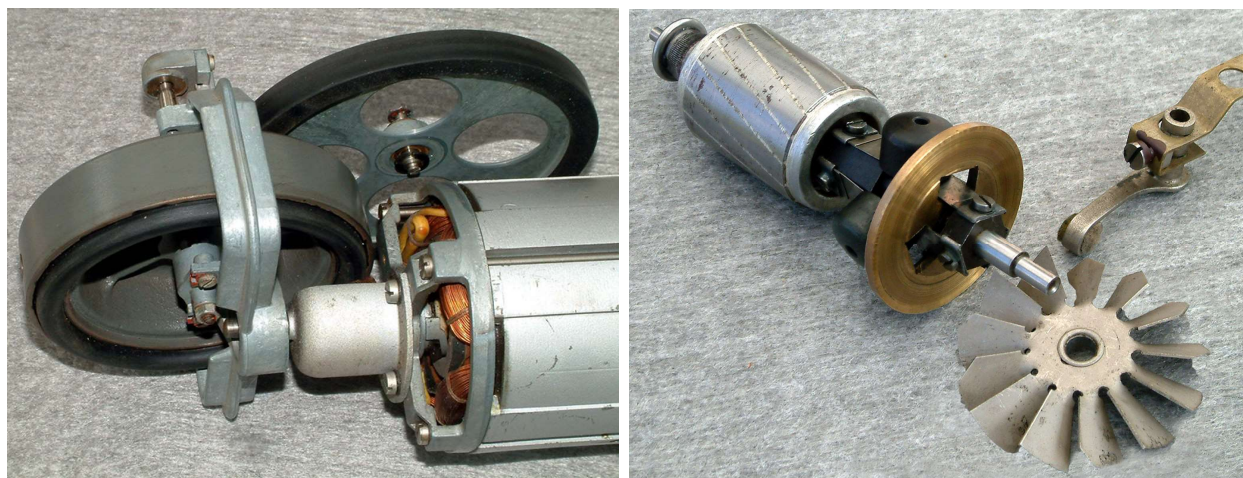


Abbildung 341 (LINKS): KL 25, Antriebsprinzip der Hamburger Kleinmagnetophone: Der horizontal liegende Motor treibt mit einem Kegelrad die senkrecht stehende Tonrolle (Capstan) über ein Tellerrad mit eingeklebtem Rundschnurring an. Ein weiteres „Mittelrad“ mit Gummiüberzug konnte an eine Reibfläche zwischen Tellerrad und Tonrolle andrückt werden und die Drehbewegung je nach Aufgabe an weitere Wellen weiterleiten.

Abbildung 342 (RECHTS): KL 15: Die Drehzahl des Antriebmotors konnte nur bei diesem Gerät mit einem Fliehkraftregler auf die Sollzahl abgebremst werden. Manuelle Verstellung der Bremskraft über Hebel, der hier nach rechts zeigt, aber links neben dem Deckblech bedient wurde. Lüfter wegen besserer Übersicht abgenommen.

Den Antrieb des KL 15 besorgte ein 220 V / 50 Hz Motor mit nur einem Polpaar, so dass auch das ganze Magnetophon KL 15 nur an 220 V Wechselstrom betrieben werden konnte. Die Drehzahl des Motors war so ausgelegt, dass die Bandgeschwindigkeit über 20 cm/s lag (Tonrollendurchmesser 10,0 mm), dies selbst bei einer Unterspannung von 190 V. Mit einem mechanischen Fliehkraftregler (Abbildung 342) wurde die Drehzahl dann so gedrosselt, dass die Bandgeschwindigkeit den Normwert 19,05 cm/s entsprechend $7\frac{1}{2}$ ips einnahm. Der Stellhebel für den Regler konnte – etwas verdeckt – links hinten neben dem Frontplattenrand betätigt werden. Zur Überprüfung der Drehzahl lagen jedem Gerät Stroboskopscheiben bei, die Test und Einstellung durch den Eigentümer zuließen (in Abbildung 345 zu sehen).

Beim KL 25 nahmen auch die Hamburger Konstrukteure Rücksicht auf das Portemonnaie des Kunden und reduzierten die Bandgeschwindigkeit auf die Hälfte. Da gleichzeitig die Halbspurtechnik bei wesentlich verringerter Breite des Magnetkopfspalts (6 μ m) eingeführt wurde, konnte man eine Halbierung der Betriebskosten bei annähernd gleicher Qualität zusagen. (Allerdings konnte das Gerät auch mit 19 cm/s geliefert werden.) Die Halbierung der Motordrehzahl wurde durch Einsatz eines Motors mit zwei Polpaaren erreicht. Da der Motor für 110 V / 50 Hz ausgelegt war, wurde er an der 110 V-Anzapfung des Netztrafos betrieben, so konnte das Magnetophon bei Netzspannungen von 110 bis 240 V eingesetzt werden. Eine Regelung der Motordrehzahl war nicht mehr vorgesehen, allerdings war die Tonrollendrehzahl einstellbar, indem der Motor in seiner Längsachse verschoben wurde: Der Antriebskonus wurde mit der Motorwelle so in Längsrichtung verschoben, dass sein im Kontakt mit dem Rundschnurring wirksamer Durchmesser die Nenndrehzahl der Tonrolle (7,2 mm Durchmesser) erzwang. Bei dieser Gelegenheit wurde gleich ein Fehler des KL 15 abgestellt: Der hohle Rundschnurring war so wenig elastisch, dass sich die Einprägung des Motorkegelrades nach wenigen Tagen Ruhezeit nicht wieder erholte, was sich bei jeder Umdrehung akustisch bemerkbar machen konnte. Das KL 25 verwendete deshalb einen wesentlich elastischeren Ring aus Vollmaterial; allerdings musste deshalb aber auch der Werkstoff des Kegelrades geändert werden (von Stahl auf Novotex).

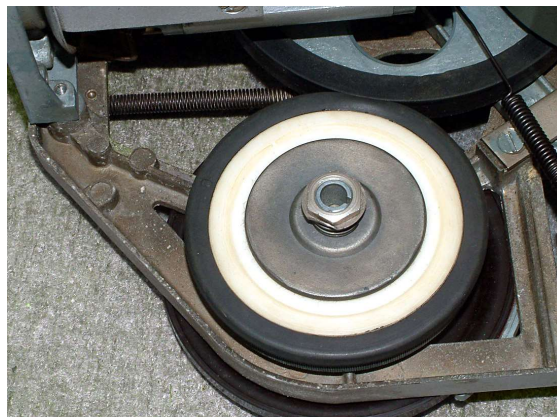
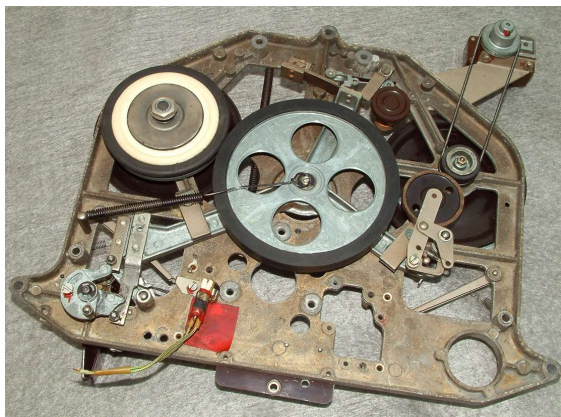


Abbildung 343 (LINKS): KL 25, Laufwerk von unten, Motor und Tellerrad sowie Kopfzusammenbau entfernt. Das „Mittelrad“ läuft in einem dreibeinigem Stellrahmen, der „oben“ mit einer Blattfeder gelagert ist und mit einer Spiralfeder in Richtung des Betriebsartenschalters (hier links vorne) gezogen wird. In Halt-Stellung sind alle Räder außer Eingriff, sonst bei „Spielen“ gegen Wickelteller (hier links), bei Rückspulen über federnd gelagertes Zwischenrad (Drehrichtungsumkehr) gegen Rückspulteller (hier rechts mit Wegmesswerkantrieb). Das Bakelitsilberschalter, der bei Bandriss oder Bandende wegkippte und dadurch den Antrieb ausschaltete.

Abbildung 344 (RECHTS): KL 25, Detail zur Rutschkupplung des rechten, aufwickelnden Bandtellers: Das Zwischenrad trieb den schwarzen Gummiring der weißen (Polyamid-) Rutschkupplung mit zu hoher Drehzahl an. Die Drehung des weißen Rades wurde beidseitig über Filzringe als Kupplung und eine obere und untere Metallscheibe auf die Tellerwelle übertragen. Die Kupplungskraft und damit die Festigkeit des Bandwickels wurde über eine Schraube mit Feder vor dem Zusammenbau auf Sollwert eingestellt.

Beim KL 35 wurde der Antrieb des KL 25 (bis hin zur Laufwerksplatine) weitgehend beibehalten. Da aber das KL 35-Konzept auf den „Semi-Profi“ als Abnehmer zielte, konnte dieser zwischen den Bandgeschwindigkeiten 19,05 cm/s und 9,5 cm/s (bei 10,0 mm Tonrollendurchmesser) wählen, was durch Umschaltung der Polpaarzahl des Motors (zwei der fünf Schalttasten des KL 35) erfolgte. Trotz Halbspurtechnik wurde mit Hilfe schmaler Tonkopfspalte ein beachtlicher Frequenzumfang, auch bei niedriger Bandgeschwindigkeit beziehungsweise bei langen Spielzeiten erreicht (Seite 326).

Ein weiteres Reibrad („Mittelrad“, „Zwischenrad“), etwa so groß wie die Topfscheibe, war in allen drei Typen frei drehbar auf einer Achse gelagert, die in einem Stellrahmen verschraubt war (Abbildung 343). Dieser Stellrahmen wurde von einer Blattfeder gehalten und von einer Spiralfeder gegen einen Anschlag des mechanischen Betriebsschalters so in einer neutralen Position gehalten, dass das Rad außer Eingriff war. Wurde der Betriebsschalter aus seiner Haltstellung heraus verdreht, verschoben dessen Nocken den Stellrahmen so, dass das große Reibrad in Kontakt mit der zugehörigen Reibfläche der Capstanwelle kam sowie gleichzeitig mit den „Zielobjekten“, also etwa dem linken Wickelteller bei „Rücklauf“, dem rechten Wickelteller bei „Vorlauf“ sowie bei „Aufnahme“ und „Wiedergabe“. Auf dem Weg zum linken Wickelteller wurde die Drehrichtung durch ein federnd gelagertes Zwischenrad umgekehrt. Auf der rechten Seite saß zwischen angetriebenem Reibrad und Wickelteller eine einstellbare Rutschkupplung, die den Bandzug bei Aufnahme und Wiedergabe bestimmte (siehe Abbildung 344). Weitere Nocken des Betriebsschalters steuerten über Stoßstangen den Bandendschalter (einen Quecksilberschalter, der bei fehlendem Bandzug kippte und so den Motor ausschaltete), die Brummklappe, verschiedene Bremshebel und so weiter. Dieses Konzept galt für alle drei Typen, wenn auch einzelne Bauteile, etwa der Nockenschalter, ihr Aussehen im Laufe der Produktionsjahre stark änderten.

Interessant war eine Besonderheit, die mit dem „Mittelrad“ realisiert wurde: Es wurde beim KL 15 so ausgelegt, dass seine Nenndrehzahl 78 Umdrehungen/min betrug, also der Normdrehzahl der damaligen Schallplatten entsprach. Dann erhielt – und nur bei diesem Gerät – dieses Rad einen Wellenstummel, auf den ein Schallplattenteller gesteckt werden konnte (Abbildung 346 und Abbildung 345). In einem festen Stecker rechts oben hinter dem Frontplattenrand konnte ein spezieller Tonarm befestigt werden, so dass das Bandgerät zusätzlich einen preisgünstigen Plattenspieler (45 DM) erhielt.

Die beiden Wickelteller waren grundsätzlich für ein simples Auflegen der damals von Heimkinogeräten her bekannten Doppelflanschspulen ausgelegt (Abbildung 339, Abbildung 340 und Abbildung 350), die dem „Amateur“ das doch einige Geschicklichkeit erfordernde Hantieren mit einem „offenen“ Bandwickel abnehmen sollten, zumal die Bänder meist nicht so kompakt gespult waren wie von Studiogeräten. Anstelle des üblichen senkrechten Schlitzes im Spulenkern zum Einschieben des Filmanfangs hatten manche Tonbandspulen die für Tonbänder wesentlich vorteilhafteren Schlitz unter 45°, die Schüller und Schießler schon 1938 in einem Patent erwähnten.²³⁹⁴ Genaugenommen ist übrigens die 18 cm- Doppelflansch-Spule eigentlich eine 7 in reel (also mit 17,8 cm Durchmesser), die 13 cm-Spule eine 5 in reel (12,7 cm). Angetrieben wurden die Spulen von dem genannten „großen Reibrad“. Der Außenumfang der Wickelteller war außerdem als Reibfläche für je eine Backenbremse ausgelegt, die mit Federkraft betätigt wurde und so konstruiert war, dass die Bremskraft in einer Drehrichtung höher lag („selbstverstärkend“) als in der anderen (Abbildung 349). Gegen die Bremskraft der Feder wirkte der Bandzug über Fühlhebel, so dass die Bremskraft je nach Bandzug herunter geregelt wurde. Der Bremsbelag bestand aus Nylon-Samt.

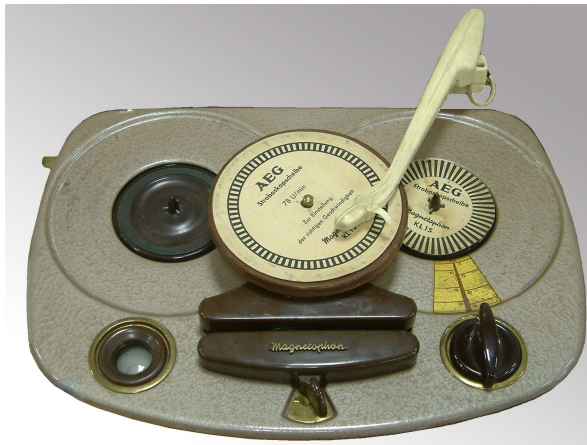


Abbildung 345: KL 15 mit Plattenspieler-Zusatz. Die Topfscheibe für die Schallplatte wurde in einen Wellenstumpf des Mittelrades (zu sehen etwa in Abbildung 339) gesteckt, der Tonarm in einen Spezialstecker oben rechts vom Magnetophon. Zur Demonstration sind hier die beiden Stroboskopscheiben aufgelegt, die es erlaubten, die Drehzahl mit Hilfe des Fliehkraftreglers nach Abbildung 342 (auf diesem Bild Messinghebel links oben) auf Sollwert einzustellen.

Beim KL 15 verzichtete man noch auf ein Bandzählwerk, die „abgelaufene“ Spielzeit konnte grob an aufgedruckten Verbrauchs-Skalen unter der rechten Spule (in Abbildung 349 zu sehen) abgelesen werden, wie das ähnlich bei den Tonschreibern üblich war. Dies Verfahren musste bei Bändern mit geringerer Dicke, wie sie 1953 als „Langspielband“ auf den Markt kamen, praktisch versagen: man hätte jeden Ablesewert mit 1,5 multiplizieren müssen. Das KL 25 erhielt deshalb ein Bandzählwerk, das allerdings „links hinten“ (Abbildung 340) etwas unglücklich positioniert war; erst KL 35 zeigte bei den Hamburger Geräten eine akzeptable Position (Abbildung 351).

Zumindest bei den Geräten KL 15 und KL 25 wurden erhebliche Anstrengungen unternommen, diese als „bedienerfreundliche“ Diktiergeräte anbieten zu können: Ohne den Wiedergabebetrieb am Betriebsschalter zurückzunehmen, konnte das Band kurz angehalten und sogar zurück gespult werden. Die technische Realisierung war allerdings von Gerätetyp zu Gerätetyp unterschiedlich, obgleich die eigentliche Funktion sehr ähnlich war. Da – schon zur Zeitersparnis – der Betriebsschalter in seiner Stellung nicht verändert werden sollte, musste der normale Vorwärtstransport des Bandes anders angehalten und das Band ggf. sogar gegen die eingestellte Richtung zurück transportiert werden. Der normale Vorwärtstransport (Abbildung 346) wurde gestoppt, indem eine zweite Gummiandruckrolle so zwischen Tonrolle und Band geschoben wurde, dass diese die erste von der Tonrolle weg drückte und das Band jetzt zwischen den beiden Gummirollen festhielt (Abbildung 347). Beim Weiterbewegen des steuernden Hebels bekam die zweite Gummirolle Kontakt mit der Tonrolle, wurde von dieser angetrieben und transportierte nun das Band zwischen beiden Gummirollen entgegen der normalen Bandlaufrichtung (Abbildung 348). Gleichzeitig wurde eine kurze Welle mit zwei Rädern so zwischen Antriebsrolle des linken Tontellers und diesen Tonteller geschoben, dass der linke, abspulende Teller seine Drehrichtung umkehrte und das Band aufspulte statt es ablaufen zu lassen. Eine Stoßstange setzte die Bremse des linken Tellers außer Betrieb. Die Realisierung dieses Prinzips war allerdings bei den Geräten unterschiedlich:

Beim KL 15 wurde der Diktatzusatz durch einen Diktathebel gesteuert, der auf einen Wellenstumpf gesteckt wurde (Abbildung 346, Abbildung 347 und Abbildung 348). Über diesen Wellenstumpf löste er mit einer Nockenscheibe in zwei Stufen die Funktionen „Bandstop“ und „Bandrücklauf“ aus. Bei dieser Variante trat ein unvorhergesehenes Problem auf: nach dem Einsatz wurde beim Zusammenlegen des Gerätes häufig vergessen, diesen Hebel abziehen, so dass er beim Zuklappen den Deckel oder gar – wenn ein Deckelverstärker eingebaut war – die Lautsprecherabdeckung beschädigte. Dies könnte der Grund gewesen sein, für das KL 25 eine bessere Konstruktion zu suchen.

Beim KL 25 wurde der Diktatzusatz als Handhebel (hinter der Deckplatte) realisiert, der durch horizontale Verschiebung in zwei Stufen die beiden Funktionen steuerte (Abbildung 349). Der Hebel ließ sich per Fußschalter, allerdings rein mechanisch, „fernsteuern“, so konnten die Hände auf der Schreibmaschinentastatur bleiben.

Das KL 35 war für ein Diktiergerät reichlich überdimensioniert, so dass diese Funktion entfiel. Allerdings war jetzt ein elektrisch über einen Hubmagneten ausgelöster (Kurzzeit-) Stopp des Spielbetriebes eingebaut, der sowohl über eine der fünf Tasten, als auch über einen externen (Fuß-) Schalter betätigt werden konnte. Technisch gelöst wurde diese Stopp-Funktion mit der von den kleineren Geräten bekannten Technik: eine Gummirolle hob das Band von der Tonrolle ab. Ein Zurücktransportieren des Bandes war allerdings beim KL 35 nicht vorgesehen (Abbildung 351).

Auslegung der Verstärker

Die Verstärker bauten natürlich auf der vorhandenen Erfahrung mit den Vorgängergeräten auf und waren ihrerseits wieder Zwischenschritte für die weitere Entwicklung. Das „Kleinmagnetophon KL 15“ war ursprünglich als Zusatzgerät für Radios konzipiert und bekam deshalb keine eigene Endstufe. Erst in der Ausbaustufe KL 15/D erhielt das Gerät einen „Deckelverstärker“, also einen im Gerätedeckel integrierten Verstärker mit Laut-

sprecher (Abbildung 339). Das KL 15 arbeitete zwar mit drei Tonköpfen, bot aber keine Hinterbandkontrolle, da es nur einen Verstärkerzug besaß. Aufnahme- und Wiedergabeköpfe wurden erstmals hermetisch in einen Kunststoff namens Hostacoll eingegossen, was zunächst zu erheblichen Problemen führte, weil die meisten Mitarbeiter auf diesen Werkstoff ausgeprägt allergisch reagierten (später wurde die Verarbeitung professioneller gestaltet, Ende 1955 verschwand Hostacoll wegen seiner Giftigkeit vom Markt²³⁹⁵). Die Schaltung entsprach dem damaligen Stand der Technik: Als Verstärkerröhren wurden durchgängig die Novalpentoden EF 804 verwendet, lediglich die Endpentode im Deckelverstärker war eine EL 41. Als Anzeigeröhre wurde der moderne „magische Fächer“ EM 71a, im HF-Generator (ca. 63 kHz) noch eine nicht ganz so moderne EDD 11 in Gegentaktschaltung eingesetzt. Die erste EF 804 hinter dem Wiedergabekopf übernahm auch die Frequenzgangkorrektur, die zweite nur die lineare Verstärkung. Die Aufnahmeentzerrung wurde zusammen mit der HF-Mischung im Aufnahmekopfkreis vorgenommen. Der wurde ausschließlich mit zusätzlichen passiven Bauelementen gelöst, wobei ein Kontakt die Umschaltung von Tonband auf Plattenspieler automatisch vornahm, sobald der Tonarm von der Tonarmstütze (auf dem Kofferrahmen) abgenommen und zur Platte geführt wurde. Die Schaltung erlaubte die Tonaufnahme mit einem Mikrofon sowie vom Radioausgang. Der Deckelverstärker enthielt eine autarke, zweistufige Standardschaltung, die neben der Lautstärkeeinstellung das einfache „Beschneiden“ von Höhen und Tiefen erlaubte. Alle Netzteile arbeiteten jetzt mit Selengleichrichtern in Graetzschaltung.²³⁹⁶

Das Magnetophon KL 25 (Abbildung 340) war zwar eine Weiterentwicklung des KL 15, aber von vornherein mit eingebautem Verstärker und Lautsprecher unterhalb des Laufwerks konzipiert worden. Wie bereits beschrieben, wurde der Antriebsmotor am 110-V-Abgriff des Netztransformators betrieben. Die erste Verstärkerstufe hinter dem Wiedergabekopf war identisch mit der beim KL 15. Die zweite EF 804 wurde von einer Doppeltriode ECC 81 der damals gerade aktuellen Novalserie ersetzt. Zwischen beiden Trioden wurde eine komfortable Höhen- und Tiefenbeeinflussung realisiert. Gleichzeitig konnten dort über ein Widerstandnetzwerk Tonsignale aus verschiedenen Quellen angepasst eingespeist werden. Neu war auch eine ECC 81 als HF-Oszillatorröhre, während die Endröhre und der magische Fächer unverändert blieben.²³⁹⁷

Aus den bekannten Gründen wurde das Drei-Kopf-Gerät KL 35 (Abbildung 350) als Magnetophon der „gehobenen Amateurklasse“ konzipiert. Das hatte erheblichen Einfluss auf die Auslegung der Verstärker, obgleich man auch hier so viel wie möglich von den bisherigen Geräten übernahm.

Als Motor fand sich hier der 110 V-Asynchrontyp wieder, der an der 110 V Wicklung des Netztransformators arbeitete. Die Umschaltung (zwei der fünf Tasten) zwischen den beiden Bandgeschwindigkeiten wurde durch Umschaltung des Motors von einem auf zwei Polpaare vorgenommen; zum Umspulen lief der Motor immer mit der höheren Drehzahl. Der Bandendschalter wurde wieder als Quecksilber-Kippschalter realisiert. Von den Röhren wurde nur der magische Fächer unverändert übernommen, alle anderen auf die Novalserie umgestellt. Die Eingangsschaltung hinter dem Wiedergabekopf wurde mit einer EF 86 realisiert, deren Frequenzgangbeeinflussung mit der Bandgeschwindigkeit umgeschaltet wurde. Ein Sperrkreis in der Katodenkombination diente als wirkungsvolle Gegenkopplung gegen die Lösch-HF.

Die folgende Frequenzbeeinflussung mit Doppeltriode war Aufgabe einer ECC 83, ihr folgte als Leistungsröhre eine EL 84. Diese Endpentode arbeitete im Wiedergabemodus auf zwei Lautsprecher, die maximal 4 Watt abstrahlen konnten; natürlich nicht in Stereo. Die Lautsprecher konnten ggf. aber auch im Aufnahmemodus als Hinterbandkontrolle zugeschaltet werden – zusätzlich zu einem sonst üblichen Kopfhörer. Im Aufnahmemodus arbeitete die Ausgangsstufe auch auf den Aufnahmekopf, der zur Vormagnetisierung einen frequenzverdoppelten HF-Strom (126 kHz) zugemischt bekam, der ebenfalls in einer ECC 81 erzeugt wurde.

Den „professionellen“ Charakter des KL 35 betonte ein kleines Mischpult, das drei Eingänge beliebig und rückwirkungsfrei zu mischen erlaubte, wofür eine weitere ECC 83 diente. Eine der fünf Tasten war als „Tricktaste“ ausgelegt; Zweck und Arbeitsweise sind auf Seite 385 beschrieben. Erstaunlicherweise wurde erst beim KL 35 eine Sperrtaste (eine der fünf Tasten) gegen ungewollte Aufnahmen vorgesehen; bei den Vorgängertypen waren lediglich größere Federkräfte zu überwinden, um den Betriebsartenschalter in Stellung „Aufnahme“ zu bringen.

Internationale Normung der Spurlage (1954)

Als mit den Geräten der „AW-Klasse“ die Halbspuraufzeichnung aufkam, hatten sich deutsche Tonbandgeräte-Hersteller darauf verständigt, das Band auf seiner (räumlich) „unten“ liegenden Teilbreite zu bespielen; die Gründe dafür sind nicht mehr bekannt. Als sich nun im Herbst 1954 die Generalversammlung des internationalen Normungsgremiums IEC (International Electrotechnical Commission beziehungsweise CEI, Commission Électrotechnique Internationale) auf die „obere“ Spur festlegte, war es wegen des schon beachtlichen Exportanteils und des anlaufenden internationalen Tonband(aufnahmen)austauschs nicht möglich, die bisherige Praxis beizubehalten: auch deutsche Hersteller mussten sich anpassen (als Grund beziehungsweise technischer Vorteil wurde genannt, dass die „obere“ Spur weiter von den Störfeldern des Antriebs entfernt sei – ein Argument, das spätestens mit dem Aufkommen der Viertelspur- und Halbspur-Stereo-Geräte obsolet war). Die Situation beschreibt der folgende Beitrag treffend:

Die Grundlage für einen solchen Tonbandaustausch ist eine einheitliche Band-Geschwindigkeit und einheitliche Spurlage (beim Doppelspurverfahren). In der Geschwindigkeit hatten sich die beteiligten Länder schnell geeinigt, während in bezug auf die Spurlage beim Doppelspurverfahren erst im Laufe des Jahres 1954 eine Einigung erzielt wurde. Man einigte sich dahingehend, daß die Spur bei einem Bandlauf von links nach rechts sich oben befindet, wenn die Spalte der Ton-

Abbildung 346: Magnetophon KL 15 (Abdeckung entfernt), Funktion des steckbaren Diktierhebels ①

Ausgangsstellung: Hebel ① in normaler Wiedergabestellung, die dicke Gummiandruckrolle ② drückt das Band gegen die Tonrolle ③, die Hilfswelle ④ mit dem hellen Kork-Rad ist außer Eingriff (die Spule auf diesem Teller wurde wegen der notwendigen Sichtfreiheit entfernt). Eine starke Zugfeder ⑤ zieht einen Nocken ⑥ in die unter diesem Diktierhebel zu sehende Nockenscheibe ⑦. ⑧ ist eine dünne Gummirolle. – ⑨ Wellenstummel für Plattenspieler.

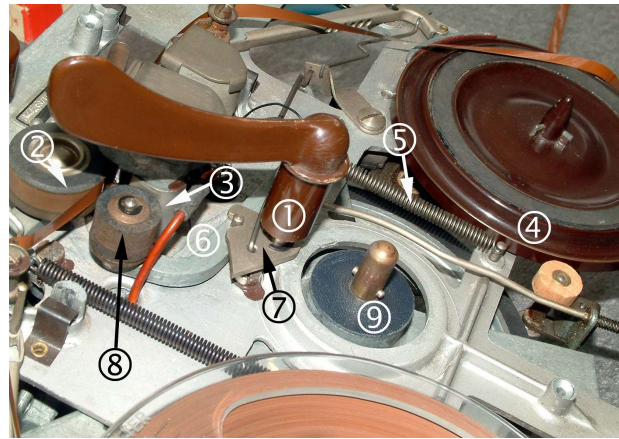


Abbildung 347: Funktion des steckbaren Diktierhebels: hier steht der Hebel in „Stop“-Position.

Der Nocken ist aus seiner Aussparung herausgedrückt und drückt seinerseits über einen Hebel die dünne Gummirolle so gegen die dicke, dass das Band zwischen beiden Rollen eingeklemmt ist. Keine der Rollen hat Kontakt zur Tonrolle; das Band steht, die Brummklappe ist abgehoben. Der Hebel bleibt stabil in dieser Stellung stehen, bis er wieder betätigt wird.

Bezeichnungen wie in Abbildung 346.

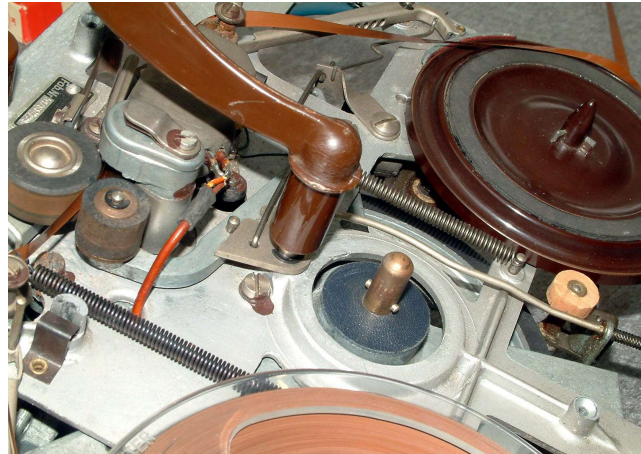


Abbildung 348: Funktion des steckbaren Diktierhebels: hier auf „Rückspulen“.

Der Diktierhebel wurde unter Kraftaufwendung stärker gedreht; die Nockenscheibe hat jetzt die dünne Gummirolle so weit gedrückt, dass sie Kontakt mit der Tonrolle bekommt. Damit kehrt sich also die Bandtransport-Richtung um. Gleichzeitig ist die Hilfswelle (helles Kork-Rad) in Kontakt zu den Rädern: oben Wickelteller, unten Zwischenscheibe, so dass jetzt das Band zurück aufgespult wird. Über Stoßstangen aus Stahldrähten wird gleichzeitig die Backenbremse des Tellers (ganz oben zu sehen) gelöst. Die Rückspulfunktion arbeitete nur solange, wie der Hebel mit Kraft gedrückt wurde.

Bezeichnungen wie in Abbildung 346.

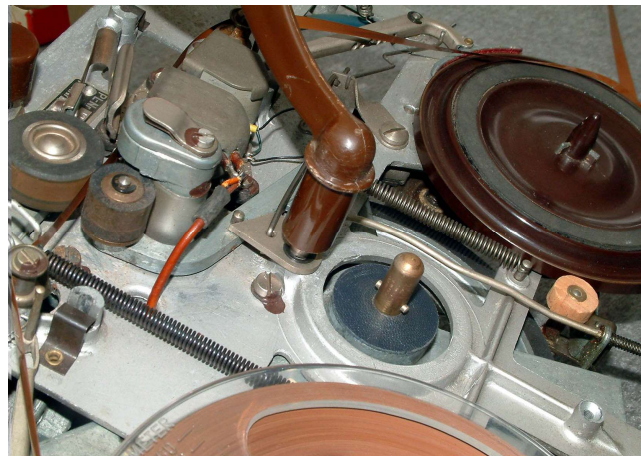
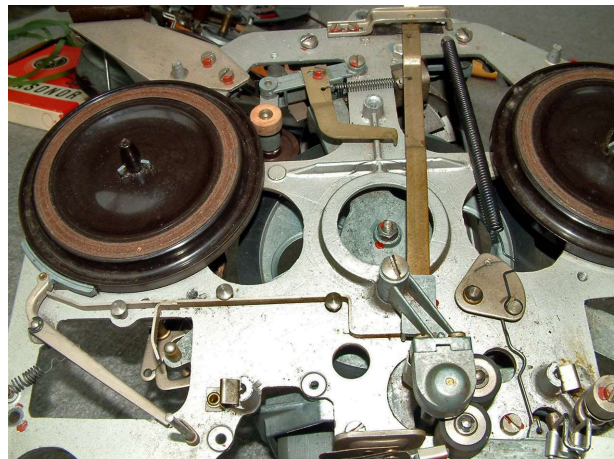


Abbildung 349: Magnetophon KL 25, Abdeckung und Magnetköpfe entfernt. Backenbremse links vorn am linken Bandteller, Bremskraft von Spiralfeder erzeugt, Regelung über Bandzug: Angriffspunkt des Bandes am Fühlhebel (vorn im Bild). Die Bremse konnte über Stoßstangen ganz außer Funktion gesetzt werden, etwa beim Rückspulen. Die Mechanik des Diktierhebels wurde beim KL 25 vereinfacht, er wurde mit dem langen Messinghebel ganz oben im Bild bedient. Dieser Hebel steht im Bild auf der „Halt“-Stellung: die Rolle am Diktierhebel hat die Andruckrolle weggedrückt, der Hebel steht stabil, weil seine Nocke ganz oben in das Loch der Abdeckung gepreßt wird. Wenn und solange der Hebel ganz nach rechts gedrückt wurde, wurde das oben wieder sichtbare kleine, helle Kork-Rad in seine Eingriffsposition gezogen. Über die unten zu sehende Stoßstange wurde die Backenbremse gelöst.



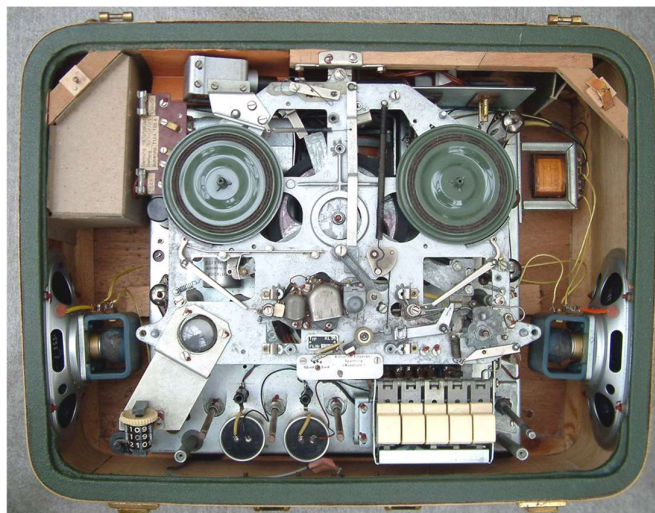


Abbildung 350: KL 35, „das Amateurstudiogerät im Koffer“ mit getrennt mischbaren Eingängen, Tricktaste, drei Magnetköpfen, d.h., auch mit Hinterbandkontrolle – KL 35 war laut einer Werbeanzeige „das erste Heimtonbandgerät mit Tricktaste – In bespielte Tonbänder lassen sich nachträglich Musik, Kommentare und andere akustische Ergänzungen beliebig und an jeder gewünschten Stelle einblenden.“

Abbildung 351: Magnetophon KL 35. Nach Abnehmen der Abdeckungen zeigt sich, dass auch dieses Gerät vom KL 15 und KL 25 abgeleitet wurde, selbst die Laufwerksplatte ist praktisch identisch. Dass das Gerät trotzdem größer und schwerer geworden ist, lag besonders an den jetzt zwei, zudem größeren Lautsprechern, der Tastengruppe sowie an den zusätzlichen, frei mischbaren Vorverstärkern. Ein Teil der Diktierfunktion ist noch vorhanden, hat aber nur noch eine elektrisch ferngesteuerte Stoppfunktion: Ein Hubmagnet (links oben außerhalb der Platine) erhielt Stromstöße, die Bewegung wurde von einer Mechanik (auf dem Rahmen) in zwei definierte Stellungen (Stopp und Normalbetrieb) übersetzt. In der linken oberen Bildecke ist das Ablagefach für Mikrofon und Zubehör zu erkennen.



Abbildung 352: Erste Präsentation des KL 15 auf der Berliner Industriemesse im Oktober 1951 – ein ganzer Stand fürs Magnetophon, sechzehn Jahre nach der denkwürdigen Premiere des Magnetophon K 1. Auch in der großen, dunklen Musiktruhe zwischen den Klein-Magnetophonen war ein KL 15 fest eingebaut.



Abbildung 353: Ein früher Werbegag (?): Vorstellung des KL 15 in der Regenbogenpresse im November 1951 – Text unten rechts: „Das festgehaltene Ja-Wort – Der kluge Ehemann von heute weiß die Technik auszunutzen: das eben in der Kirche gehauchte Ja-Wort der jungen Frau wird für das ganze Leben – und seine eventuellen Zwischenfälle – „laut-dokumentarisch“ auf Magnetophonband festgehalten.“ Einmal vom Frau-Mann-Verhältnis der 1950er Jahre abgesehen: schon Oberlin Smith hatte Ähnliches vorgeschlagen, allerdings agiert bei ihm die Frau als „Dokumentarin“!

köpfe dem Beschauer zugewandt sind. Um die Jahreswende 1954 – 55 wurden in Deutschland die ersten Tonbandgeräte mit dieser neuen, nunmehr international genormten, Spurlage auf den Markt gebracht. Da die bisherige Spurlage in Deutschland genau umgekehrt war, d. h., daß die Spur unten lag, ergab sich zwangsläufig, daß nunmehr zwei Typen von Geräten nebeneinander existieren.²³⁹⁸

... und, so hätte der Autor hinzufügen können, dass auch drei in der Praxis anzutreffende Bandgeschwindigkeiten (38, 19, 9,5 cm/s und wenig später auch 4,75 cm/s) den „Durchblick“ nicht gerade förderten. Jedenfalls gehörte das Magnetophon KL 35 zu den ersten Geräten, die mit der künftig so genannten „internationalen Spurlage“ arbeiteten,²³⁹⁹ was aber auch heißt, dass Geräte dieser Generation Bandaufnahmen etwa von KL 15 und KL 25 nicht mehr abspielen konnten – Anlass für manchen Artikel in der Fachpresse und zahlreiche Leserbriefe.

Kenndaten der Magnetophone KL 15, KL 25 und KL 35

Magnetophon KL 15 (Abbildung 339) geliefert ab September 1951; Spurlage „unten“

220 V, 50 Hz, 40 Watt, ggf. weitere 20 Watt für Deckelverstärker

Bei 19 cm/s 50 Hz bis 10 kHz, Dynamik >40 dB

Drei Magnetköpfe: Halbspur (zunächst Vollspur), L / A / W (jedoch keine Hinterbandkontrolle); Spurlage „unten“

Spule 18 cm, 350 m Band, 2 x 30 min Laufzeit – Kristallmikrophon, Zusatzplattenspieler, Diktathebel

Abmessungen: 42,5 x 32, 5 x 18, 5 cm (B x T x H), ggfs. 42,5 x 32,4 x 24 cm mit Deckelverstärker

Gewicht 11 kg, ggf. + 4 kg für Deckelverstärker

Listenpreis 890 DM, mit Deckelverstärker 995 DM, ggf. + 45 DM für Plattenspieler, ggf. + 45 DM für Kristallmikrophon

Magnetophon KL 25 (Abbildung 340)

geliefert ab Juni 1953, also schon vor der Funkausstellung Düsseldorf Ende August / Anfang September²⁴⁰⁰

Netz 110, 127, 220, 240 V, 50 Hz, 75 Watt

Bei 9,5 cm/s (19 cm/s lieferbar): 50 Hz bis 10 kHz, Dynamik >40 dB

18 cm Spule, 350 m Band, 2 x 60 min Laufzeit

Drei Halbspur-Magnetköpfe: L / A / W (jedoch keine Hinterbandkontrolle; das in der Anleitung beschriebene „Abhören während der Aufnahme“ entpuppt sich als „Vor-Band-Kontrolle“!), Spurlage „unten“

Lautsprecherauszug bis 2 Watt

Kristallmikrophon, Diktathebel

Abmessungen: 43,5 x 36 x 19,5 cm (B x T x H); Gewicht 14 kg

Listenpreis 885 DM, ggf. zusätzlich Kristallmikrophon + 34,50 DM, Tauchspulmikrophon + 79,50 DM, Fußtaster + 37,50 DM

Magnetophon KL 35 (Abbildung 350)

Netz 110, 127, 220, 240 V, 50 Hz, 75 Watt

Drei Halbspur-Magnetköpfe: L / A / W (Hinterbandkontrolle möglich); „internationale“ Spurlage

Bei 9,5 cm/s 60 Hz bis 11 kHz, Dynamik >40 dB

Bei 19 cm/s 40 Hz bis 16 kHz, Dynamik >40 dB

Spule 18 cm, 350 m Band, 2 x 60 min Laufzeit, mit 515 m Langspielband 2 x 90 min.

Lautsprecherauszug bis 4 Watt

Kristallmikrophon, drei mischbare Eingänge, Tricktaste, Sperrtaste, Kurzstop – auch per Fernsteuerung

Abmessungen: 52,5 x 40 x 17,8 cm (B x T x H); Gewicht 19 kg

Listenpreis für Chassis 898 DM, für Koffer 998 DM

Kombinationsgeräte

Neben den „reinen“ Magnetophonen lag für den Hersteller natürlich auch die Lieferung von Radio-Magnetophon-Kombinationen bis hin zu „Musiktruhen“ nahe – ja, war nicht gerade die neu eingeführte UKW-Technik ein Anreiz, die hohe Qualität des UKW-Verfahrens mit der ebenfalls hohen Qualität der Magnetophone zu kombinieren? Zumal die meisten Radiohörer ja noch keine UKW-Geräte hatten, und Telefunken ebenso wie die AEG diese serienmäßig lieferten. Allerdings waren beide teuer und anfangs war gar nicht klar, ob „der Kunde“ das Magnetophon vorrangig für berufliche Aufgaben – etwa Diktate – oder eher für familiäre Zwecke wie Aufnahme von Kinderstimmen, Vertonen von Filmen und so weiter oder vorrangig zur Unterhaltung nutzen würde, etwa das Um- beziehungsweise Mitschneiden von Musikaufnahmen von Platte oder Radio für unterschiedliche Anwendungen. Damit war die Frage offen, ob eher ein Radio mit fest eingebautem Magnetophon-Chassis gekauft würde oder eher eine Kombination, bei der das Magnetophon auch unabhängig vom Radio zu nutzen war. So wurde in 1952 das „Univox-Junior Heimstudio“ beworben, ein Radio, in dessen Oberteil das KL 15 mit integriertem Plattenspieler fest verdrahtet war (Abbildung 354). Ein modernes UKW-Radio mit integriertem KL 15 kostete 1952 / 1953 DM 1.430.²⁴⁰¹ Natürlich gab es auch „Musiktruhen“ mit fest installiertem Magnetophon. Der langfristige Trend ging aber in Richtung zu Musiktruhen, in deren Schrankfächern autarke Magnetophone lose abgestellt und betrieben wurden – natürlich unter Nutzung der Verstärker und Lautsprecher dieser Truhen (Abbildung 355).

Bereits im April 1952 war festzustellen, dass „das KL 15 äußerst gut eingeschlagen war“, so dass man monatlich etwa 1.000 Geräte absetzen konnte.²⁴⁰² Das KL 25 kam noch besser an, schon weil das Gerät autark war und wegen seiner Auslegung sparsamer mit dem teuren Band umging. Der BASF-Magnetbandverkauf notierte nach einem Besuch bei der „AEG Zentralverwaltung Westzonen“ in Frankfurt, dass das KL 25 in den ersten zwei Monaten sehr erfolgreich im In- und Ausland verkauft werden konnte; „...wird wegen ausgezeichneter mechanischer und akustischer Qualität sogar den zur Zeit besten amerikanischen Geräten vorgezogen“.²⁴⁰³ Ebenso wie für das KL 15 notierte Schüller in seinen Bilanznotizen etwa 10.000 verkaufte Geräte im ersten Lieferjahr. Die Magnetophonband-Prüfstelle der BASF hatte in einer großangelegten Untersuchung Frequenzgang-Messungen an sieben Heimtonbandgeräten mit fünf Bändern verschiedener Hersteller durchgeführt; die Ergebnisse stufte sie von hervorragend (KL 25 bei 9,5 cm/s) bis katastrophal (US-Taperecorder „Revere“) ein: „bei der guten Qualität der amerikanischen Bänder überrascht es, dass dort solche Geräte auf dem Markt erscheinen und abgesetzt werden“.²⁴⁰⁴

Das KL 35 konnte aus den genannten Gründen den wirtschaftlichen Erfolg der KL 15 und KL 25 nicht fortsetzen, denn der Markt bevorzugte die einfacheren Geräte aus Berlin: sie waren so viel preisgünstiger, dass potentielle Kunden nicht bereit waren, den Aufpreis zu zahlen, den der Zusatznutzen des KL 35 forderte (frei mischbare Eingänge, kein Kombikopf, sondern Hinterbandkontrolle, automatische Abschaltung bei Bandriss). Zudem war die Bauweise des KL 35 aus einer 1951 modernen Technik weiter entwickelt worden, während die Berliner Kleinmagnetophone auf einem etwa 1955 aktuellen Entwicklungsstand aufbauten.



Abbildung 354 (LINKS): Univox-Junior „Heimstudio“ aus 1952, UKW-Radio der AEG mit fest eingebautem KL 15 plus Plattenspielerzusatz und Mikrofon.



Abbildung 355 (RECHTS): Spätere Musiktruhen (nach 1955) hatten im allgemeinen ein autarkes, frei bewegliches Magnetophon (hier Magnetophon 76), das, in die Truhe gestellt, deren akustischen Möglichkeiten nutzte.



Abbildung 356 (LINKS): KL 65, erschienen zur Funkausstellung 1955 und ausgeliefert seit April 1956,²⁴⁰⁵ ist das erste, einfachste, aber weit verbreitete Magnetophon der Berliner Serie. Das Halbspurgerät arbeitete nur mit der Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s.²⁴⁰⁶



Abbildung 357 (RECHTS): Die letzte, 1958 erschienene Version des Magnetophon KL 65, genannt KL 65 X, hier als Tischgerät ohne Lautsprecher. Es verfügte über die Bandgeschwindigkeiten 4,75 cm/s und 9,5 cm/s (Umschalter in der Mitte zwischen den Spulen), dabei erreichte es Frequenzgänge zwischen 60 – 8.000 Hz beziehungsweise 60 – 13.000 Hz dank eines neuentwickelten „Ultra-Tonkopfs“ mit sehr schmalen Spalt. – Im Gegensatz zur ersten KL 65-Serie laufen die Spulen nicht mehr in einer recht tiefen „Wanne“, sondern auf einer fast ebenen Abdeckung – nun erst konnte das Band durch einen an der rechten Seite angebrachten „Tonkoppler“, ein Schmalfilm- oder Diasteuergerät, laufen.

Telefunken-Heim-Magnetophone aus Berlin

Die erste Heimgeräteserie aus Berlin setzte die in Hamburg begonnene Serie fort, sowohl was die Technik wie auch was die Kennzeichnung betrifft. Auch diese Geräte hießen „KL beziehungsweise Magnetophon plus kennzeichnendem Anhang in bezug zur Jahreszahl“: KL 65 in 1956, Magnetophon 75 in 1957 und Magnetophon 85 in 1958. Für drei sehr bekannte Typen traf diese Kennzeichnung jedoch nicht zu, weil diese aus dem Magnetophon 75 abgeleitet waren: das Magnetophon 74 als die preiswerte Variante, das Magnetophon 76 als Viertelspurvariante und das Magnetophon 77 als Stereovariante des Magnetophon 75. Alle diese Magnetophone konnten in verschiedenen Bauformen (Chassis, Koffer ohne oder mit Endverstärker und so weiter) und mit unterschiedlichstem Zubehör erworben werden. Allerdings ging man von den ortsfest in Radios installierten Chassis-Versionen ab, weil dem Kunden doch mehr an universell einsetzbaren Geräten gelegen war (Abbildung 355).

Das erste Gerät, Magnetophon KL 65 (und zugleich das letzte „KL“ genannte), wurde wegen seines geringen Gewichtes, seiner Zuverlässigkeit und Lebensdauer nachgerade zu einem Kultgerät, das auch lange Jahre später noch funktionsfähig anzutreffen war (Abbildung 356). Es wurde auf der Hannover-Messe 1956 wegen seiner Ausführung prämiert. Rudolf Goetze hatte, aufbauend auf seinen Hamburger Erfahrungen, ein gut durchdachtes, optimiertes Magnetophon konstruiert. Worin bestanden nun die wesentlichen Unterschiede und Fortschritte gegenüber den Hamburger Klein-Magnetophonen?

Der Trend ging weiter in Richtung „kleiner, leichter, preisgünstiger“. Dabei kamen Goetze nicht nur seine bisher erworbenen Erkenntnisse zugute, sondern auch die allgemeine Entwicklung auf dem Markt, auf dem jetzt viele Komponenten preisgünstig und technisch optimiert erhältlich waren, die man bisher noch im eigenen Haus hatte bauen müssen. Damit erreichte die neue Generation jetzt durchaus den technischen Stand feinmechanischer Geräte – allerdings noch weit entfernt von den späteren Schweizer Entwicklungen, wie sie etwa mit den Namen Kudelski und Nagra, Quellet und Stellavox verbunden sind. Aber Telefunken wollte ja auch wettbewerbsfähig, also preisgünstig sein. Es fällt auf, dass der Innenraum der Magnetophone (Abbildung 359) sorgfältig aufgeteilt und gleichmäßig mit gut zugänglichen Komponenten belegt war – eine Meisterleistung Rudolf Goetzes. Auch auf einen gegossenen Aluminium-Rahmen konnte er zugunsten einer gestanzten Blechplatine verzichten, die im äußeren Blechgehäuse ruhte und dieses wiederum stützte.

Grundsätzlich waren auch die Berliner Geräte als Chassis, als Koffer, mit und ohne eingebautem Endverstärker und so weiter erhältlich. Als Tonkopf diente grundsätzlich ein Kombikopf – womit vom Prinzip her leichte Qualitätsverluste zu akzeptieren waren und auf eine Hinterbandkontrolle verzichtet wurde. Ähnlich wie die Hamburger Geräte, brauchten auch die Berliner Heim-Magnetophone mehrere Entwicklungsschritte, bevor das Bandzählwerk von der Position „oben, zwischen den Spulen“ auf einen Platz neben den Bedienelementen wanderte, wie beim Magnetophon 85.



Abbildung 358 (LINKS): Von der AEG hergestellter Asynchron-Motor, in allen Berliner Klein-Magnetophonen ab 1957 eingesetzt, also ab Magnetophon 75, aber ebenso für KL 65-Varianten seit 1957.

Abbildung 359 (RECHTS): Magnetophon 76, Viertelspurgerät, Abdeckungen entfernt. Die rechte der drei Tasten (Wiedergabe) wurde gedrückt und hat mechanisch den Anker an den Elektromagneten (oberhalb der Tasten) herangeschoben; die letzten Millimeter zieht der Magnet (hier stromloses Gerät). Zwischen den Spulenteilen liegt der Antrieb (siehe Abbildung 360 und Abbildung 361), rechts der Flachriemen, dessen Rutschmoment auf den Rädern den Bandzug beim Aufwickeln bestimmt. Das Rutschmoment wurde eingestellt mit einer gekonnten Schraube im Anker. Vorn rechts, im rechteckigen Ausschnitt, als Neuerung ein „magisches Band“ zur Aussteuerungskontrolle.

Besonders hat sich bei der Berliner Serie bewährt, dass die AEG inzwischen einen optimalen Motor zur Verfügung stellen konnte, der bei kleinen Abmessungen (75 x 75 x 56,5 mm, Abbildung 358) selbst noch für das große Magnetophon 85 geeignet war. Es war ein wartungsfreier Asynchronmotor, der nur 16 Watt Nennleistung brachte. Seine Drehzahl hatte – wie auch bei den Hamburger KL-Geräten – keinen direkten Bezug mehr zur Bandgeschwindigkeit; die wurde von einem Riemenantrieb bestimmt. Diese Bauart war ein weiterer positiver Aspekt der neuen Geräte, verglichen mit den Reibradgetrieben der Hamburger Serie: Reibräder wurden in Berlin nur noch beim schnellen Vor- und Rücklauf eingesetzt, ansonsten wurde mit Flachriemen (Abbildung 360 und Abbildung 361) gearbeitet, die damals insbesondere in der Form von homogenen, geschliffenen Produkten erhältlich waren. Bei den Hamburger Geräten war häufig erst am Ende der Fertigung erkannt worden, dass bereits eingeklebte Gummiteile unter der bearbeiteten Oberfläche Lunker (Hohlräume) zeigten, was zu kostspieligem Ausschuss führte. Rudolf Goetze konnte außerdem die erforderlichen Rutschkupplungen (Abbildung 344) als schleifende, stoffverstärkte Flachriemen realisieren, was nennenswert Fertigungskosten sparte. Ein weiterer Schritt zu kleinen, leichten Geräten wurde erzielt, indem man den Spulendurchmesser der Berliner Magnetophone erst einmal auf 13 beziehungsweise 15 cm begrenzte, während alle drei Hamburger Geräte grundsätzlich Spulen bis 18 cm aufnehmen konnten. Den schweren Betriebsartenschalter der Hamburger Serie ersetzte eine Kombination von drei Tasten (Abspielen, Wiedergabe und „Halt“) sowie einem Schiebeschalter (Vorspulen und Rückspulen). Eine mechanische Verriegelung der Aufnahmetaste gegen versehentliches Aufnehmen war grundsätzlich vorgesehen. Mindestens genau so wichtig war der Einsatz eines elektrischen Zugmagneten, der die notwendigen Funktionen bei Aufnahmen und Wiedergabe schaltete: Andruckrolle an Tonrolle, Brummklappe und Bremsen betätigen, und so weiter. Dabei wurden diese Maßnahmen schon weitgehend mechanisch durch das Betätigen der Tasten vorbereitet; der Hubmagnet zog den Anker nur noch die letzten Millimeter an, soweit, dass

auch die elektrische Kontrolle der Magnetstellung ansprach und der Betrieb startete. Diese technische Lösung erlaubte eine (kurzzeitige) Unterbrechung der Aufnahme beziehungsweise Wiedergabe ohne komplizierte mechanische Lösungen, wie sie bei den Hamburger Geräten erforderlich waren: Wurde der Hubmagnet stromlos (Taster oder ferngesteuert), ging das Magnetophon so lange auf die mechanisch gehaltene Wartestellung, bis der Magnet wieder anzog. Nur beim Magnetophon 85 musste der Hubmagnet „die ganze Arbeit leisten“, dort erhielt er keine mechanische Unterstützung durch die Tastenbetätigung. Dafür war er dann allerdings auch viel robuster ausgelegt (Abbildung 362).

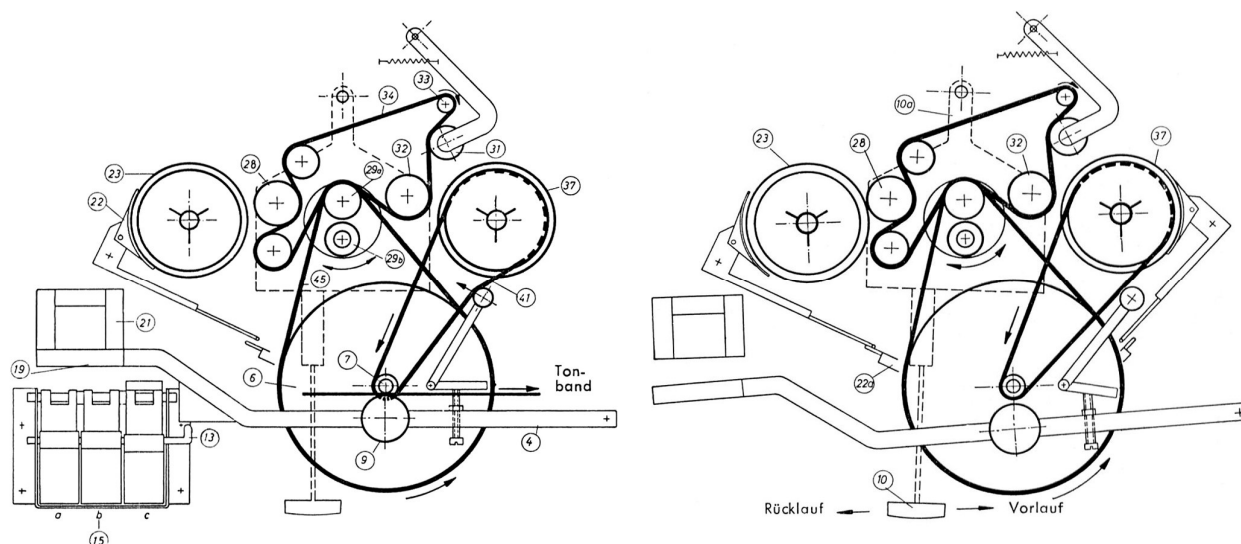


Abbildung 360 (LINKS): Antrieb des Tonbandes bei fast allen Berliner Klein-Magnetophonen. Die Motorwelle (33) trieb einen Flachriemen an, der von der federnden Rolle (31) gespannt um verschiedene Walzen geführt wurde. Eine von diesen (29a) wurde auch von einem zweiten Flachriemen umschlungen (erster Riemen unten, zweiter Riemen oben), der das große Schwungrad (6) antrieb mit Tonrolle (7) und Andruckrolle (9). Der Andruck wurde vom einem Hebel (13) vorbereitet und vom Elektromagneten (19, 21) gehalten. Ein dritter, rutschender Flachriemen, gespannt von einer gekonterten Schraube auf dem Anker (4), trieb den Aufwickelteller (37) an. Die Spannrolle wurde so stark angedrückt, wie das für einen sauberen Bandwickel erforderlich war. Nach Drehen des Tellers, auf dem die gemeinsamen Walzen (29a und 29b) saßen, um 180° lief der obere Riemen auf einer kleineren Walze, das ergab die langsamere Bandgeschwindigkeit dieses Magnetophons. Gleichzeitig wurde im Verstärker ein Excenter verdreht, der über Kontakte die Frequenzgänge der Verstärker an die jeweilige Geschwindigkeit anpasste.²⁴⁰⁷

Abbildung 361 (RECHTS): Der Antrieb wurde gegenüber Abbildung 360 am Handgriff (10) auf Rückspulen geschaltet. Damit fiel der Anker elektrisch gesteuert ab, der dritte Riemen wurde locker, dafür griff jetzt die Backenbremse am rechten Teller. Das Umlegen des Hebels (10) drückte das Rad (28) an den Gummiring (23), so dass der linke Teller über Reibkraft zurückgespult wurde. Die Bremse des linken Tellers wurde abgehoben.²⁴⁰⁸ Schnelles Vorspulen wurde ausgelöst, indem der Hebel (10) nach rechts gedrückt wurde.

Zur Zielvorstellung eines preisgünstigen Gerätes gehörte auch die „Servicefreundlichkeit“, die damals – auch bei anderen Firmen – durchaus noch keine Selbstverständlichkeit war. Nach Abnahme der oberen Deckplatte war die Mechanik zugänglich und konnte auch eingestellt werden. Wieviel einfacher war etwa die Einstellung des Bandzugs durch Verdrehen einer einzigen Druckschraube (am Anker), die das Band spannte (Abbildung 360) gegenüber der Demontage einer Kupplung, deren Justage mit Sondermesszeugen außerhalb des Gerätes und Wiedereinbau, wie es die „Hamburger“ Lösung (Abbildung 344) noch vorsah?! Außerdem konnten von oben her die Röhren im Gerät ausgetauscht werden. Auch die Tonköpfe konnten – am besten mittels eines Bezugsbands – einfach auf einwandfreie Spaltstellung eingestellt oder allgemein korrigiert werden. Nach Abnahme der unteren Deckplatte hatte man Zugang zur weiteren Elektrik und „Elektronik“. Selbst der Ausbau des Antriebsmotors war nach Lösen von vier Schrauben leicht möglich.

Kundenfreundlich, und damit auch ein Verkaufsargument, waren weiterhin das geringe Gewicht und die kleineren Abmessungen dieser Geräte, wobei man bewusst Nachteile in Kauf nahm: Die möglichen Spulendurchmesser (beim KL 65 maximal 13 cm) ergaben erst einmal kurze Spielzeiten der Bänder, die man mit niedrigen Bandgeschwindigkeiten und den dünneren Langspielbändern teilweise kompensieren konnte. Aber in jedem Fall sank mit der niedrigen Bandgeschwindigkeit natürlich auch die obere Grenzfrequenz, was bei Sprachaufnahmen, leichter Musik o. ä. durchaus noch akzeptabel war. Die große Schwunghmasse an der Tonrolle zusammen mit der Kraftübertragung mittels geschliffenen Flachriemen gab eine hinreichende Festigkeit gegen Kurzzeitschwankungen und damit die geforderte „Klavierfestigkeit“. Gegen langsame Änderungen der Bandgeschwindigkeit, etwa infolge Alterung der Riemen, konnten alle Antriebe auf Asynchronbasis, besonders bei schwachen Motoren, wenig bewirken, solange die Drehzahl noch nicht elektronisch auf Sollwert geregelt wurde.

Als Telefunken in Berlin in den nächsten Jahren den Komfort der „Magnetophon“-Serie erhöhte, hatte man in erster Linie die Mehrfachnutzung der Bänder (Viertelspurgeräte) und Stereotechnik als Ziel, aber man vergrößerte auch die Bandspulendurchmesser über 15 cm (Magnetophon 75 und verwandte Geräte) bis auf 18 cm (Magnetophon 85). Höhere Ansprüche von Amateuren wurden vor 1960 nur von den Wedeler Geräten befrie-

digst. Das Magnetophon 85 hatte zumindest noch eine relativ einfach realisierte Tricktaste: Wenn man die gedrückte Aufnahmeperrtaste ganz nach hinten schob, wurde der Löschkopf ausgeschaltet. Eine komfortablere Trickblende mit kontinuierlichem Übergang konnte nachgerüstet werden. Was die technischen Klimmzüge angeht, die KL 15 und KL 25 „diktatref“ machten, so hatten die Berliner Geräte zwar eine Pausen- beziehungsweise Schnellstopp-Taste, aber durchweg keine Kurzzeit-Rückspulmöglichkeit und fielen damit für Diktate praktisch aus (ungeachtet anderslautender Anpreisung in Werbeschriften²⁴⁰⁹). Diese Anwendung hatte sich schon weitgehend überlebt, denn wer ausdrücklich einen Diktierapparat suchte, konnte jederzeit Spezialgeräte verschiedener Bauformen finden (Beispiel: Abbildung 363). Derartige „echte“ Diktiergeräte waren preisgünstiger, leichter und an ihre Aufgaben natürlich wesentlich besser angepasst. Trotzdem gab es für die Berliner Serie einen Bausatz zum nachträglichen Einbau eines Kurzrücklaufs: Ein Elektromagnet drückte über eine Stoßstange den Umschalthebel kurzzeitig auf Rückspulen, so wie das sonst durch manuelles Verschieben des Vor-Rücklaufhebels geschah.²⁴¹⁰

Alle Geräte der Berliner „Magnetophon“-Serie hatten eine elektrische Band-Endabschaltung, die mit einer Metallfolie arbeitete, die auf dem Band auf- beziehungsweise hinter dem Vorspannband eingeklebt war. Damit entfiel der aus Umweltgründen nicht ganz unproblematische Quecksilberschalter der Hamburger KL-Serie. Die Abschaltung erfolgte also elektrisch; mechanische Einstellungen blieben erhalten, waren aber aus technischen Gründen vor dem erneuten Bändeinlegen manuell zurückzunehmen.

Die Verstärkertechnik hat keine großen Sprünge gemacht. Im Laufe der Entwicklung wurden erst einmal wieder Novalröhren verwendet, ja selbst der „magische Fächer“ EM 71a wurde erst nach und nach auf das „magische Band“ EM 84 umgestellt. Für das Magnetophon 85 gab es zwei alternative Endverstärker, die mit einem Vielfachstecker mit der Basiseinheit verbunden wurden. Die einfache Ausführung arbeitete mit einer ECL 82, während die leistungsfähigere eine ECC 83 in der Vorstufe und zwei Pico-Endpentoden EL 95 in einer Gegentaktendstufe nutzte. Beim Magnetophon 85 hatte man die Heizung der Eingangsrohren auf Gleichstrom umgestellt und konnte so die Dynamik auf über 50 dB treiben. Beim Magnetophon 76 wurden alle Verstärkerrohren mit Gleichstrom geheizt und zum ersten Mal eine rauscharme Transistorvorstufe eingesetzt.

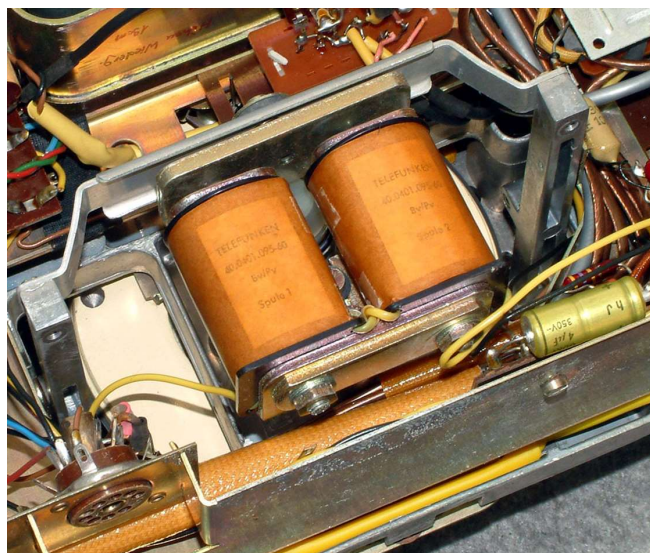


Abbildung 362 (LINKS): Magnetophon 85, Zugmagnet, der diejenigen Funktionen steuerte, die bei Aufnahme und Wiedergabe ausgelöst werden mussten, Ersatz für diejenigen Komponenten, die diese Funktionen in den anderen Klein-Magnetophonen steuerten, also die Teile (4), (19) und (21) in Abbildung 360.



Abbildung 363 (RECHTS): Diktiergerät AEG Kurier, wurde ebenfalls von Telefunken und später auch von Olympia unter dem Namen Traveller vertrieben.²⁴¹¹ Mikrophon mit Fernsteuerung im Handgerät. Batteriebetrieb, Speicherung auf flexiblen Magnetplatten, die in handelsübliche Briefumschläge passten. Führung der Köpfe in Rillen auf den Platten – ähnlich Schallplatten. Mit dem vor der Skala sichtbaren Hebel konnten die Köpfe auf andere Rillen gesetzt werden, so dass ein schnelles Aufsuchen bestimmter Stellen möglich war.

Kenndaten der Berliner Heim-Magnetophone

Magnetophon KL 65 (Abbildung 356 ohne Endstufe)

Variante Typ KU mit Endstufe und Lautsprecher, KU stand für Koffergerät, spannungsumschaltbar (110 – 240 V)

Netz 110 – 240 V, 50 Hz, 50 Watt

Bei 9,5 cm/s, Halbspur, 60 Hz – 11 kHz, Dynamik >40 dB; spätere Ausführungen auch mit 4,75 cm/s (zusätzlich)

130 mm Spule, 350 m Band, 2 x 45 min Laufzeit.

Lautsprecherausgang; Kurzstopp, auch per Fernsteuerung

Abmessungen: 38,1 x 33,1 x 15,9 cm (B x T x H); Gewicht 9,2 kg; Listenpreis KL 65 KU 598 DM

Variante KL 65 T, nur für 220 V 50 Hz, 309 x 234 x 135 mm³, 7,4 kg, ohne Endstufe und Lautsprecher, 449 DM

Variante KL 65 TU, 110 – 240 V, ohne Endstufe und Lautsprecher, 455 DM, weitere Bezeichnungen KS Koffergerät, TS Tischgerät, Zusatzgerät für Schmalfilmvertonung

KL 65 X (März 1958, Abbildung 357) mit 4,75 cm/s (60 – 8.000 Hz) und 9,5 cm/s (60 – 13.000 Hz), als Koffergerät 9,5 kg

Magnetophon 75

Netz 110 – 240 V, 50 Hz, 50 Watt
Bei 9,5 cm/s, Halbspur, 40 Hz – 16 kHz, Dynamik >40 dB
Bei 4,75 cm/s, Halbspur, 40 Hz – 9 kHz, Dynamik >40 dB
15 cm Spule, bis 6,25 Stunden Spieldauer
Lautsprecherauszug bis 2,5 Watt
Abmessungen: 21 x 31 x 16 cm (B x T x H); Gewicht 9 kg
Listenpreis für Kofferausführung 469 DM

Magnetophon 74

einfache, preisgünstige Variante des Magnetophon 75
110/220 V, 50 Hz, etwa 40 W, auf 60 Hz umstellbar
9,5 cm/s, Halbspur, 40 Hz – 14 kHz
Spule 15 cm, Spieldauer über 3 Stunden
Lautsprecherauszug bis 2,5 Watt
Abmessungen: 32 x 31 x 16 cm (B x T x H); Gewicht 7 kg
Listenpreis für Koffervariante 399 DM

Magnetophon 76 (Abbildung 359)

häufig verkaufte Viertelspurvariante des Magnetophon 75
Netz 110 – 240 V, 50 Hz, 40 W
Bei 9,5 cm/s, Halbspur, 30 Hz – 16 kHz, Dynamik > 40 dB
Bei 4,75 cm/s, Halbspur, 30 Hz – 9 kHz, Dynamik >40 dB
Spule 15 cm, Spieldauer über 12,5 Stunden
Lautsprecherauszug bis 2,5 Watt
Abmessungen: 32 x 31 x 16 cm (B x T x H); Gewicht 9 kg
Listenpreis für Koffergerät 529 DM

Magnetophon 77

weit verbreitetes Stereogerät, aus Magnetophon 75/76 abgeleitet. Gegenüber Monogeräten waren natürlich alle Verstärker paarweise vorhanden. Das Gerät war aber auch zu betreiben als Zweispur-Gerät, gewissermaßen wie zwei parallele Monogeräte.

Netz 110 – 240 V, 50 Hz, 50 W
Bei 9,5 cm/s 40 Hz – 16 kHz
Bei 4,75 cm/s 40 Hz – 9 kHz
Spule 15 cm, Mono 12,5 Stunden, Stereo 6,25 Stunden Spieldauer
Lautsprecherauszug zweimal 2,5 Watt, zwei Lautsprecher
Abmessungen: 32 x 31 x 16 cm (B x T x H); Gewicht 9,5 kg
Listenpreis für Koffergerät 699 DM

Magnetophon 85 (Abbildung 364 und Abbildung 365)

elektroakustisch anspruchsvollstes Gerät dieser Serie, anfangs magischer Fächer, später magisches Band als Aussteuerungsanzeige, Nutzung verschiedener Mikrofontypen möglich, spätere Ausführungen (ca. 1964) mit eingebautem zweikanaligem Mischpult

Netz 110 – 240 V, 50 Hz, 55 W, umstellbar auf 60 Hz
Bei 19 cm/s 30 Hz – 20 kHz, Dynamik >50 dB
Bei 9,5 cm/s 30 Hz – 15 kHz, Dynamik >50 dB
18 cm Spule, über 4 Stunden Spieldauer
Lautsprecherauszug zwei Varianten, bis zu 6 W
weitere Ausführungen: M 85 C Chassis, M 85 T Tischgerät, M 85 K Koffergerät mit Eintaktendstufe und anderes mehr
Abmessungen: 45 x 41 x 20 cm (B x T x H); Gewicht 14,5 kg
Listenpreis für Koffergerät 699 DM

Weitere Gerätetypen wurden aus den genannten abgeleitet, dazu gehörte insbesondere ein Typ „Automatic“ (Abbildung 367), der automatisierte Anlauf- und Stoppfunktionen hatte sowie auch die Aussteuerung automatisch optimierte; als Anwendung wurde vorrangig der Telefonanrufbeantworter propagiert.



Abbildung 364 (LINKS): Das AEG-Magnetophon 85 KL – hier die Erstaussführung mit „magischem Auge“ – galt um 1958/1960 als eines der besten Heimtonbandgeräte auf dem Markt. Die Mono-Halbspurmaschine arbeitete mit den Bandgeschwindigkeiten 9,5 cm/s (30 Hz – 15 kHz) und 19,05 cm/s (30 Hz – 20 kHz) bei Dynamikwerten um 50 bis 55 dB.²⁴¹² Die drei Steller im vorderen Teil gehören zum Leistungsverstärker (Klangblende und Lautstärke-Einstellung).

Abbildung 365 (RECHTS): Bei dieser späteren Version des „Flaggschiffs“ der Berliner Kleinmagnetophone (1964/1965) dient als Aussteuerungsanzeige ein „magisches Band“, am bisherigen Platz des „magischen Auges“ ist das Drehpotentiometer für eine weitere Signalquelle zu sehen, was die Angabe „eingebautes Mischpult“ rechtfertigte.²⁴¹³

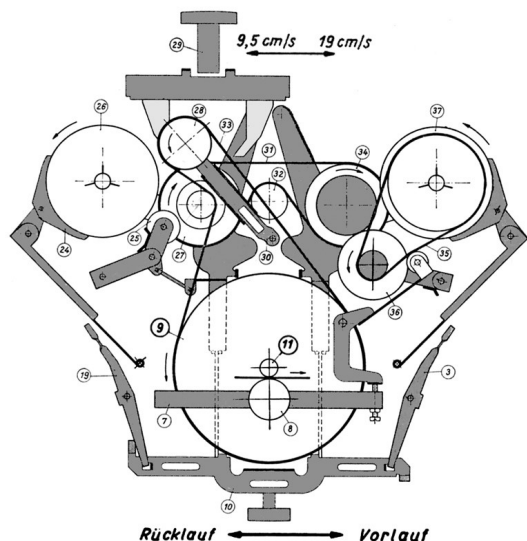


Abbildung 366: Das Schema des Bandantriebs des Magnetophon 85 zeigt das komplizierte Zusammenspiel des einzigen Motors mit Riemen, Schwunghmassen und Bremsen (dargestellt: Wiedergabe bei 9,5 cm/s).²⁴¹⁴



Abbildung 367: Magnetophon „Automatic“, besonders vorgesehen als „Anrufbeantworter“, deshalb automatischer Anlauf, automatische Lautstärkeregelung und so weiter.

Projekt AW 3 und Magnetophone R 65 / R 65a

Wie die großen Studio-Magnetophone spielten in der Hamburger Zeit auch die kleineren Typen, vor allem für den Ü-Wagen-Einsatz gedacht, eine substantielle Rolle in der Entwicklung und Zusammenarbeit mit den Rundfunkanstalten – so auch das geheimnisvolle AW 3, das letztlich als R 65 und R 65a im Braunbuch geführt wurde.

Unter dem Arbeitstitel AW 3 wurden bei der AEG und später bei Telefunken unter anderem die Weiterentwicklungen der mit dem AW 1 begonnenen Gerätefamilie geführt. Das waren – wie Notizen von Eduard Schüler belegen – einmal die „laufenden Verbesserungen“, aber auch die Neuentwicklung eines „Normalgerätes“ wie auch die „*Neuentwicklung einer modifizierten Ausführung für den Rundfunk*“.²⁴¹⁵ Dass letztlich nur die Neuentwicklung für den Rundfunk am Markt abgesetzt werden konnte und andere Projekte viel Geld kosteten und dann doch „flopten“, war das Schicksal vieler Entwicklungsziele jener Jahre, die unter anderen mit den Schlagworten Diktiergerät FT 6, Schmalfilm 8 und 16 mm, AW 4, AW 5, Fahrstuhlansagegerät, Farbspritzsteuerung, Fernsehköpfe und Laufwerk für Fernsehkonserve, Magnetophone für Kopiermaschinen, Steuerungen und so weiter gekennzeichnet wurden. Im Gegensatz dazu wurden die Tonköpfe für die CinemaScope-Technik (Seite 468) nicht nur entwickelt, sondern auch über mehrere Jahre hinweg verkauft.²⁴¹⁶

Aus den Arbeitsmappen zu den Braunbüchern des NWDR kann entnommen werden, wie dessen Zentraltechnik zusammen mit AEG beziehungsweise Telefunken intensiv um Weiterentwicklungen bemüht war, dies besonders zu dem Batteriegerät R 64 (Seite 284). Schon zwei Jahre nach dem R 64 wurde 1953 (Braunbuch vom 16. April 1953) das Nachfolgemodell R 65 bei den Rundfunkanstalten eingeführt und 1956 – zu Beginn der Wedeler Zeit – das R 65a (Braunbuch erst vom 11. Juli 1957). Worin bestanden die Entwicklungsschritte?

Das äußere Aussehen änderte sich schon vom R 64 zum R 65 grundlegend; der Schritt zum R 65a war dann nur noch minimal (Abbildung 368). Aber auch die formelle Benennung im Braunbuch wurde an dessen Gepflogenheiten angepasst: während das R 64 noch eine Einheit mit Verstärker und integriertem Tonkopf war, wurden mit R 65 und R 65a nur noch die Laufwerke bezeichnet, die Kopfträger trugen die eigenen Namen R 66 beziehungsweise R 66a, die Verstärker die Bezeichnung V 68 beziehungsweise V 98. Das Prinzip des Motors mit elektrischem Fliehkraftregler (Abbildung 370) blieb erhalten – Leistungstransistoren waren ja auch jetzt noch nicht verfügbar –; ebenso wurde die gewählte Drehzahl mit 1.500 U/min auf dem typischen Wert einer Synchrondrehzahl gehalten. Während beim R 64 der Regler zur Drehzahlregelung ausschließlich die Batteriespannung nutzte und damit die Motorerregung steuerte, wurde ab dem R 65 dazu auch die Anodenspannung herangezogen. Auch lieferte der Einankerumformer des Antriebsmotors jetzt nicht mehr 6,3 V Wechselspannung, 50 Hz, sondern 250 V Wechselspannung, 25 Hz. Die geregelte Drehzahl konnte mit einem 50 Hz-Frequenzmesser geprüft werden; der nutzte für seine Messung die (50 Hz-) Wechselspannungshalbwellen hinter dem Graetz-Gleichrichter. Der Blick unter das Laufwerk (Abbildung 371) zeigt deutlich seine Abstammung vom AW 1, die Keilriemenlösung hatte sich bewährt und war auch 1957 noch gut genug für die Ü-Wagen-Anwendung. Schließlich konnte R 65, anders als seine Vorgänger, auch „vorwärts“ umspulen. Während R 64 und R 65 das Band mit 76,2 cm/s transportierten, geschah das beim R 65a mit 38,1 cm/s. Dies wurde bei gleicher Motordrehzahl über den Tonrollendurchmesser festgelegt, also 4,85 mm statt 9,71 mm. Während das erste Gerät mit innenliegender Schicht (internationale Schichtlage, „oxide in“) arbeitete, war die Schichtlage der beiden Folgemodelle außen (deutsche Schichtlage, „oxide out“, Abbildung 369).

Die Verstärkertechnik änderte sich nur in kleinen Schritten. Von den äußeren Daten waren die Lösch- und Vormagnetisierungs-Frequenz geändert worden: Während R 64 und R 65 mit 40 kHz löschten und mit 80 kHz vormagnetisierten, verwendete man beim R 65a für beide Aufgaben 80 kHz. Alle drei Typen verlangten am Eingang Signalpegel von +6 bis +12 dB (einstellbar). Unterschiede gab es beim Ausgangspegel: während alle drei Varianten einen Ausgangspegel von etwa -18 dB hatten, war dieser beim R 65a auf +6 dB umzustellen. Dafür mussten zwar Brücken umgelötet werden, aber mit diesem Ausgang benötigte man beim Zusammenschalten mehrerer Geräte keinen weiteren Zwischenverstärker mehr. Und im internen Verstärker wurde lediglich eine weitere Röhre eingesetzt. Erstaunlich war höchstens, dass selbst in den Geräten des Jahrgangs 1957 noch Stahlröhren wie EF 12 und EDD 11 eingesetzt wurden (Abbildung 372), während längst die Röhren der Novalserie gängig waren.

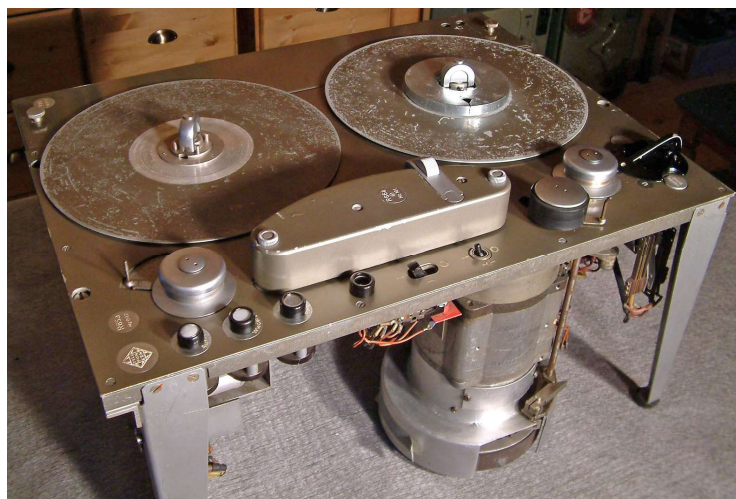


Abbildung 368: Laufwerk R 65a mit Kopfträger R 66a und Verstärker V 98, letzterer verdeckt oben zwischen/unter den Bandtellern.



Abbildung 369: R 65a, der Kopfträger hatte drei optisch kaum zu unterscheidende Köpfe – im vorliegendem Objekt fehlt der identisch aussehende Löschkopf.

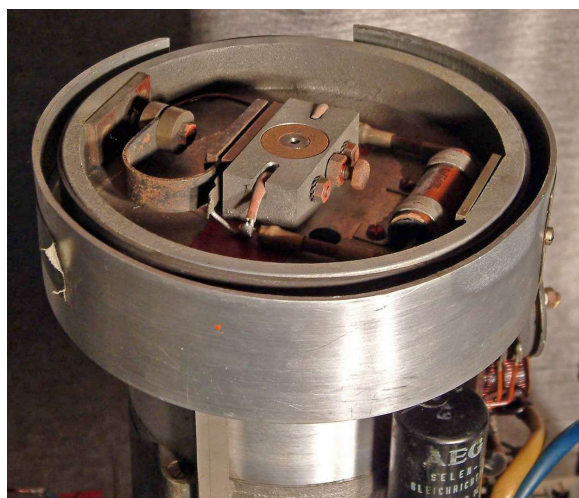


Abbildung 370 (LINKS): R 65a; der elektrisch wirkende mechanische Fliehkraftregler machte – verglichen mit seinen militärischen Vorgängern (Abbildung 175, Seite 157) – einen recht robusten Eindruck. Er arbeitete am einzigen Motor, der gleichzeitig Tonmotor und Antrieb für die Umspulvorgänge war und dann noch als Einankerumformer die Anodenspannung erzeugte.

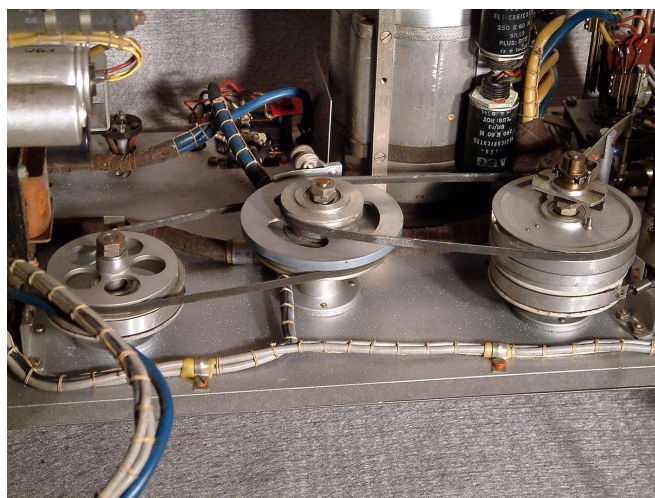


Abbildung 371 (RECHTS): R 65a; die typische Antriebslösung des AW 1 mit seinen Keilriemen wurde auch 1957 noch eingesetzt.

Das wird verständlich, wenn man davon ausgeht, dass AEG ebenso wie Telefunken (und letztlich auch die Rundfunkanstalten) den Magnetophon-Entwicklungsschwerpunkt in die Laufwerke gelegt hatten, während bewährte Verstärkerschaltungen übernommen und höchstens punktuell verbessert wurden. So geht der Verstärker V 98 auf die bewährten Verstärker V 66, V 66u (Aufnahme-Verstärker) und V 67, V 67u (Wiedergabe-Verstärker) zurück. Die ersten Schaltpläne dieser Verstärker (V 66 und V 67) stammen in der verbindlichen NWDR-Form (etwa in den Braunbüchern) aus den Jahren 1950/51; Pläne der AEG – soweit vorhanden – tragen etwa das gleiche Datum. Diese Schaltungen haben also die Zentraltechnik des NWDR und der AEG gemeinsam entwickelt. Verwendet wurden dabei auch die damals durchaus noch aktuellen Stahlröhren. Allerdings wurde im Eingang des Wiedergabeverstärkers V 67 bereits die modernere, rauscharme Rimlock-Pentode EF 40 eingesetzt. Als im Jahre 1954/55 die Verstärker V 66u und V 67u konzipiert wurden, legte man die Filter für die beiden

Geschwindigkeiten 76 und 38 cm/s umschaltbar aus, während die vorhergehenden Verstärker entweder für 38,1 cm/s oder 76,2 cm/s realisiert waren. Wenn man von kleineren Änderungen (umschaltbare Filter!) absieht, waren die u-Verstärker praktisch identisch mit den bewährten Vorgängertypen; auch die verwendeten Röhrentypen wurden unverändert übernommen. Im Jahre 1958 wurde der Verstärker V 98 für das Ü-Wagen-Magnetophon R 65a entworfen. Dass die V 60-er Verstärker als erfolgreich galten, ist in den jetzt vom IRT abgezeichneten Braunbuch-Schaltplänen zu sehen: Der V 98 wurde zusammengesetzt aus einem Aufnahmekreis, der fast identisch mit dem des V 66u war, und einem Wiedergabekreis, der stark an den V 67u erinnerte, aber jetzt in beiden Eingangsstufen die modernsten Noval-Röhren EF 804 verwendete, die insbesondere rauschärmer waren als die EF 40. Das Festhalten an den übrigen Stahlröhren soll aber auch damit zusammengehangen haben, dass es keinen vollwertigen Ersatz für die EDD 11 gab.

Abbildung 372: Der Verstärker V 98 war im Laufwerk R 65a integriert. Er war leicht auszubauen, weil alle Verbindungen über Stecker hergestellt wurden. Auffällig ist, dass immer noch mehrere Stahlröhren verwendet wurden.



Studiogerät Magnetophon T 9

Schon in der Winterhuder Zeit zeigte sich, dass weder mit dem Magnetophon T 8 oder dem T 8f der wirkliche Durchbruch gelungen war: die Produktion hatte wegen ihrer hohen Anforderungen schlicht die damals im Werk vorhandene Fertigungstechnik überfordert. Hans Schießer (seit 1946 beim RTZ beziehungsweise RTI) fasste Anfang 1950 nur zusammen, was Schüller und Mitarbeiter schon aus Kundenkontakten wussten, nämlich dass „die augenblicklich vorhandenen Laufwerke [T 8, K 8 und R 22-Restbestände] im Vergleich zu sonstigen Funkhauseinrichtungen außerordentlich störanfällig sind und die erhaltene Aufzeichnungsqualität wegen der vorhandenen mechanischen Mängel noch verbesserungsbedürftig ist Die Entwicklungsarbeiten sollen in Teilproblemen vom RTI, NWDR und SWF wie von der AEG, die hierfür einen Entwicklungsauftrag erhält, durchgeführt werden“.²⁴¹⁷ Einerseits, um derartige Schwächen abzustellen, andererseits, um neue Konstruktionsideen zu verwirklichen und vor allem den Herausforderungen der gerade eingeführten UKW-Technik (besonders der auf 15 kHz heraufgesetzten oberen Grenzfrequenz) gerecht zu werden, planten die Entwickler als Konsequenz ein Nachfolgemodell, das folgerichtig den Namen Magnetophon T 9 bekam. Dass der AEG-Vorstand im Mai 1949 diese Entwicklung aufgeschoben hat²⁴¹⁸ – zunächst sollte die starke Nachfrage nach T 8 und K 8 befriedigt werden –, kam im Nachhinein dem neuen Modell zugute: in die gewonnene Zeit fallen diverse patentierte Erfindungen, die sein gutes Renommee begründeten. So konnte Eduard Schüller am 16. Januar 1951 das „Neue Magnetophon-Laufwerk T 9“ im RTI durchaus selbstbewusst vorstellen: „Auf Grund der Erfahrungen mit den T 8-Laufwerken und unter Berücksichtigung der von den Rundfunk-Gesellschaften geäußerten Wünsche hat die AEG eine Neukonstruktion des Magnetophonlaufwerks für Sendezwecke in Angriff genommen. Das neue Laufwerk unterscheidet sich prinzipiell nicht von der T 8-Konstruktion. Es werden lediglich die Mängel beseitigt, während die Elemente, die sich gut bewährt haben, übernommen wurden“.²⁴¹⁹ Die Erstausführung des Magnetophons T 9 (ohne Zusatzkennung, laut Braunbuch R 69) bot nur die Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s. Zum wahren „Arbeitspferd“ vieler Rundfunkanstalten, Schallplattenfirmen und Musikstudios entwickelte sich das bald folgende, auf 76,2 cm/s und 38,1 cm/s umschaltbare Modell T 9u (ARD-Braunbuch-Bezeichnung R 69u). Es wurde auch noch nach dem Umzug in Wedel gefertigt und weiterentwickelt, bis ein nie geklärtes Motorproblem seiner Erfolgsstory ein Ende machte.

Wie Schüller die Neuheit vorstellte, gelingt keinem Verkäufer: hier spricht der Entwickler und Ingenieur. Und tatsächlich hat das Gerät auf dem ersten Blick recht viel Ähnlichkeit mit dem T 8. Erst ein zweiter Blick zeigt die ausgeführten Maßnahmen. Soweit machbar, sind die für das T 9 angekündigten Verbesserungen auch in die laufende Produktion der verbesserten Varianten T 8f eingeflossen. Auch sollten auf dem T 9 nur noch AEG-Wicklerkerne (Bobbies) mit 100 mm Durchmesser eingesetzt werden,²⁴²⁰ damit waren die alten Kerne mit 70 mm Ø obsolet. Diese Maßnahme bedeutete eine Eingrenzung des Arbeitsbereiches, so konnte eine ganze Reihe von Reglungsproblemen einfacher gelöst werden.

Schüller erwähnt als erstes die Montageplatte, sie wurde „verstärkt und durch besondere Tragkonstruktion gegen ein Durchhängen gesichert“. Leidige Gussprobleme erledigten sich, als der Sandguss aufgegeben und in Kokillen gegossen werden konnte;²⁴²¹ in solchen Metallformen (!) kühlt das Material schneller ab und liefert deshalb ein feineres, stabileres Gussgefüge. Dies und die ungestörte Oberfläche führten zu den angestrebten Verbesserungen. Dass die Platine dicker erscheint, liegt an den Versteifungen in Form eines breiten Randes und zusätzlicher Rippen auf der Unterseite – das deutlich höhere Gewicht des T 9-Laufwerks (63 gegenüber 28 kg) ist in erster Linie den Komponenten unter dem Laufwerk geschuldet, wie ein Vergleich der Abbildung 377 mit der Unterseite des Magnetophon T 8 (Seite 271) zeigt.

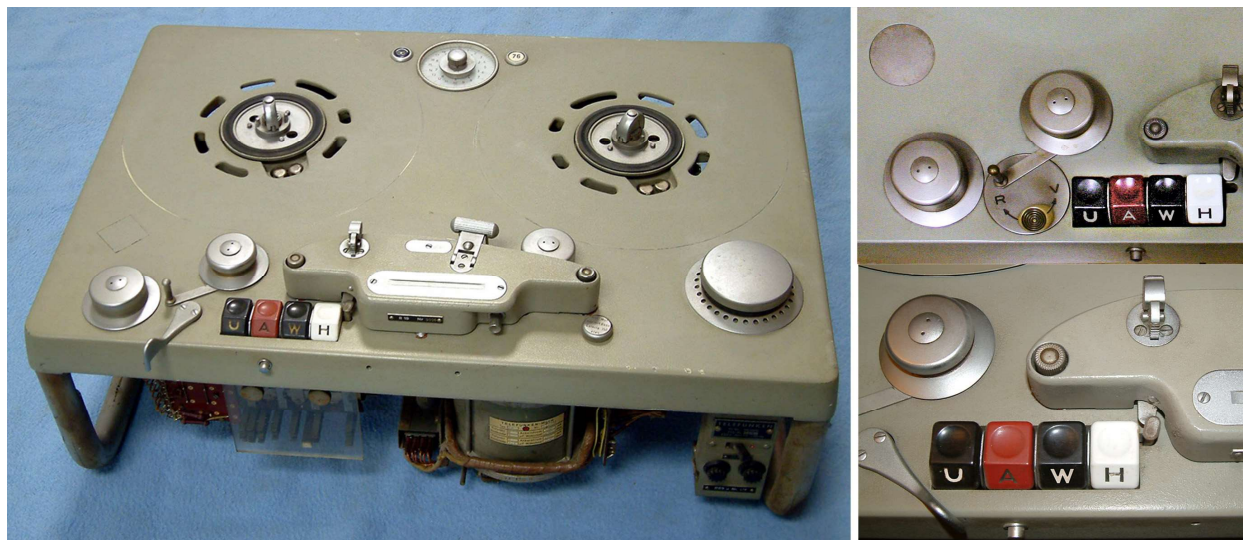


Abbildung 373: (LINKS) Magnetophon T 9u, Laufwerk (mit dem Kopfträger R 19), das „Arbeitspferd“ vieler Rundfunk- und Schallplattenstudios während der 1950er Jahre, hier in der Ausführung T 9u (laut Braunbuch 1959 R 69u) für die Bandgeschwindigkeiten 76,2 cm/s und 38,1 cm/s. – Verwandtschafts-Merkmale zum T 8: Lüftungsschlitze, Kopfträger, Position des Wegmesswerks, Dämpfungsanordnung im Bandzulauf, Umlenkrolle rechts mit Lochtteilung. Weiterentwicklung: Verrundete Kanten, originale Tastatur, Aussehen des Wegmesswerks, Geschwindigkeitsumschaltung und -Anzeige. Die jeweils zwei Öler für die zwei Wickelmotoren sind innerhalb des Lüftungsringes zu sehen.

(RECHTS OBEN) Der Umspulregler der ersten, nur für 76,2 cm/s ausgelegten T 9-Serien (laut Braunbuch vom 19.12.1952: R 69). In der Bild-ecke oben links: der „Stopp-Taster“, Ursache ärgerlicher Pannen, der in späteren Ausführungen entfiel.

(RECHTS UNTEN) Die endgültige Ausführung des Umspulreglers als Hebel mit großem Verstellwinkel. Unterhalb der Aufnahmetaste die Sperrtaste. An der Halt-Taste ist eine Nase angebracht, die beim Drücken den Bandabheber in die Ruhestellung bringt (das heißt, das Band liegt an den Magnetköpfen an).

Weiter spricht Schüller Verbesserungen an, die von den Kunden initiiert worden sind: glatte Oberflächen und starke Verrundungen hervorstehender Teile (Tastenschalter, Kopfträger, versenkbare Rändelschrauben des Kopfträgers), so dass selbst bei hektischem Betrieb in den Studios die Bänder nicht mehr haken und beschädigt (... und hoffentlich ebenso wenig die Finger gestresster Tontechnikerinnen verletzt ...) werden konnten. Bessere Zugänglichkeit der immer noch notwendigen Öler (Abbildung 374), besonders für das obere Tonmotor-Lager, erleichterten den Service.

Der allgemeinen Verbesserung dienten eine ganze Reihe von Neuerungen, die ab dem T 9 zum Standard der AEG-Studiomagnetophone gehörten: Eine bandberührende Beruhigungsrolle zwischen Aufnahme- und Wiedergabekopf dämpfte Längsschwingungen des Bandes im 5 kHz-Bereich und verbesserte damit das Modulationsrauschen. Rucke und Unruhe im Bandablauf, etwa von schlechten Klebestellen, unrrunden Bandwickeln oder verbogenen Wickelkernen, besonders „gut“ hörbar als Schwankungen im Frequenzbereich bis 20 Hz, dämpfte ein Filterhebel im Bandlauf, unter dem sich, so schlicht er auch aussah, eine komplexe Mechanik verbarg.²⁴²² Die Filterrollen erlaubten, dieses „mechanische Filter“ leicht und genau zu justieren. Wie schon beschrieben, waren schon viele T 8 damit nachgerüstet worden; bekanntlich hatte sich diese „T 8f“, laut Karl-Erik Gondesen, dem Leiter der Zentraltechnik des NWDR, nach einem Jahr Erprobung gut bewährt.²⁴²³

Der T 9-Kopfträger erhielt eine Bandschere (Abbildung 383). Die rechte Leitrolle bekam den schon beim T 8f beschriebenen Lochkranz zur Geschwindigkeitskontrolle. Wie bei den neueren Varianten der T 8, war die „Bandlängenuhr“ in den hinteren Raum zwischen den Bandtellern verlegt worden, wo sie das Hantieren mit dem Band nicht mehr behinderte. Die Uhr selber wurde wesentlich aufwendiger gestaltet, insbesondere durch ihre Kapselung sowie die Hintergrundbeleuchtung der Skala (Abbildung 375). Da sie in Gusstechnik ausgeführt war, wog sie alleine schon gut 1 kg. Alle Motoren und Steuermagnete waren verbessert worden. Die magnetische Abschirmung des Tonmotors wurde erweitert, um Brummeinstreuung zu minimieren; er hatte zudem beim Drehmoment wie beim Gewicht zugelegt. Damit er möglichst schnell anliefe, wurde eine spezielle Anlaufwicklung etwa eine Sekunde lang zusätzlich beaufschlagt. Den Anlaufstrom steuerte ein zeitverzögertes Relais, das auch die Filterhebel für diese Anlaufzeit gebremst hielt. Man plante zwar, diesen Motor eines Tages für zwei Geschwindigkeiten umschaltbar zu machen, wartete dafür aber zunächst die Erfahrungen mit der Anlaufsteuerung ab.



Abbildung 374 (LINKS): T 9 und T 9u, Details nach Abnahme des Kopfträgers: Öler (Kappe abgenommen) mit zwei Kammern für den Tonmotor, dahinter das höhenverstellbare Auflager für den Kopfträger.

Abbildung 375 (RECHTS): „Banduhr“ von unten, Reflektorboden abgeschraubt. Oben: Gehäuse mit den Befestigungsbohren, unten milchig: Skalenglas von der Rückseite.

Beide Wickelmotoren und ihre elektromechanische Steuerung wurden so verbessert, dass der Bandzug bei praktisch jedem Wickeldurchmesser konstant blieb. Der Hebel, der die Gummirolle gegen die Tonrolle drückte, wurde so umkonstruiert, dass die Andruckkraft nicht mehr von einem starren „Druckdaumen“ aufgebracht wurde, sondern durch Federkraft.



Abbildung 376: Magnetophone T 9 in NWDR-Tonträgerräumen, Hamburg.

Während bis zum T 8 die Arbeitsmagnete mit Federkraft zurückgeholt wurden, hatte beim T 9 jeder Motor einen Brems- und einen Bremslüftmagneten, leicht erkennbar neben den Wickelmotoren (Abbildung 377). Beim Tonmotor saß der Bremsmagnet am oberen Lager Schild, der Lüftmagnet am unteren. Alle diese Magnete wurden ab T 9 mit Gleichstrom gespeist – die wechselstromgespeisten Brems- und Andruckmagnete des T 8 hatten sich mit störendem Gebrumm bemerkbar gemacht –, was den Störspannungs-Pegel auf -60 dB absenkte.²⁴²⁴ Dafür waren auffällig viele Gleichrichter erforderlich. Die Magnete lieferten in allen Betriebsphasen angepasste Bremsmomente. So wirkte im Stillstand nur eine geringe Bremskraft, so dass das Band beim Schnitt (damals noch häufig „Cuttern“ oder „Cutten“ genannt) leicht zu handhaben war. Beim Anlauf und beim Bremsen waren die Momente zeitlich so abgestimmt, dass es weder Schlaufen

noch Bandrisse gab; im Spielbetrieb waren sie auf möglichst konstanten Lauf des Magnetbands bei minimaler Schwingneigung ausgelegt. Die bisher etwas kleinen, runden Bedienungstasten wichen einem Satz größerer, rechteckiger, wieder verschiedenfarbiger Tasten, dem unverwechselbaren Kennzeichen der T 9 (Abbildung 373).

Bei den Rundfunkanstalten fand die Betriebseinführung des T 9 als R 69 bereits 1952 statt (Abbildung 376), die Braunbuchbeschreibung folgte am 19. Dezember 1952. Die ersten acht Laufwerke gingen Anfang 1952 an das NWDR-Tonträgerlabor in Hamburg zum Testen; der Untersuchungsbericht datiert vom 28. März 1952.²⁴²⁵

Als Kopfträger für das neue Magnetophonlaufwerk konnte der R 18 eingesetzt werden, der schon seit 1947 für das T 8 (R 28) zur Verfügung stand. Ab 1952 gab es den neuen, erheblich verbesserten Kopfträger R 19 (mit Bandschere), der auch bei der nächsten Generation (T 9u und M 5) eingesetzt wurde (Abbildung 383, Details zu den Köpfen auf Seite 340). Der beim T 8 eingeführte „Bandabstreifer“ an Tonrolle und Gummiandruckrolle wurde auch für das T 9 verlangt, weil er verhinderte, dass sich das Tonband um eine der beiden wickeln konnte. Als Einschubverstärker waren V 66 (Aufnahme, HF-Generator) beziehungsweise V 67 (Wiedergabe) vorgesehen.

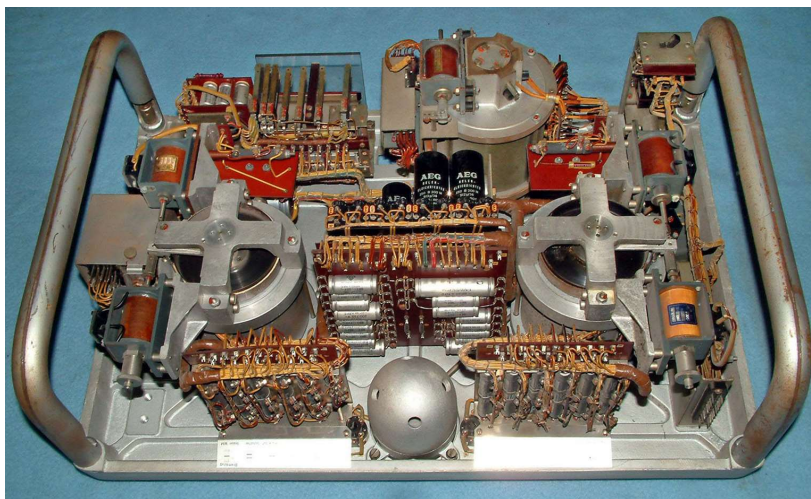
Das T 9 war als Truhengerät ausgeführt und hatte als Stützrahmen eine Rohrkonstruktion (Abbildung 377), die das Hantieren erleichterte: Das Laufwerk konnte leicht auf den Laufschienen der Truhen nach hinten gegen die Kontaktleisten geschoben und ebenso leicht herausgezogen und auch abgestellt werden, ohne dass Komponenten beschädigt wurden. Außerdem ließ es sich leicht kippen, was auch Komponenten unterhalb des Laufwerks erreichbar machte.

Zusätzlich zur zitierten Schüller-Beschreibung wiesen die T 9 noch eine Besonderheit auf: Vor dem linken Spulenteller befand sich der Stopp-Taster für eine Schnellbremsung, die auf beide Wickelmotore mit maximalem Bremsmoment wirkte, wenn er gleichzeitig mit der Halttaste gedrückt wurde. Zweck dieser Vorrichtung war wohl, bei Bandriss beide Wickel so schnell wie möglich zum Stillstand zu bringen, vielleicht auch, um nach Umspulende sofort weiterarbeiten zu können. Der Schnellstopp scheint sich nicht bewährt zu haben; bei den bekannten T 9u fehlt er (so auch bei den in Abbildung 373 gezeigten Maschinen, hier hat das Telefunken-Logo seinen Platz eingenommen).

Auf einer kleinen Montageplatte (unterhalb der Montageplatte befanden sich der Netzschalter und unter anderem ein Schalter, der die Netzversorgung des T 9 umpolte. Hierbei machte man Gebrauch von der Erfahrung, dass Netzpumolung häufig Brummeinstreuungen zumindest verringert. Der Tonmotor war als Einphasen-Synchronmotor ausgelegt, dessen Hilfsphase mit Kondensatoren und Widerständen so eingestellt wurde, dass in der Hauptphase der gleiche Strom floß wie in der Hilfsphase. Damit wurde sein Drehmoment so konstant, wie es für einen Direktantrieb (Tonrolle auf Tonmotor) nötig war, um Torsionsschwingungen zu vermeiden. Nach wenigen ausgelieferten Exemplaren wurde das Anlaufdrehmoment des Tonmotors mit einem zusätzlichen Transformator weiter erhöht. Auslöser war die Forderung des Tonträgerlabors, die bisher erreichte Anlaufzeit von 2,5 s auf unter 1,5 s zu drücken, damit das Gerät auch als Sende-Magnetophon tauglich wäre – andernfalls wäre es nur im Aufnahme- und Cutterraum einzusetzen.²⁴²⁶ Und die sonst gängige Lösung, die Hochlaufzeit auf Kosten einer einwandfreien Filterung zu verkürzen, war hier natürlich nicht akzeptabel.

Einige Jahre später erarbeitete das IRT, Niederlassung Hamburg, sogar eine Anleitung,²⁴²⁷ wie die „zeitlichen Unbeständigkeiten“ des T 9-Bremssystems, verursacht durch Verölen, durch Korrosion und so weiter, zu beheben seien. Nach anfänglichen Versuchen, die elektromechanischen Bremsen durch rein elektrische zu ersetzen, schlug man mit Datum 27. März 1958 (Unterschrift Hans Schießler) den Ersatz der Metalltrommeln durch Bremsringe aus Graphit – das ja keine Haftreibung kennt – und ebenfalls den Ersatz der Metallbremsbänder durch graphitierte Filzbremsbänder vor. Bei dieser Werkstoffpaarung hatte man inzwischen schon die zeitliche Konstanz über 80.000 Schaltvorgänge nachgewiesen. Diese Erfahrung floß in eine Umbauanleitung für die T 9 ein; die Firma Telefunken bot den entsprechenden Umbau vorhandener Studiogeräte an. Dennoch erhielten die Magnetophone noch keine Carbon-Bremsscheiben, vielmehr ging die Entwicklung in den nächsten Jahren zu Bremsbändern, die mit Carbon-Staub getränkt wurden und sich – insbesondere nachdem sie an ihren Metallbändern vernäht wurden – sehr gut bewährten.²⁴²⁸

Abbildung 377: T 9u-Laufwerk von unten. Vorn Banduhr mit geschlossenem Reflektor. Motoren rechts und links: Wickelmotoren mit angeflanschten Brems- und Bremslüftmagneten. Neben der Banduhr einstellbare Widerstände. In der Mitte auffällig viele Gleichrichter (schwarze Zylinder). Oben in der Mitte der Tonmotor, links davon der Schaltkontaktsatz, rechts davon die „kleine Baueinheit“.



Weiterentwicklungen des Magnetophons T 9

Erwartungsgemäß wurde das T 9 bald durch ein T 9u ergänzt und ersetzt, dessen Bandgeschwindigkeit von 76,2 cm/s auf 38,1 cm/s umgeschaltet werden konnte. Dieses Magnetophon kam als Rundfunk-Studiogerät R 69u zu erheblicher Bedeutung. Weniger gefragt war ein weiteres Gerät mit umschaltbarer Geschwindigkeit, das T 9a, das mit den Bandgeschwindigkeiten 38,1 cm/s und 19,05 cm/s arbeitete. Selbstverständlich bot man auch diese Geräte in Stereo-Versionen an, nachdem das ja schon beim T 8 geschehen war. Weitere Märkte bediente die AEG mit Sonderentwicklungen, etwa mit einem „Vierspurmagnetophon T 9u“.

Studio-Magnetophon T 9u

Schon 1954, also noch zur Canalstraßen-Zeit, wurde das Studio-Magnetophon T 9u bei den Rundfunkanstalten eingeführt, wenn auch der Braunbuch-Eintrag „R 69u“ erst 1959 erschien. Zum Laufwerk gehörten der Kopfträger R 19 sowie die Aufnahmeverstärker V 66u oder V 86 und die Wiedergabeverstärker V 67u beziehungsweise V 87.

T 9 und T 9u waren leicht zu unterscheiden: neben der Banduhr befanden sich zwei Taster (Abbildung 378), welche die Umschaltung elektrisch vornahmen und die gewählte Geschwindigkeit optisch anzeigten, und zwar

leuchtete der jeweilige Taster als Rückmeldung des Verstärkers auf, dass er auch die Entzerrung umgeschaltet hatte. Die Bandmessuhr trug jetzt zwei Skalen, die je nach Bandgeschwindigkeit abzulesen waren. Als wesentliche Neuerung erregte Gleichstrom den Rotor des Tonmotors, zugeführt über Schleifringe, auf die ein Fenster die Sicht zur Kontrolle freigab (Abbildung 379). Auch der folgende T 9u-Tonmotor erhielt zum schnelleren Anlauf für etwa eine Sekunde aus einem Spartransformator eine Spannung von 300 V auf die Hilfswicklung, danach etwa 110 V. Neu entwickelte Tonmotore erhielten als untere Lagerung Wälzlager, die nicht mehr geschmiert werden mussten.

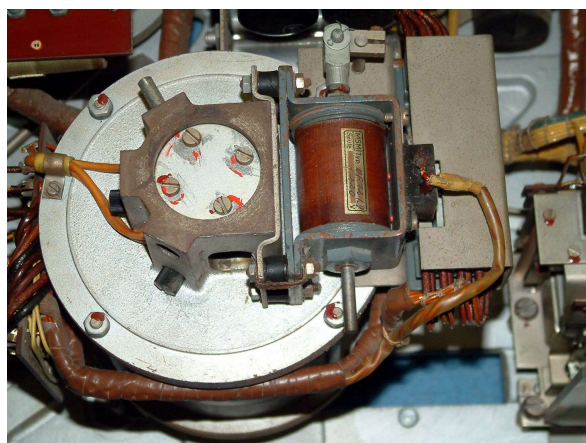
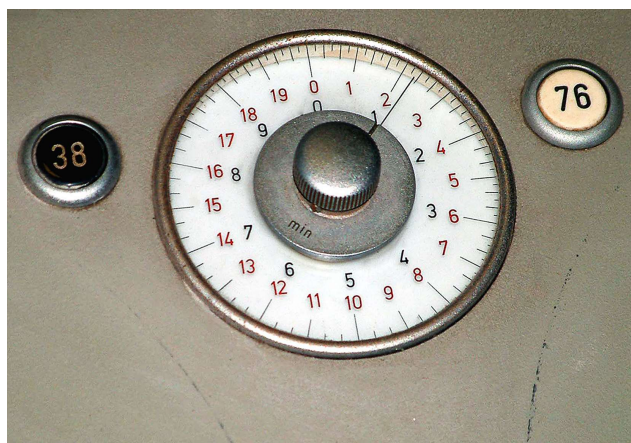


Abbildung 378 (LINKS): T 9u, Banduhr von oben, beleuchtete Skala mit den Zeiten für die zwei Bandgeschwindigkeiten. Daneben die beiden Taster zum Wählen der Bandgeschwindigkeit mit beleuchteter Anzeige des geschalteten Wertes als Rückmeldung der Entzerrungumschaltung der Verstärker.

Abbildung 379 (RECHTS): T 9u, Unterseite des Tonmotors mit Lüftmagnet, daneben Zuführung der Gleichspannung zu den Schleifringen, zu beobachten über das vorn sichtbare Fenster.

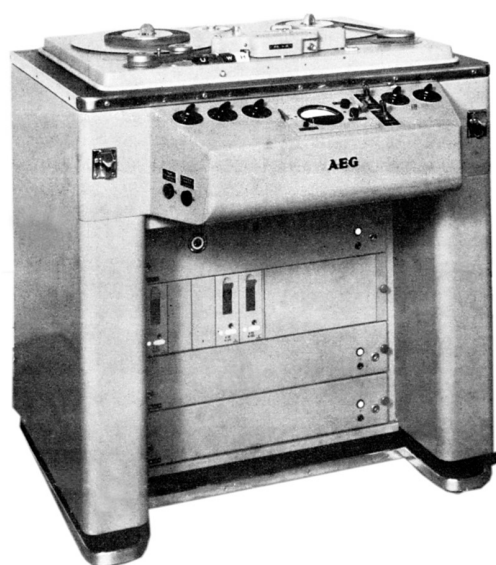


Abbildung 380: Magnetophon T 9u N/2, ein autarkes „Komplettgerät in Stahltruhe betriebsfertig geschaltet“, gewissermaßen ein Kleinstudio mit mehreren Mikrofoneingängen.²⁴²⁹

T 9u N/2

Außerhalb des Rundfunkgeschäftes strebten die AEG und später auch Telefunken weitere Märkte an. So wurde bereits im April 1953 eine umschaltbare T 9u als Komplettgerät beworben. Dazu gehörten naturgemäß Einstellglieder und Aussteuerungsmesser sowie in diesem Fall ein Mischpult, Mikrofon mit den dazugehörigen Verstärkern, Abhörkontrollverstärker und so weiter. Das Prospektfoto in Abbildung 380 zeigt ein wuchtiges Gerät in „Stahltruhe“, im Knieaum oberhalb des „Aufsprechverstärkers“ V 66u und des Wiedergabeverstärkers V 67u sind bereits drei „Kassettenverstärker“ V 72 zu sehen.

Magnetophon T 9u als Vierspur- und Achtspurgerät

Für Tonstudios, Plattenfirmen und andere mehr stellte die AEG nach den Vorgaben der Kunden individuelle Varianten des T 9u zusammen, siehe Abbildung 381. Obgleich Geräte dieses Typs nur noch selten anzutreffen sind, hat er nennenswerte Bedeutung erlangt. Fotos belegen verschiedene Ausführungen, besonders auch des Bedienpultes. Das hier gezeigte Produktfoto stammt von 1957, als die Magnetophone bereits in Wedel gebaut wurden. Die Daten entsprachen denen des T 9u, die in der Abbildung gezeigte Variante war allerdings für Bänder von 1 Zoll Breite ausgelegt, auf dem vier Spuren unabhängig voneinander aufgenommen werden konnten. Das bedeutete, dass alle Köpfe vierspurig waren – bis hin zum Löschkopf (Abbildung 382). Aber auch als Acht-Spur-Magnetophon wurde dieses T 9u gebaut, was einen neuen Spurplan mit angepassten Nutzspur- und „Rasenbreiten“ (um genügende „Übersprechdämpfung“ sicherzustellen) erforderte. Zunächst war es nicht möglich, in einem Gehäuse acht Kopfsysteme unterzubringen, so dass im ersten Gehäuse die Köpfe für die Spuren 1, 3, 5 und 7 eingebaut waren, im zweiten für die Spuren 2, 4, 6 und 8.²⁴³⁰ Die Aufnahmen auf den gerad- und ungeradzahlgigen Spuren waren also örtlich gegeneinander versetzt, was allerdings keine Rolle spielte, so lange man nur mit genau einer Maschine arbeitete. Da aber der Platz im Kopfträger beschränkt war, mussten die „aktiven“ Köpfe sowohl für Aufnahme wie für Wiedergabe eingesetzt werden können – Hinterbandkontrolle war also nicht möglich (wie abzusehen, führte die Entwicklung sehr bald zu jeweils

„achtstöckigen“ A- und W-Köpfen). Die Hochfrequenzkreise der Kanäle mussten natürlich synchronisiert werden, damit keine Interferenzen auftreten konnten. Jede Spur hatte einen eigenen, jeweil optimal einstellbaren Aufnahme- und Wiedergabeverstärker. Allerdings durfte das ja relativ schwere Band nicht länger als 500 m sein, so dass nur 10 beziehungsweise 20 Minuten fortlaufende Spielzeit zu realisieren waren – für die Unterhaltungsmusik-Produktion sicher lang genug, nicht jedoch beispielsweise für die Aufzeichnung von Veranstaltungen und dergleichen. Näheres zur Mehrspurtechnik (Multitrack recording) siehe Seite 455 ff.

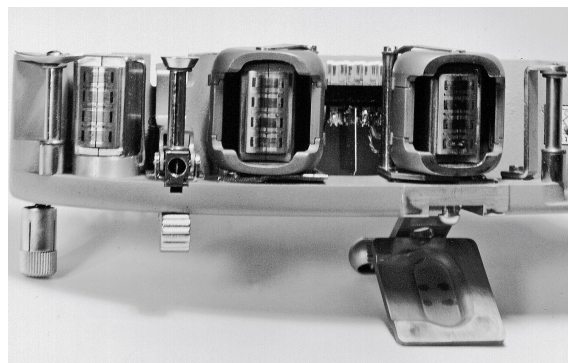
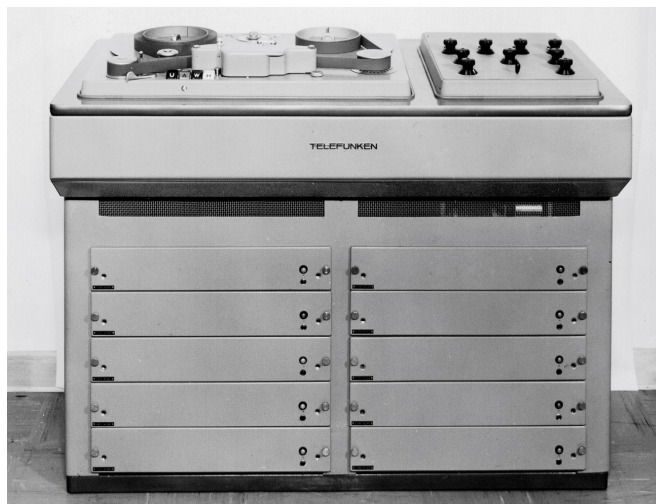


Abbildung 381 (LINKS): T 9u in einer der Vierspurversionen, 1-Zoll-Band, Verstärker in den Einschüben im Knieraum des Pultes, Bedienelemente rechts auf dem Pult.

Abbildung 382 (RECHTS): T 9u Vierspurversion, Kopfträger. Von links: Bandführung, Löschkopf, Bandabheber, Aufnahmekopf, Wiedergabekopf, Bandführung.

Tonköpfe und deren Justage in der „Canalstraßen-Zeit“

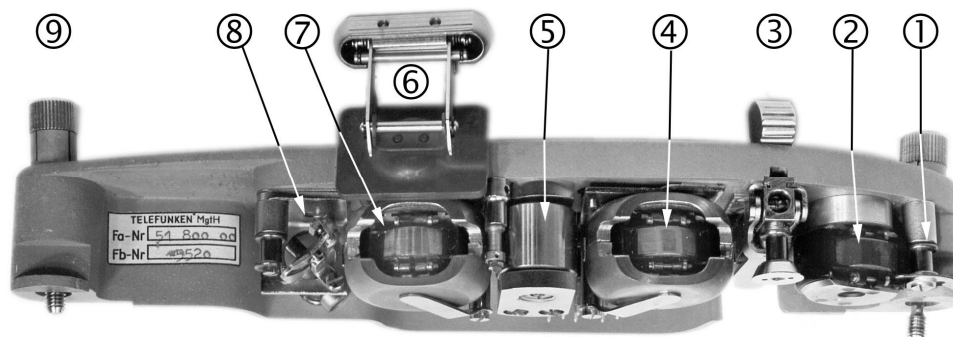
Es bestanden wesentliche Unterschiede zwischen Studiogeräten auf der einen Seite, deren Magnetköpfe ja durch den Kopfträger gewissermaßen zu einer Einheit wurden und auch als Einheit austauschbar sein mussten, und Heimgeräten auf der anderen Seite, deren Köpfe nach Austausch zumindest in einer Fachwerkstatt individuell justierbar sein mussten (im damaligen Fachjargon „eintaumeln“ oder „einwippen“).

Kopfträger für Studio-Magnetophone

Konnten und durften anfangs nur Spezialisten die Magnetköpfe einstellen, wurden sie im Lauf der Jahre konstruktiv zwei Forderungen angepasst: einerseits dem Austauschbau der Kopfträger (da heißt, sie waren auf sichere Austauschbarkeit hin konstruiert), die jeder geschulte Servicetechniker (etwa der „Messdienst“ in Rundfunkanstalten) wechseln konnte, und andererseits an die Voraussetzungen für den Serienbau in der Fabrikation. Wie die Verbesserung der Magnetophone war auch die Entwicklung der Kopfträger in Schritten erfolgt. In der Hamburger Zeit erreichte man einen gewissen Standard, der bei T 8 und im Ü-Wagen-Magnetophon R 65 realisiert wurde und bei der T 9-Familie zwar noch Ergänzungen erfuhr, aber nicht mehr entscheidend verändert wurde. Auch das Magnetophon M 5 übernahm diese Technik.

Abbildung 383: Kopfträger-typ von T 9u bis M 5.

- ① linke Bandführung aus Hartmetall (Widia),
- ② Löschkopf,
- ③ Bandabheber,
- ④ Aufnahmekopf,
- ⑤ Beruhigungsrolle,
- ⑥ Brummklappe,
- ⑦ Wiedergabekopf,
- ⑧ Bandschere,
- ⑨ rechte Befestigungsschraube.



Der eigentliche Träger bestand aus einem Aluminium-Hartguss-Formstück, dessen drei Arbeitsflächen sauber zueinander ausgerichtet waren: die zwei Anschlagflächen an den Befestigungsschrauben sowie die Auflager für die Köpfe und weitere Komponenten (Abbildung 384). Während man das K 4 noch mit drei Anschlägen sowie drei Indexstiften plus zwei Befestigungsschrauben versehen hatte (Abbildung 146, Seite 134), reichten

jetzt zwei Schrauben für beide Aufgaben aus. Höhentoleranzen, die von der Fertigung der Laufwerks-Platine herrührten, mussten natürlich auch an der Platine korrigiert werden, was mit höhen-einstellbaren Gewinderingen geschah (in Abbildung 374 oberhalb des Ölers zu sehen). Die vertikale Position der Köpfe im Träger glich jetzt eher einer Rechenaufgabe: Da die Position des Bandes festlag, musste die Summe aller Einzelmaße genau diese Position erreichen. Der Tonkopf wurde in der oberen Abschirmung verschraubt (Abbildung 385). Dabei ergab sich die Möglichkeit, Dickentoleranzen der Abschirmung mit gestanzten Formstücken aus Pertinax zu kompensieren. Die Abschirmung wurde über ein Aluminium-Formstück am Träger einseitig befestigt, wobei mittels einer Blechzwischenlage Toleranzen des Trägers kompensiert werden konnten. Die andere Seite des Formstückes wurde mit einer Schraube gegen eine Spiralfeder durch den Träger so verschraubt, dass mit dieser Schraube eine geringe Verkipfung des Magnetkopfes zur Laufrichtung möglich war. Dadurch wurde die Spaltstellung senkrecht zur Laufrichtung des Tonbandes optimiert. Diese Arbeit wurde im Werk an einer Messmaschine vorgenommen (Abbildung 388), in der ein Messband (mit präzis eingehaltener Aufzeichnungsrichtung) an mehreren zu justierenden Kopfträgern vorbeilief. Beim Anwender war diese Verkipfung die einzige Einstellmöglichkeit, wozu er meist eine verdeckende Zierkappe (zum Beispiel die ovale Scheibe auf dem Kopfträger der T 9u in Abbildung 373 vom Kopfträger entfernen oder in „Arbeitsstellung“ bringen musste. Dazu brauchte er freilich neben Messgeräten auch ein Bezugsband, genauer gesagt, dessen „Teil zur Spalteinstellung“ (Seite 364).

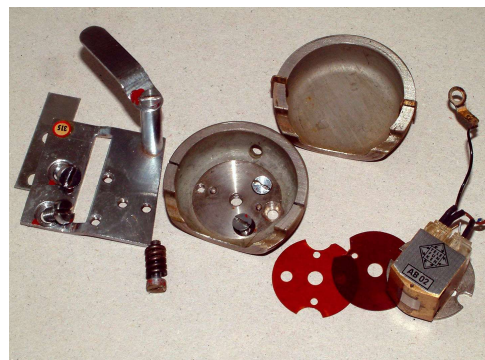
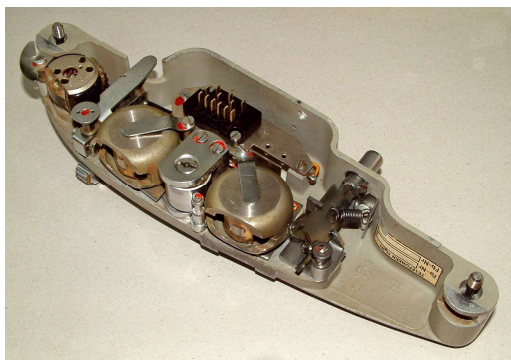


Abbildung 384 (LINKS): Der Kopfträger des Magnetophons M 5 (R 93) zeigt nur geringe Unterschiede gegenüber dem T 9-Kopfträger (R 19). Von links: Bandführung, Löschkopf, Bandabheber, AK, Beruhigungsrolle, Bandführung, WK, Bandschere, Bandführung. Abbildung 385 (RECHTS): Kopfträger des Magnetophons M 5 (R 93), Details der Aufnahmekopf-Montage. Reihenfolge: Der linke Halter konnte mit Unterlegblechen (ganz links) in der Höhe verstellt und mit der kleinen Schraube gegen die Spiralfeder im Winkel verstellt werden (Neigung des Spaltes), dabei diente die Materialschwächung als Sollbiegestelle. Individuelle Anpassung erfolgte mit gestanzten Pertinax-Plättchen (hier 0,1 plus 0,2 mm), die beim Festschrauben des Kopfes (AB 02, rechts) unter diesen geklemmt wurden. Dann wurde die zweite Hälfte der Abschirmung aufgesetzt; zwei Kupferformstücke hielten sie in Position, der federnde Hebel des Halters drückte sie fest.

Der Wiedergabekopf war genau so befestigt wie der Aufnahmekopf, allerdings schirmte ihn von vorn zusätzlich eine „Brummklappe“ ab, die mit einer Schnellbedienung versehen war. Der Löschkopf hatte einen derart breiten Spalt (typisch 200 μ m oder mehr), dass die Fertigungstoleranzen ausreichten, um ihn einfach auf den Träger zu schrauben (Abbildung 386), wobei zwei kleine Indexstifte die Winkellage bestimmten.

Mit dem T 9 wurde die erwähnte Beruhigungsrolle zwischen Aufnahme- und Wiedergabekopf eingeführt. Sie bestand aus hartverchromten Messing, dessen Oberfläche geschliffen wurde, und war zwischen Kugellagern leichtgängig gelagert (Abbildung 387). Auf Grund ihrer Trägheit dämpfte sie Längsschwingungen des Tonbandes in Kopfnähe (Abbildung 382 und Abbildung 384), die durch Reibung an den Köpfen verursacht wurden, Frequenz etwa 5 kHz. Dietrich Gipp erklärt,²⁴³¹ dass die Wirkung nicht unumstritten war, aber mit einer einfachen Demonstration belegt werden konnte: Ein Band mit einem 10 kHz-Ton wurde einmal mit laufender, einmal mit blockierter Beruhigungsrolle abgespielt. Mit laufender Rolle war der Ton klar, ohne sie war der Ton von einem auffälligen Rauschen hinterlagert, weshalb diese gerätebedingte Komponente des „Modulationsrauschens“ vorher als „Sandpapiereffekt“ gefürchtet war. – Weitere Komponenten wurden im Laufe der Zeit im Kopfträger integriert (Abbildung 383), auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll: einfache Führungsrollen, Abweiser, Bandabheber, Bandschere, Klebeschiene und so weiter.

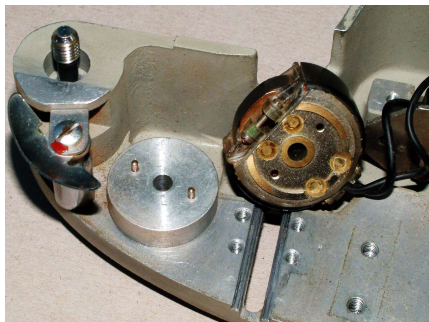


Abbildung 386 (LINKS): Befestigung des Löschkopfs im Kopfträger des Studio-Magnetophons M 5: Eine zentrale Schraube zog den Kopf an die Anschlagringe (Höhenlage), während zwei Indexstifte die Winkellage bestimmten.

Abbildung 387 (RECHTS): Die Beruhigungsrolle und ihr Kugellager



Kopfträger für Heim-Magnetophone



Abbildung 388: Kopfjustage im Werk Wedel. Ein vertikal laufendes Messband lief an den beiden Kopfträgern vorbei, deren Köpfe dabei „eingewippt“ wurden.

Aus Kostengründen wurden die Heim-Magnetophone naturgemäß nicht mit den engen Toleranzen der Studiogeräte gefertigt. Das bedingte eine aufwendigere Einstelltechnik, insbesondere musste der Kopfspalt senkrecht zur Laufrichtung des Bandes (optimale Stellung) und die Kopffläche parallel zur Bandoberfläche justiert werden, damit das Band bei (geringer) Schiefstellung nicht von den Köpfen abließ.

Ebenfalls aus Kostengründen wurde diese Aufgabe in der Regel mit Einstellschrauben gelöst, die gegen Federn arbeiteten (Abbildung 389 und Abbildung 390). Die Tonköpfe waren dabei je auf einer kleinen Metallplatte befestigt, an deren Seiten Schrauben und Federn eine Dreipunktlagerung bildeten. Wenn alle Schrauben in einer Richtung gedreht wurden, wurde die vertikale Lage des Kopfes zum Band eingestellt. Wenn nur eine der drei Schrauben verdreht wurde, konnte – je nach Schraube – eine der zwei Winkellagen optimiert werden. Die Justage setzte ein gewisses handwerkliches Geschick voraus, weil das Einstellen nicht ohne gegenseitige Beeinflussung möglich war. Sie war bei den Hamburger Heimgeräten noch etwas komplizierter, weil deren Federn nicht aus Metall, sondern aus Gummiringen bestanden, die nur geringe „Federwege“ hatten. Bei den Berliner Geräten war das Problem die gleichzeitige Veränderung der vertikalen Kopflege und der Spaltneigung.

Da auch bei den Heimgeräten die Winkelstellung des Löschkopfes weniger kritisch war, wurde dieser meist an der Führungsrolle auf der Bandzulaufseite so befestigt, dass die Führungsrolle gleich die richtige Höhenstellung des Kopfes erzwang (Abbildung 389 und Abbildung 390); Justage der Spaltneigung war nicht vorgesehen.

Abbildung 389: Kopfjustage beim Berliner Klein-Magnetophon (hier Magnetophon 85): Der abgeschirmte Kombikopf wurde von einer Bronzefeder auf einer Unterlage gehalten, die wiederum über eine Bronzefeder (Pfeile!) mit zwei Schrauben an der Basisplatte befestigt war (rechts vom Kopf). Die einzige Einstellschraube (links vom Kopf) verstellte zwangsweise gleichzeitig die Spaltneigung und die vertikale Höhe des Kopfes gegenüber dem Band. Vorrangig ist natürlich die Spaltneigung, eine vertikale Fehlstellung des Kopfes konnte mit der Bandführung (am Löschkopf und direkt vor der Tonrolle) korrigiert werden. Der Löschkopf wurde zusammen mit der Bandführung vertikal verstellt und ließ sich außerdem um die Befestigungsachse drehen.

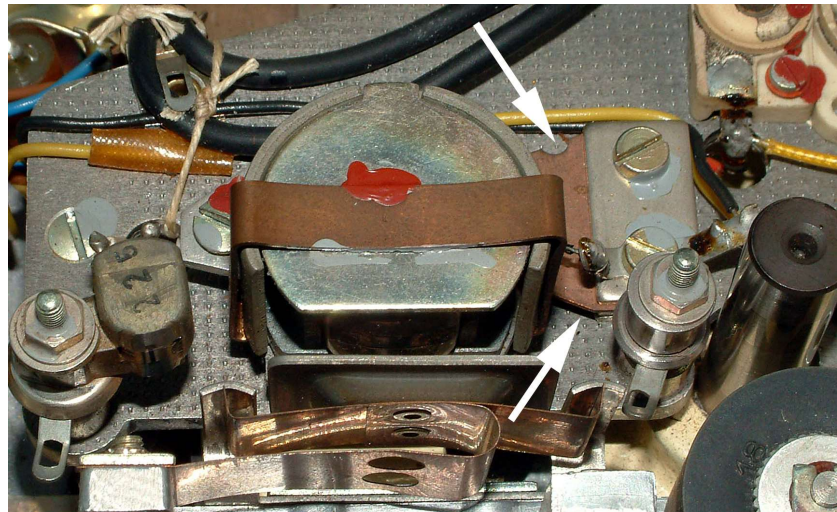


Abbildung 390: Kopfjustage beim Hamburger Klein-Magnetophon (hier KL 35): Alle drei Köpfe waren als voreingestellte Einheit auf einer Gußplatte befestigt, die mit zwei Schrauben (vorn und hinten zwischen den Tonköpfen) auf der Laufwerksplatte fest verschraubt wurde. Der Löschkopf (links, im Plastik-Gehäuse) wurde zusammen mit der Bandführung in der Höhe verstellt und konnte um seine Befestigungsachse verdreht werden. Aufnahme- und Wiedergabekopf waren jeder für sich auf kleinen Stellblechen montiert, beide einzustellen mit je drei Schrauben, die dabei gegen die Federkraft von Gummiringen zwischen Stellblech und Gußplatte arbeiteten. Mit gleichsinnigem Drehen aller drei Schrauben konnte der jeweilige Kopf vertikal verstellt werden, mit der jeweils links liegenden war die Spaltneigung zu verstellen, und mit der jeweils hinten liegenden (weitgehend verdeckt) die Neigung gegenüber dem Band.



Nationale und internationale Magnetton-Märkte

Als im Juni 1948 in West-Deutschland die Währungsreform einen langsamen Wirtschaftsaufschwung einleitete, der bei den Rundfunkanstalten die Zeit der Improvisationen allmählich beendete und einen geordneten Betrieb erlaubte, konnten die Magnetophonband-Fabriken in Ludwigshafen und Wald-Michelbach den Bandbedarf aus technischen wie Kapazitätgründen nicht decken (Seite 306). Agfa Wolfen konnte zumindest aufgrund der politischen Lage bald nicht mehr in die Westzonen liefern. Obwohl die Wirtschaftspolitik der Besatzungsmächte nach und nach die Beschränkungen der unmittelbaren Nachkriegszeit lockerte, gab es erkennbare Bestrebungen, den Bedarf jeder Besatzungszone bei einem ansässigen Hersteller zu decken; so hatte die französische Zone Ludwigshafen, die sowjetische Wolfen. Von den Absichten der amerikanischen und britischen Besatzungsbehörden zumindest gefördert, bauten ab 1948 die Firmen Anorgana, Gendorf (amerikanische Zone) und Agfa, Leverkusen (britische Zone) eigene Magnetband-Produktionszweige auf. Agfa bemusterte, sozusagen als Weihnachts-Präsent, im Dezember 1948 den NWDR Hamburg mit vielversprechenden Bändern,²⁴³² und Anorgana lieferte zum Jahresbeginn 1949 als erstes Produkt das Masseband Genoton Type E aus.²⁴³³

Genoton: Anorgana G.m.b.H., Gendorf

Die Vorgeschichte der Magnetband-Fabrikation in Gendorf wurde bereits geschildert (Seite 232): ihre Keimzelle war der hochgenaue Luvitherm-Kalender, der mit der Verlagerung des Ludwigshafener Hauptlaboratoriums nach Gendorf gekommen war. Nach Kriegsende hatten amerikanische Besatzungsbehörden das Werk Gendorf beschlagnahmt und zur „*independent unit*“ erklärt.²⁴³⁴ Die damals unersetzliche Kalender-Anlage konnte daher nicht nach Ludwigshafen zurückgebracht werden, was die Magnetophonband-Produktion zeitweise von Gendorfer Zulieferungen abhängig machte. Der Ausweg war, Luvitherm-Folie in Gendorf auf Basis eines Umarbeitungs-Vertrags zu fertigen,²⁴³⁵ das heißt, Ludwigshafen stellte das PVC-Grundmaterial und bezog die Folie gegen Berechnung der Verarbeitungskosten.

Die Magnetophonband-Fertigung in Ludwigshafen und Wald-Michelbach konnte kaum die Nachfrage der deutschen Rundfunkanstalten decken,²⁴³⁶ zumal Ludwigshafens Produktion praktisch für die französische Besatzungsbehörde reserviert war. Dies dürfte der entscheidende Grund dafür gewesen sein, warum das amerikanische „Control Office“ Mitte September 1948 einen Treuhänder für Wald-Michelbach ernannt und „*die Verbringung der Apparatur nach Gendorf angeordnet*“ hat.²⁴³⁷ Das war für die Ludwigshafener umso enttäuschender, als amerikanische und französische Stellen schließlich doch noch der Rückführung der alten Aschbacher Gießmaschine zugestimmt hatten. Der PVC-Umarbeitungsvertrag wurde fristlos aufgehoben, nachdem Ludwigshafen neuerlich versucht hatte, auf offiziellem Weg über die Besatzungsbehörden den Kalender wiederzubekommen, auch diesmal erfolglos.²⁴³⁸

Die Explosion vom Juli 1948 kaum verkraftet, reagierten die Ludwigshafener auf diesen weiteren Rückschlag empfindlich: dass Gendorf mit BASF-know-how, Vertragsbestandteil der Luvitherm-Umarbeitung, ein Konkurrenzprodukt aufziehen wolle, grenze an unlauteren Wettbewerb. Angesichts der problematischen Qualität der Bänder aus der Nachkriegs-Magnetophonbandfabrik war Konkurrenz umso bedenklicher, weil gegen Jahresende 1948 Agfa Leverkusen die reguläre Fertigung aufnahm und die Prüfstelle bereits im Februar „*ein amerikanisches Magnetophonband zu Prüfung*“ erhalten hatte, sicher 3M 111, das vor allem für hohe Frequenzen deutlich empfindlicher war als die eigene Produktion und somit den transatlantischen Wettbewerb mit einem potenziell überlegenen Bandhersteller ankündigte.²⁴³⁹ Andere Streitfälle mit Gendorf (über das von Anorgana produzierte Frostschutzmittel Genantin / Glysantin) trugen ihrerseits zu dem gespannten Klima bei; aber wie anders hätten sich Anorgana, wie hätte sich Friedrich Matthias gegenüber Anordnungen der omnipotenten amerikanischen Behörden verhalten sollen?

Die Magnetbandfertigung der Anorgana lief bald unter dem Markennamen Genoton und hatte einen passablen Start.²⁴⁴⁰ Nachdem im Dezember 1948 erfolgreiche Versuche gefahren wurden, begann im Januar 1949 die Produktion des Massebandes Genotonband Type E, das aber schon im Herbst 1949, als Reaktion auf das Magnetophonband L-extra aus Ludwigshafen, dem Genotonband Type EN (ebenfalls ein Masseband mit einem Pigment aus Gendorfer Produktion) weichen musste. Bereits im April 1951 waren 100.000 Stück EN verkauft, im Januar 1953 waren es 200.000, im August 1954 300.000 und 1955, kurz vor Ende der Genoton-Fertigung, war die 400.000-Marke erreicht. Das EN-Band profitierte nicht zuletzt von dem schlechten Ruf, in den das Ludwigshafener L-extra wegen seiner Schmierneigung geraten war. Dem Celluloseacetat-Schichtband Agfa F ebenbürtig, deckte EN annähernd die Hälfte des Bandbedarfs der deutschen Rundfunkanstalten; beim Österreichischen Rundfunk, beim Bayerischen Rundfunk sowie beim RIAS und SFB (dem 1953 „selbständig“ gewordenen Berliner Teil des NWDR) wurde es fast ausschließlich eingesetzt. Für ein Masseband unerwartet, schaffte das EN-Band sogar die Bandgeschwindigkeits-Umstellung auf 38,1 cm/s bei den Rundfunkanstalten. Beachtlich war die Produktionsgleichmäßigkeit: 1953 und 1954 reklamierten die Abnehmer nicht mehr als 1,4 % der Liefermenge.

Wenn auch knapp $\frac{3}{4}$ der gesamten Anorgana-Bandfabrikation Massebänder waren, wurden die Schichtbänder keineswegs vernachlässigt. Hier konnte man freilich nicht von Vorkenntnissen (vergleichbar der Luvitherm-Produktion) profitieren. Die ehrenwerte Aschbacher Gießmaschine diente zwischen 1949 und 1950 lediglich zu Schichtguss-Versuchen. Das Genotonband Type Z „*für langsam laufende Geräte*“²⁴⁴¹ (das heißt, für Bandgeschwindigkeiten unter 38,1 cm/s) wurde zwischen 1951 und 1952 im Tauchgießverfahren hergestellt, das aber nicht die

erhofften Ergebnisse brachte (vergleiche die Ludwigshafener Erfahrungen von 1948, Seite 308). Ab Juli 1953 lief auf einer neu beschafften „konventionellen“ Gießmaschine das Genotonband ZS, das nach einigen Modifikationen zu einem absolut konkurrenzfähigen Produkt reifte; es hätte sicher eine gute Basis für zukünftige Entwicklungen abgegeben.²⁴⁴² Genoton war also 1953 technisch und wirtschaftlich erfolgreich: der Gendorfer Umsatz, erzielt mit relativ wenigen Kunden, lag bei DM 150.000, immerhin der Hälfte des Ludwigshafener Umsatzes (DM 300.000), vorwiegend mit Endverbraucher-Produkten erbracht.²⁴⁴³

Im Anorgana-Keller tickte aber immer noch eine organisatorische Zeitbombe, nämlich der nur provisorische Firmenstatus als „*independent unit*“. Nachdem Anorgana „am 18. Dezember 1952 aus der alliierten Kontrolle entlassen worden“ war,²⁴⁴⁴ kam das Werk im April 1953 in Besitz des Freistaats Bayern, der sogleich nach einem potenten Erwerber suchte. Die Hoechst AG, ehemals I.G. Farben-Mitglied, zeigte sich von Anfang an interessiert, ohne dies zunächst öffentlich bekannt zu machen (zumal aufgrund alliierter Auflagen kein ehemaliges I.G. Farben-Mitglied vor Ende 1955 entsprechende Käufe tätigen durfte). Um schon im Vorfeld Hindernisse abzubauen, bot Hoechst Ende April 1953 der offensichtlich erfreuten BASF an, sich über gewisse, von Anorgana-Produkten ausgelöste „*Mißstimmungen*“ auszusprechen,²⁴⁴⁵ darunter auch Luvitherm und Magnetband.

Resultat längerer Verhandlungen war im Herbst 1953, dass BASF sich mit dem Gedanken anfreundete, die Magnetophonband-Fertigung und den Verkauf einer Tochtergesellschaft zu übertragen.²⁴⁴⁶ Natürlich hatte eine solche Lösung Vorteile: Genoton-Band, beim Rundfunk gut eingeführt, und Magnetophonband BASF mit seiner starken Stellung im Endverbrauchermarkt (zumal seit Einführung des Langspielbandes LGS 35), hätten sich bei den Abnehmern kaum Konkurrenz gemacht. Das erneute Abwandern der Luvitherm-Folienproduktion aus Ludwigshafen, bei der sich ohnehin die Beschränkung auf den Magnetband-Bedarf abzeichnete (schon im Herbst 1953 ging jeweils etwa die halbe Produktion zur Magnetophonbandfabrik und in den Verkauf²⁴⁴⁷), wäre angesichts der Gewinnbeteiligung zu verkraften gewesen, und nicht zuletzt: die Ludwigshafener „Kellerfabrik“ platzte aus allen Nähten, die Produktion konnte bei weitem nicht mehr Schritt mit der Nachfrage halten (Seite 315), und eine Neuanlage hätte die Chance zu einer „*grundlegenden Modernisierung der Produktion*“ geboten²⁴⁴⁸ (ein Versäumnis, das nur in langen Jahren aufgeholt werden konnte: das Rundfunkband LGR ließ bis 1957 auf sich warten, und bis 1966 partizipierte BASF kaum nennenswert am Boom der Computerbänder, erst seit 1976 von professionellen Videobändern). Das waren nun keineswegs Gedankengänge untergeordneter Mitarbeiter, sondern der Unternehmensspitze, und Anorgana Gendorf war von den Aussichten verständlicherweise begeistert.

Doch letztlich konnten sich die Ludwigshafener nicht zu einem solch radikalen Schritt entschließen. Die Gründe sind wohl in zwei internen Äußerungen zu finden: „*Es ist uns in den letzten Wochen durch Verbesserung der Magnetit-Herstellung gelungen, ein Magnetophonband zu schaffen, das praktisch dem amerikanischen Scotch-Band gleichkommt*“, mit besten Aussichten für Inlands- und Auslandsgeschäft, und: „*Seit dem Jahr 1951 trägt sich das Magnetophonbandgeschäft aus sich selbst und hat im letzten Jahr darüber hinaus ein sehr schönes finanzielles Ergebnis erzielt*“,²⁴⁴⁹ und so war Mitte Februar 1954 ein potenziell zukunftssträchtiges Projekt der deutschen Magnetbandproduktion *de facto* vom Tisch.²⁴⁵⁰ Für Genoton sollte es noch schlimmer kommen: in einer hochrangig besetzten Besprechung Mitte Oktober 1954 fiel der Beschluss „*Wir streben Stilllegung der Magnettonfabrik in Gendorf für Anfang 1956 an*“. ²⁴⁵¹ Als Folge hatte Anorgana ab 1. Januar 1956 die Herstellung und den Verkauf „*magnetischer Bänder*“ einzustellen; BASF übernahm Apparaturen für Endfertigung und Prüfung, Luvitherm-Folie wollte sie zwar für den Magnetband-Eigenbedarf weiter produzieren, aber ab 1956 nicht mehr an Dritte verkaufen,²⁴⁵² Anorgana Gendorf erhielt eine kostenlose Lizenz auf die Luvitherm-Verfahrenspatente sowie einen Pauschalbetrag für das Genoton-Magnetband-know-how.²⁴⁵³ Die Aschbacher Gießmaschine wurde still und leise verschrottet.

Agfa Magnettonband-Fertigung, Leverkusen 1948 – 1955 ²⁴⁵⁴

Rudolf Engelhardt war in der ersten Nachkriegszeit aus Wolfen in das Wissenschaftliche Hauptlabor der Farbenfabriken Bayer Leverkusen gekommen und hatte aus der „Filmfabrik“ die Anregung zur Magnetbandfertigung mitgebracht. Die frühesten Ansätze der Leverkusener Produktion sind nicht dokumentiert, sondern erst ein Besuch Engelhardts bei AEG Magnetophon-Gerätebau im Oktober 1947, zu dem er bereits funktionsfähige und, wie Eduard Schüller bestätigte, vielversprechende Bandmuster mitbrachte.²⁴⁵⁵ Ergebnis dieser Besprechung scheint ein gentlemen's agreement zwischen AEG und Leverkusen gewesen zu sein, die Entwicklungsarbeiten zu fördern. Die bi-zonalen Besatzungsbehörden wollten die Magnetbandfertigung in ihrer Zone sicherstellen sehen,²⁴⁵⁶ das heißt, die notwendigen Genehmigungen, ohne die eine Fabrikation nicht aufzubauen war, wurden erteilt.

Ähnlich wie in Wolfen war die Infrastruktur des Agfa-Werks Leverkusen für eine Magnetband-Fabrikation grundsätzlich günstiger als in Ludwigshafen, weil man sich insbesondere auf die bewährten Koebig-Gießmaschinen, das Beschichtungs-know how eines Filmfabrikanten sowie die Peripherie (Schneidemaschinen, Konfektionierung ...) stützen konnte. Magnetpigmente fertigte Agfa Leverkusen zunächst selbst, bezog sie aber später vom Bayer-Werk Uerdingen, das vielfältige Erfahrungen auch mit Eisenoxiden gesammelt hatte. Von 1948 bis etwa 1957 arbeitete Agfa mit einem kobaltdotierten, feinteiligen kubischen Eisenpigment, das ausgesprochen rauscharme Bänder lieferte.²⁴⁵⁷

Vielleicht der größte Vorteil der Agfa, zumindest in den ersten Jahren, war die Möglichkeit, mit der (der Luvitherm-Folie im Prinzip zwar unterlegenen, unter den gegebenen Umständen aber präziser herstellbaren) Celluloseacetat-Trägerfolie arbeiten zu können. Das Material für die ersten Produktionen wurden noch zugekauft.

Die Muttergesellschaft Farbenfabriken Bayer steuerte Desmodur-Desmophen-Lacke (DD²⁴⁵⁸) bei, die sich gut mit dem Träger verbanden und derart abriebsfeste Magnetschichten gaben, wie sie mit keinem anderen Lack zu erreichen waren. Mit dem Zwei-Komponenten-Lack DD und Celluloseacetat hatte sich Agfa zudem auf das physikalisch vorteilhafte Schichtband festgelegt, was ihr für die „Nach-Massebandzeit“ einen klaren Erfahrungsvorsprung verschaffte. Die problematischen Ludwigshafener Rundfunkbänder LG und L-extra hatten gegen die Erzeugnisse aus Leverkusen und Gendorf nur mäßige Chancen.

Kurz vor Weihnachten 1948 gingen erste Produktionsmuster des MF 1²⁴⁵⁹ (die Chargennummer dürfte MF 028 gewesen sein) zu AEG nach Hamburg, die sie dem NWDR Hamburg zur Prüfung weiterreichte. Trotz einer kleinen Schwäche (der Klirrfaktor war zu hoch) orderte der NWDR sofort 2.500 Bänder, also etwa eine Monatsproduktion. Agfa hatte den Vorteil, ihre Bänder mit Obergeringen Fritz Enkel vom NWDR Köln, der auch Bänder aus Ludwigshafen, Gendorf und Wolfen bezog, praktisch im unmittelbaren Praxisaustausch „vor Ort“ weiterentwickeln zu können.²⁴⁶⁰ Anfang 1949 griffen die Leverkusener Produzenten zeitweise auf das bewährte Gießverfahren zurück. Und so lief, letztmals, eine Magnetbandfertigung auf einer Koebig-Gießmaschine; dabei dürfte es sich um eine 14 m-Maschine gehandelt haben (wie in Wolfen). Adolf Leubner, von 1948 bis 1957 Leiter der Magnetonband-Produktion, berichtet nicht ohne Stolz vom Agfa Magnetonband Typ F:

So machten wir gute Fortschritte, und es blieb auch nicht aus, daß die Leverkusener Magnetonbänder, was die akustischen Eigenschaften anbelangt, bald die Ludwigshafener Magnetophonbänder überflügelten und in Musikkategorie I eingestuft wurden.²⁴⁶¹

Weitere Kenntnisse aus Wolfen transportierte der Physiker Hans Hörmann, dort Mitarbeiter von John Eggert; er kam Ende 1948 nach Leverkusen und baute im Frühjahr 1949 die Prüfstelle Magneton auf. AEG lieferte dafür einen kompletten Messplatz,²⁴⁶² so dass Agfa zeitweise besser ausgerüstet war als die Ludwigshafener Prüfstelle. Dies vielleicht auch als eine Folge der spürbar abgekühlten Beziehungen zwischen AEG und BASF, die erst nach und nach von der AEG-Zusammenarbeit mit Agfa erfuhr.²⁴⁶³

Es muss für Agfa eine besondere Genugtuung gewesen sein, dass das RTI ²⁴⁶⁴ 1950 eine ausgesuchte Charge des Magnetbands Typ F zum ersten „Normal- und Testband“²⁴⁶⁵ erklärte (diesen Vorzug sollte Agfa mit jeweils aktuellen Rundfunkband-Referenzbandchargen bis 1991 genießen). Da war es schon zu verschmerzen, dass man Mitte 1950 die klassische Bezeichnung „Magnetophonband“ (auf Veranlassung von AEG?²⁴⁶⁶) aufgeben und als neuen Namen „Magnetonband“ einführen musste.²⁴⁶⁷ Die Monatsproduktion lag im April 1950 bereits bei 3.000 Bändern; dazu zählten auch erste Mengen Magnetfilm (17,5 und 35 mm), die seit Juli 1949 als MF 2 von der anlaufenden deutschen Spielfilmproduktion gut aufgenommen wurden.²⁴⁶⁸

Agfa hatte mit einer Begussbreite von 60 cm angefangen, war Ende 1951 auf 1,20 m breite Folien übergegangen (Ludwigshafen: ca. 38 cm), die die Agfa-Rohfilmfabrik beistellte, und hatte zugunsten eines Tauchbeschichtungs-Verfahrens die alte Koebig-Maschine aufgegeben. Die Kapazität der Bandfabrik war trotz einiger Umzüge und Vergrößerungen in der Regel voll ausgelastet, dies nicht zuletzt als Reaktion auf die Nachfrage, die 1951 das neue Magnetonband FS ausgelöst hatte.²⁴⁶⁹ FS war gedacht für Bandgeschwindigkeiten von 38,1 cm/s abwärts (schließlich bis 9,5 cm/s). Es wurde zunächst auf Celluloseacetat-Folie hergestellt, jedoch Mitte 1954 als Magnetonband FSP auf PVC-Folie umgestellt,²⁴⁷⁰ da die rund 25 µm dicke Folien für Langspielbänder aus dem gewohnten Trägermaterial nicht reißfest genug waren. Die PVC-Folie kaufte Agfa allerdings von Kalle zu.²⁴⁷¹

Für Agfa FS und FSP wurden zwar immer noch die kobaltdotierten kubischen Pigmente verwendet, jedoch mit weiterentwickelten magnetischen Kennwerten (insbesondere der Koerzitivfeldstärke, die vereinfacht gesagt, umso höher sein muss, je niedrigere Bandgeschwindigkeiten gewünscht sind). Lag das „weichmagnetische“ F-Band noch bei 12,7 kA/m (160 Oe), verdoppelte sich der Wert im FS und FSP auf 24 – 25,5 kA/m (300 – 320 Oe), was dem Band eine wesentlich bessere Höhenempfindlichkeit gab.

Am 13. März 1953 trat Friedrich Krones (3. Mai 1915 – 9. Mai 1986) in die Magneton-Prüfstelle der Agfa Leverkusen ein. Krones hatte sich von 1946 bis 1950 bei Telefunken Austria Wien bereits mit Magnetspeichertechnik befasst, woraus sein bekanntes Buch *Die magnetische Schallaufzeichnung in Theorie und Praxis* entstand.²⁴⁷² 1950 bis 1953 entwickelte er als Laborleiter bei Philips Wien Magnetongeräte für den Rundfunk, aber auch das erste Tonbandgerät Philips Maestro mit der Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s. 1952 besuchte ihn Friedrich Bergmann in Wien, um über passende Magnetbänder zu diskutieren; dabei ließ Krones erkennen, dass er durchaus an einer adäquaten Stellung in Ludwigshafen interessiert sei. Für BASF misslicherweise fanden weder Bergmanns Einsatz noch Krones' Bewerbung in Ludwigshafen Resonanz.²⁴⁷³ In Leverkusen stieg Krones rasch zur anerkannten Autorität in Sachen Magnetbandanwendung auf und zählte seit den 1960er Jahren bis zu seinem Ausscheiden 1980 zu den international führenden Wissenschaftlern seines Gebiets. Außerhalb der Agfa machten ihn vor allem seine Beiträge *Die Theorie des Magnetspeichers* sowie *Herstellung und elektro-akustische Eigenschaften von Magnetbandspeichern für die Schallaufzeichnung* in dem Standardwerk *Technik der Magnetspeicher* von Fritz Winckel bekannt.²⁴⁷⁴

Einen Überblick über die weitere Magnetband-Entwicklung bei Agfa (seit 1965: Agfa-Gevaert AG) vermittelt das Kapitel „Agfa-Gevaert AG und ihre Magnetonband-Fertigung“, Seite 462.

Von Zerstörungen als Folge des „totalen Kriegs“ war das Industriegebiet Bitterfeld-Wolfen bis Ende 1944 verschont geblieben. Die letzte Kriegsphase begann am 16. Januar 1945 mit einem schweren Bombenangriff auf das benachbarte Werksgelände der I.G. Farben Bitterfeld. Bis Mitte April waren amerikanische Truppen von Westen her bis kurz vor die Elbe vorgerückt. In der Filmfabrik Wolfen hatte sich ein kleines deutsches Wehrmachtsskontingent verschanziert, gegen das die US-Armee mit Kampfflugzeugen, Panzern und Artillerie vorging. Die Kämpfe dauerten zwar nur vom 18. bis 20. April 1945, doch diese längst sinnlos gewordenen Aktionen kosteten hunderte Tote; nach großflächigen Zerstörungen waren viele Gebäude und Maschinen nicht mehr zu retten. Was sich in Ludwigshafen über Jahre hinweg an Tod und Zerstörung zugetragen hatte, traf Wolfen in einer halben Woche als fürchterliches Finale der so genannten „Kampfhandlungen“, die am Rhein vier Wochen vorher zu Ende gegangen waren.

Am 20. April 1945 (nebenbei: Hitlers 56. und letztem Geburtstag) besetzten amerikanische Truppen das Werk und begannen in größter Eile, sowohl Material (unter anderem güterzugweise Chemikalien), Forschungsergebnisse und wissenschaftliche Unterlagen nach Westen abzutransportieren, denn absprachegemäß musste die Region am 1. Juli 1945 der sowjetischen Militäradministration übergeben werden.

In diesen sechs Wochen recherchierte in Wolfen ein CIOS-Team, zu dem auch Colonel Richard Ranger gehörte. Zwar galt die oberste CIOS-Priorität dem fotochemischen Bereich, allerdings wurden auch die weiteren Produktionsgebiete mit einiger Akribie dokumentiert. 16 Bilder von Einrichtungen der Filmfabrik in Richard Rangers Bericht „Further Studies in Magnetophones and Tapes“, die während dieses Anderthalb-Monate-US-Interregnums aufgenommen worden sein müssen, zeigen intakte Prüf- und Fertigungseinrichtungen der Wolfener Tonbandfertigung, die demnach zumindest noch betriebsfähig waren (Ranger hat offensichtlich das Magnetophonband im Frühjahr 1945 kaum zur Kenntnis genommen; seine Bedeutung erkannte er erst bei einem Besuch, den ihm John T. Mullin Ende November 1945 abstattete, was ihn zu einer zweiten, ausführlichen Recherche-Reise in Sachen Magnettontechnik nach Deutschland motivierte.²⁴⁷⁶ Zu dieser Zeit – der Kalte Krieg war Realität geworden – konnte er das Werk Wolfen nicht mehr besuchen.²⁴⁷⁷) Ranger sorgte dafür, dass hochrangige Wolfener Wissensträger, unter ihnen John Eggert, nach München, dem Standort des AGFA-Camerawerks, in Sicherheit gebracht wurden – anders dagegen Kurt Meyer, Werksleiter der Filmfabrik, der, unter russischer Regie ins ukrainische Schostka gebracht, mit in Wolfen demontierten Maschinen eine von deutschen Truppen zerstörte Filmfabrik wieder aufzubauen hatte. Er konnte erst 1953 nach Wolfen zurückkehren.

Da die Energieversorgung des Werks weitgehend lahmgelegt war, dürfte es wenigstens Monate gedauert haben, bis die Produktion wieder anlief. Immerhin sollen 1945 etwa 8.000 km Band hergestellt worden sein (wobei allerdings offen bleibt, welcher Anteil dem ersten und welcher dem zweiten Halbjahr zuzurechnen ist); das wäre recht genau ein Viertel der Wolfener Jahresproduktion von 1944 mit 31.300 km.

Das erste Produkt nach dem Neubeginn (gleichzeitig mit Ludwigshafen) soll zunächst als „i-Band“ eingeführt, seit 1947 als C-Band verkauft worden sein.

Die Filmfabrik Wolfen wurde (nach kurzer Zugehörigkeit zur Aktiengesellschaft „Mineral-Düngemittel Kaustik“) am 22. Juli 1946 als Reparationsleistung der sowjetischen Aktiengesellschaft Photoplenka („Fotofilm“) zugeschlagen. Diese Zugehörigkeit endete erst am 31. Dezember 1953; mit Beginn des neuen Jahres gehörte die Filmfabrik als volkseigener Betrieb mit dem Namen „VEB Filmfabrik AGFA Wolfen“ dem Ministerium für Schwerindustrie, Hauptverwaltung Kunststoffe der DDR.

Die Wolfener Magnetbandproduktion blieb bis 1967 / 1968 bei Celluloseacetat als Trägerfilm und wechselte erst dann zu Polyesterfolie, die im RGW-Bereich den Markennamen Grisuten trug. 1949 wurden zwei weitere 28 m-Celluloseacetat-Gießmaschinen aufgestellt, eine aus Fertigung Koebig, die zweite, wie alle ihre Nachfolger bis 1960 ebenfalls 28 m-Versionen, eine Wolfener Eigenentwicklung; das Ludwigshafener Erbe hatte also eine lange Lebensspanne. Das Magnetpigment fertigte seit 1946 die der Filmfabrik benachbarte Farbenfabrik Wolfen. 1952 zog die Filmfabrik auch diese Komponente an sich; später lieferte das Elektrochemische Kombinat Bitterfeld Pigmente, zunächst aus einer Pilotanlage, ab 1974 aus einem eigenständigen Magnetit-Betrieb. Hauptabnehmer des C-Bandes war die Deutsche Post der DDR, die auch für den gesamten Technikbereich des DDR-Rundfunks und -Fernsehens zuständig war.

1954 erschien das CH-Band, der internationalen Entwicklung entsprechend mit einem gegenüber Typ C höherkoerzitiven, jedoch noch immer kubischen Magnetpigment. CH wurde auch als Langspielband gefertigt, als in der DDR mehr und mehr Tonbandgeräte in das Bildungswesen und Privathaushalte einzogen. Für den Studiobereich, also für die Bandgeschwindigkeit 38 cm/s, entstand 1958 der Typ CR und daraus abgeleitet die Langspielversion CRL. 1963 folgte die CS-Reihe mit nadelförmigen, richtbaren Pigmenten, zunächst im Langspiel-Magnetband Typ CSL, dann auch in Bändern für Videoaufzeichnung und Datenspeicherung. 1964, als der Firmenname nach Auseinandersetzungen mit Agfa Leverkusen in ORWO (Original Wolfen) geändert werden musste, kam ein neues Heimton-Langspielband ORWO CS 35 U 6 heraus, dem 1967 der verbesserte Studiobandtyp ORWO CS 50 U 6 folgte.

Magnetfilm 17,5 mm und 35 mm auf Celluloseacetat-Träger hat VEB Filmfabrik Agfa Wolfen seit 1950 gefertigt, seit 1954 Typ C 1 genannt und 1956 / 1957 vom Typ CI abgelöst. 1957 lieferte Wolfen Magnetlacke zur nach-

träglichen Bespurung von Kinefilmen, seit 1958 16 mm-Filme mit aufgegossener Magnetrandspur für die Produktion des Fernsehens. Ab 1964 war die Bezeichnung ORWO Magnetfilm CR 140.

Das ORWO-Lieferprogramm von 1970 führt auf: PS 25, Doppelspielband auf PE-Unterlage (Grisuten) für den anspruchsvollen Amateur, geeignet für Viertelspuraufzeichnung; PS 18, ein PE-Dreifachspielband insbesondere für Kleingeräte. Weiter sind drei Bänder auf Celluloseacetat-Folie genannt: CPR 50 als professionelles Band (bestimmt für 38,1 cm/s, offensichtlich ohne Rückseitenmattierung) sowie zwei Langspielbänder mit unterschiedlichen Magnetpigmenten: CPR 35, wie CPR 50 mit der relativ niedrigen Koerzitivfeldstärke 15 kA/m, sowie CPS 35 (Koerzitivfeldstärke 23 kA/m).²⁴⁷⁸

1972 entstand als Teil des Kombinats Wolfen der VEB Magnetbandfabrik Dessau als neue Produktionsstätte. Sie wurde am 1. Juni 1990 unter dem Namen „dmb“ (Dessauer Magnetbandfabrik) zur GmbH umgewandelt und war danach vollständig im Besitz der staatlichen „Treuhand“-Abwicklungsbehörde Berlin. Im September 1991 war die Privatisierung einiger Teilbereiche geplant; BASF zeigte kein Interesse am Erwerb, zumal in Dessau dringend Investitionen in Millionenhöhe erforderlich waren. Die Umsatzstruktur der „dmb“ im zweiten Halbjahr 1990 – 23,5 Millionen DM in Osteuropa, 5,3 Millionen DM im Inland (offenbar ohne nennenswerten Export nach Westeuropa) – dürfte auch für die davorliegenden Jahre repräsentativ gewesen sein.²⁴⁷⁹

Als erfolgreicher Interessent trat 1991 die türkische Raks-Gruppe auf, um „dmb“ mit ihren damals noch 300 Mitarbeitern von der „Treuhand“ zu übernehmen und mit einem Aufwand von rund 120 Millionen DM zu sanieren, zudem wollte sie noch ein neues Werk für magnetische Datenträger zu bauen. 1992 musste Treuhand monieren, dass keine der zugesagten Investitionen getätigt worden war; 1993 trat Raks von dem Vertrag zurück und verkaufte „dmb“ an deren Geschäftsleitung (management buy-out). Auch diese Gesellschaft konnte sich nicht lange halten und ging 1995 in Insolvenz.²⁴⁸⁰ Die Gebäude wurden bis 1998 abgerissen, das Gelände ist mittlerweile von anderen Firmen übernommen worden.²⁴⁸¹ Abschließend schreibt Erhard Finger: *„Damit wurde nach über 50 Jahren ein traditioneller Forschungs- und Produktionsstandort geschlossen, der die Geschichte dieses Mediums mitgeschrieben hat.“*²⁴⁸²

John Eggert war zusammen mit weiteren Wissenschaftlern aus Wolfen (vermutlich auch dem Wolfener Patentanwalt Harald Mediger) von Colonel Richard H. Ranger bereits 1945 nach München umgesiedelt worden;²⁴⁸³ er hatte später eine Professur an der ETH in Zürich inne und ist dort am 29. September 1973 gestorben.²⁴⁸⁴ Werner Gladhorn, Leiter der Wolfener Gießerei, dem die substantiellen Berichte über die Magnetophonband-Produktion in Ludwigshafen zu verdanken sind, trat am 1. Oktober 1954 in den Ruhestand. Hans-Friedrich Nissen war bereits 1945 in sein Heimatland Dänemark zurückgekehrt.²⁴⁸⁵

Magnetbandindustrie in Europa und USA, 1949 – 1956

Wäre es nur nach dem technischen Stand gegangen, hätten nach Kriegsende die deutschen Magnettechnik-Hersteller AEG, I.G. Farben Ludwigshafen und I.G. Farben Wolfen wie selbstverständlich den europäischen, vielleicht sogar den amerikanischen Markt dominiert. Die Realität zeigt, was alles dagegen sprach: die Bevölkerung hungrig, die Infrastruktur brüchig, die ramponierte Industrie mit ihrem eigenen Wiederaufbau faktisch ausgelastet, der Patentbesitz aufgehoben. Magnetbandgeräte aus Rundfunk- und Wehrmachtsbeständen waren, teils als Kriegsbeute des Militärs, teils auf Initiativen von Privatleuten, in ganz Europa bekannt geworden. Damit startete eine förmliche Umwälzung der Aufnahmeverfahren in Musikindustrie und Rundfunk, mit der Folge, dass sich BASF seit etwa 1947 Konkurrenz aus dem In- und Ausland gegenüber sah.

Bereits im Frühjahr 1947 konnte die Société Kodak-Pathé in Frankreich schon *„Magnetophon-Filme nach dem Muster der L-Filme ... gleicher Qualität wie Ludwigshafen produzieren“*,²⁴⁸⁶ mit denen die Radiodiffusion Française in Paris offenbar problemlos arbeitete.²⁴⁸⁷ 1948 hatte die Société Nobel Française, sozusagen im Windschatten der französischen Administration, versucht, mit Verfahren und sonstigem know how aus Ludwigshafen eine Magnetbandproduktion in Frankreich aufzuziehen. Das Projekt ließ sich nicht realisieren,²⁴⁸⁸ zur verständlichen Erleichterung der Ludwigshafener Magnetophonbandfabrik. Weitere Lizenzanfragen aus Frankreich und den USA (auch der General Aniline & Film Corporation, GAF, New York) lehnte BASF in dieser Zeit stets ab, denn *„die aus solchen Verträgen erzielbaren Einnahmen wiegen nicht die Geschäftsmöglichkeiten durch Eigenherstellung auf.“*²⁴⁸⁹

Allerdings war, schon angesichts der Freigabe aller deutschen Patente, das Aufkommen weiterer Konkurrenz nicht zu verhindern: spätestens 1950 hatte die Firma Pyral in Créteil, Frankreich, den Betrieb aufgenommen.²⁴⁹⁰ Bei der britischen EMI (Emitape, Electrical Musical Instruments Ltd., Hayes / Middlesex, GB) hatte John Wooler,²⁴⁹¹ Mit-Autor des BIOS-Berichts *Plastics in German Sound Recording Systems*,²⁴⁹² eine Magnetbandproduktion aufgebaut, deren PVC-Trägerfolie er seit etwa 1953 / 1954 in Ludwigshafen zukaufte.²⁴⁹³ Erstmals tritt die belgische Firma Gevaert in Mortsel bei Antwerpen als Bandhersteller auf.²⁴⁹⁴ Um 1952 wirbt der apokryphe englische Bandfabrikant „German Tape Manuf. Comp. Greenborough“ mit dem doppel sinnigen Slogan *„German Tape – The best Tape for magnetic sound recording“*.²⁴⁹⁵ In Europa arbeiteten 1962 zehn Bandhersteller, von denen BASF, gleich nach 3M, der größte war, gefolgt von EMI. Auch im Ostblock wurden außer bei Agfa Wolfen in Russland, Polen, Ungarn und der CSSR Magnetspeichermitteln gefertigt.²⁴⁹⁶

Nach Marktvolumen, Zahl der Hersteller von Magnetbandspeicher-Geräten wie -Medien lagen seit den späten 1940er Jahren die USA unangefochten an erster Stelle, vor allem, da diese wirtschaftlich wie wissenschaftlich führende Nation sich zur Kernzelle der elektronischen Datenverarbeitung (und der erforderlichen Speicher-

systeme) entwickelte. Hier war der Magnetband-Umsatz von USD 1,5 Millionen im Jahr 1949 auf USD 8 Millionen im Jahr 1953 gestiegen (BASF als größter europäischer Hersteller hatte 1952 DM 2,6 Mio umgesetzt, etwa USD 0,65 Millionen²⁴⁹⁷); 1954 erreichte der USA-Umsatz USD 9,6 Millionen.²⁴⁹⁸ 1960 gab es hier immerhin acht, 1962 schon 16 Bandhersteller, unter denen 3M mit einem Marktanteil von etwa 45 % der größte war.²⁴⁹⁹



Abbildung 391: Leitprodukt einer Magnetband-Epoche: Magnetband Scotch 111 der Minnesota Mining and Manufacturing Co. (3M)²⁵⁰⁰

Für die Dauer ihres Magnetband-Engagements – 1944 / 1947 bis 1996 – war die Minnesota Mining and Manufacturing Co. (3M), St. Paul, der weltgrößte Hersteller von Magnetspeicherprodukten, der qualitativ zudem immer in der Spitzengruppe lag. 3M hatte sich frühzeitig Lizenzen auf alle Magnetspeicher-Patente der Armour Research Foundation – das heißt: Marvin Camras – und damit eine technologisch wie patentrechtlich sehr starke Position gesichert.²⁵⁰¹ Ihr „unusual ‚know-how‘ in coating tapes and papers“ – so 3M schon anno 1947²⁵⁰² – wurde von Anwendern geschätzt und von Mitbewerbern ernst genommen. Der Badischen Anilin- & Soda-Fabrik machten die amerikanischen Bänder weniger auf ihrem Heimatmarkt BRD zu schaffen als vielmehr beim Export – und in den anspruchsvollen Fachkreisen.

Anfangs der 1950er Jahre besaß das 3M-Band Scotch 111, gefertigt seit 1948,²⁵⁰³ geradezu den Status einer Referenz, den es seiner relativ hohen Koerzitivfeldstärke ebenso verdankte wie seiner Empfindlichkeit, hinter der BASF-LGH gut 4 dB zurückblieb.²⁵⁰⁴ Die AEG lobte die bemerkenswerte Gleichmäßigkeit (das heißt, geringe Pegelschwankungen) der „amerikanischen Produktion“, ²⁵⁰⁵ ein Qualitätsmerkmal der 3M-Bänder zeit ihres Lebens. Friedrich Krones, seinerzeit bei der Philips-Tochter Wiener Radiowerke AG, entwickelte Ende 1952 ein Tonbandgerät für die Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s mangels Alternative mit Scotch-Band 111, denn ein vergleichbarer Frequenzgang war mit BASF LGH praktisch nicht zu erreichen.²⁵⁰⁶

Das Magnetton-Zentrum in Oberfranken

Loewe-Opta, Bruno Woelke, Max Ihle

Erstaunlicherweise hatte sich nach 1945 in dem „abgelegenen“ nord-fränkischen Gebiet zwischen Kronach, Hof, Bayreuth und Nürnberg ein zweites Zentrum der Tonbandgeräte-Produktion etabliert. Einige Labors der RRG fanden sich bei Kriegsende in Speinshart, südöstlich von Bayreuth, wieder. Einen Mitarbeiter des AEG-Forschungsinstitutes in Berlin-Reinickendorf, Bruno Woelke, hatte es nach Gefrees nordwestlich von Bayreuth verschlagen, wo er „has set up a shop and is turning out good equipment based on old Wehrmacht units“²⁵⁰⁷ und die Bekanntschaft von Richard H. Ranger machte, mit dem zusammen er am 22. Juni 1946 auch die Magnetophonbandfabrik Wald-Michelbach besuchte.²⁵⁰⁸ Woelke hatte bereits in Berlin „das Magnetophon als Speicher für Meßwerte benutzt und dessen immense Bedeutung für die Informationsspeicherung frühzeitig erkannt“.²⁵⁰⁹ Seine erste bekannte Patentanmeldung vom 22. Februar 1944, „Verfahren und Einrichtung zur Erweiterung der Dynamik bei magnetischer Schallaufnahme und Wiedergabe“, beschreibt ein nicht unelegantes Verfahren, wie die Dynamik einer Hochfrequenz-Magnetbandaufnahme deutlich zu erweitern wäre: Eine Mono-Magnetbandaufnahme wird zweispurig aufgezeichnet, wobei die Information über die reale Dynamik der Darbietung in einer Magnetisierungspegel-Differenz



Abbildung 392: Apparatebau Max Ihle, Phonorex, ein Tonbandgerät für Privatanwender mit gehobenen Ansprüchen

der beiden Spuren kodiert ist. Die Patentschrift nennt zwar keine erreichbare Dynamik, legt aber eine Größenordnung von 80 ... 90 dB nahe. Der apparative Aufwand ist allerdings größer als bei einer Stereo-Aufzeichnung, zudem sind äußerst gleichmäßige, planliegende Magnetbänder unerlässlich.²⁵¹⁰

In Gefrees dürften dann die ersten Skizzen zu einem Magnetkopf entstanden sein, der wesentlich einfacher zu fertigen war als ein Ringkopf und zudem erhebliche Mengen des teuren Kernmaterials einsparte – und nicht unter das Schüller-Patent DE 660 377 fiel.²⁵¹¹ Ein weiteres AEG-Patent, nämlich den Antrieb des Tonbandes mittels Tonrolle und Andruckrolle (das Band berührt die Tonrolle nur auf einem relativ schmalen Sektor), konnte Woelke damit umgehen, dass er das Magnetband in einem Winkel von etwa 180° um die Tonrolle herumführte, „nur mit ihr in Berührung stehend“, und ihre Oberfläche mittels Gummiüberzug griffig machte. Voraussetzung war, dass der Bandzug „vor“ und „hinter“ der Tonrolle nahezu gleich blieb, was eine gewichtsabhängig arbeitende Rutschkupplung (mit Graphitring) sicherstellte: je schwerer (also voller) eine Bandspule wurde, umso stärker wurde sie abgebremst.²⁵¹² Woelkes Bandantrieb kam, lange nach Ablauf des Patents, unter dem Fachbegriff „Omega-Umschlingung“ erst richtig zur Reife, als hochintegrierte Schaltkreise besonders feinfühlig Motorsteuerungen ermöglichten (z.B. Uher SG 630, Magnetfilmläufer Albrecht MB 51 und Sondor OMA, professionelle [Digital-] Tonbandgeräte der Firmen Otari und Sony). Aber auch hier nichts Neues unter der Sonne: schon das erste AEG- Versuchsgerät von 1933 hatte mit einer weitwinklig umschlungenen Tonrolle gearbeitet (siehe dazu Abbildung 66, Seite 67).

Das 1949 in München / Oberfranken gegründete „Technische Büro Dipl.-Ing. Bruno Woelke“ arbeitete eng mit der Firma Max Ihle, Marktschorgast, zusammen,²⁵¹³ die bis 1957 hochwertige Tonbandgeräte der oberen Preisklasse mit Namen wie Bayreuth, Münchenberg, PhonoRex (DM 1.290 bis DM 995²⁵¹⁴) und Ferrophon (Typ Ilc kostete 1951 DM 2.415²⁵¹⁵) herstellte, die zum Teil auch den Omega-Umschlingungs-Antrieb benutzten. Das Ferrophon ist maßgeblich von Woelke und seinen Mitarbeitern Lösche (seit 1957 bei Grundig), Psyuk, Rabe und Schulte (dieser später bei Telefunken Hannover) entwickelt worden,²⁵¹⁶ und zwar im Auftrag der Firma Loewe, für die Max Ihle das Gerät dann auch baute.²⁵¹⁷ Wie lange und wie eng Woelke mit Loewe-Opta in Kronach zusammenarbeitete, ist nicht sicher festzustellen. Seine 1963 gegründete Firma „Woelke Magnetbandtechnik G.m.b.H. & Co. KG“, zunächst in München, seit 1972 in Schweitenkirchen, entwickelte sich zu einem international bekannten Hersteller von Magnetköpfen sowie von Messgeräten für die Tonbandgeräte- und Magnetkopf-Produktion.



Abbildung 393: Das Ferrophon Ilc der Firma Apparatebau Max Ihle hatte zwei Motore und bot die Bandgeschwindigkeiten 76,2 cm/s, 38,1 cm/s und 19,05 cm/s, zu wählen mit dem schwarzen Knebschalter rechts oberhalb des Kopfträgers. Das Etikett auf dessen Oberseite trägt das Logo „Loewe-Radio“, der Schriftzug darüber lautet „FERROPHON - Type Ilc 76,2“

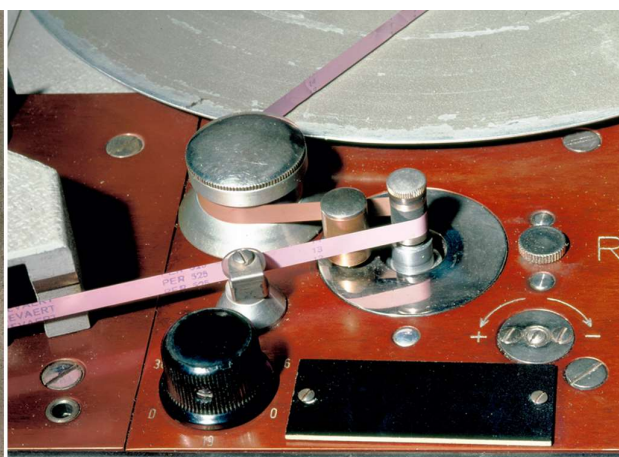


Abbildung 394: Der Omega-Bandantrieb des Ferrophon Ilc war eine Umgehung des AEG-Gummiandruckrollen-Patents DE 702 998. Das demonstrationshalber aufgelegte Magnetband Agfa-Gevaert PER 525 ist ein Anachronismus: es wurde erst seit 1963 produziert.

Für die Qualität der Ihle-Geräte spricht nicht zuletzt, dass die ARD ein (in ihrem Auftrag entwickeltes und in einer Auflage von 40 bis 60 Stück gebautes und elektromotorisch angetriebenes) Reportagegerät R 85 sowie dessen pilottonfähige Variante R 85a einsetzte.²⁵¹⁸ Außer der Braunbuchzeichnung R 85 scheint das Gerät keinen individuellen Namen gehabt zu haben; sein Werdegang ist auf Seite 432 f. beschrieben. Ob nun Probleme mit den Akkumulatoren des R 85 oder Interessenkollisionen mit anderen Konzepten ausschlaggebend waren: Ihle kam letztlich bei der Serienfertigung nicht zum Zuge, verlor jedes Interesse an Magnetbandgeräten und verlegte seinen Betrieb im Frühjahr 1957 von Marktschorgast nach Kulmbach. Für einen großen Teil seines Mitarbeiterstamms bot glücklicherweise das gerade fertiggestellte Grundig-Tonbandgerätekwerk Bayreuth (siehe unten) neue berufliche Chancen.

Die vor 1945 in Berlin ansässige Firma Loewe-Opta hatte Ende 1948 im fränkischen Kronach einen Fabrikneubau in Betrieb genommen, wo bald außer Rundfunk- und Fernsehgeräten auch wegweisende Magnetbandmaschinen gebaut wurden, so seit 1950 / 1951 das Kassetten-Tonbandgerät Optaphon (Abbildung 602, Seite 494) und 1961 das 2-Zoll-Video-Magnetbandgerät Optacord 500 (Abbildung 692, Seite 566).

Grundig überholt AEG: Magnetophon verliert ein Monopol

Der gebürtige Fürther Max Grundig, charismatischer, in späteren Lebensjahren stark umstrittener Chef eines bis Ende der 1970er Jahre hoch erfolgreichen Unternehmens, war schon vor dem Zweiten Weltkrieg als Unternehmer erfolgreich, sein „Radio-Vertrieb Fürth“ erreichte 1938 die erste Umsatz-Million.²⁵¹⁹ Wenige Jahre nach Kriegsende ritt er auf einer jahrzehntelangen Erfolgswelle: 1950 beschäftigte er 1.000 Mitarbeiter, und am 12. Mai 1952 lief das einmillionste (Rundfunk-) Gerät vom Band.²⁵²⁰ Auf dieser soliden Basis konnten die Grundig Radio-Werke die AEG (und Telefunken) auf ihrem Arbeitsgebiet Heimtonbandgeräte-Bau zumindest mengenmäßig schlagen.

Im Mai 1951 übernahm Max Grundig (gegen Gebote von AEG, Blaupunkt und Siemens) die renommierte Nürnberger Radio- und Haushaltsgeräte-Firma Lumophon. Damit besaß er genügend Räumlichkeiten, um sein Geräte-Sortiment aus Rundfunk-Geräten und Musikschränken um die gerade aufkommenden Tonbandgeräte zu erweitern. Sein Interesse soll der Ingenieur Kurt Bier geweckt haben, dessen Patent DE 971 215 vom 9. Juni 1951 (Titel: „Tonbandgerät“) ein diffiziles Bandtransport-Problem in Ein-Motoren-Geräten mit vergleichsweise einfachen und produktionsgünstigen Mitteln – vor allem ohne Kollision mit geschützten AEG-typischen Lösungen – zu beheben versprach.²⁵²¹

Bereits im Juni 1951 gab es konkrete Pläne für den Bau des ersten Tonbandgeräts; wegen der notwendigen Bandlieferungen setzte sich Grundig gleich mit BASF in Verbindung.²⁵²² Der Erstling erschien, wie das AEG Magnetophon KL 15, auf der Industrieausstellung 1951 in Berlin, sowohl als „nacktes“ Chassis (zunächst namenlos, dann „Einbau-Chassis Standard 500“ genannt, DM 585) als auch zusammengebaut mit einem Rundfunkgerät (4009 W, DM 1.340), wenig später auch als Koffergerät Reporter 300 (DM 730) und Reporter 500L mit Lautsprecher und Endstufe (DM 795), jeweils mit der Bandgeschwindigkeit 19,05 cm/s. Reporter 700L (DM 835) konnte wahlweise mit 19,05 cm/s oder 9,5 cm/s betrieben werden.²⁵²³ Ungeachtet der Preise in der Größenordnung mehrerer Brutto-Durchschnittsgehälter – damals um DM 400 – konnte Grundig etwa 60.000 Geräte 500L und 700L absetzen.²⁵²⁴ Entwickelt und konstruiert hatte diese Geräteserie Kurt Bier, der sich jedoch wegen Lizenzzahlungen mit Grundig überwarf und nach langen, erfolgreichen Prozessen das Unternehmen verließ.²⁵²⁵

Ende Mai 1952 schätzte Hans Schepelmann (AEG) Grundigs Marktanteil in Deutschland bereits auf 60 %, und damit waren für BASF die Fürther zum zweiten großen Magnetophonband-Kunden aufgerückt.²⁵²⁶ Schepelmann und Schüller erklärten ihren Rückstand damit, dass AEG wie Telefunken wegen ihrer beschränkten Geldmittel nur allmählich die Kriegsfolgen beseitigen konnten und dabei Produkte bevorzugten, die schnellen Erfolg versprachen; Heim-Tonbandgeräte rechnete die Unternehmensleitung im Gegensatz zu Grundig offensichtlich nicht dazu (zumal erhebliche Mittel in den Studiotonbandgeräte-Bau flossen, der bei Grundig nie eine erkennbare Rolle spielte). Hatten die Magnetton-Experten bei der AEG zunächst geglaubt, sie könnten mit Hilfe ihres Patentbesitzes,²⁵²⁷ der in Deutschland ja nach wie vor gültig war, und einer Fülle von weiteren Anmeldungen die Konkurrenz kleinhalten, sahen sie sich mit Grundig bald wegen der sonstigen guten Geschäftsbeziehungen – mit elektronischen Bauteilen wie Röhren, Widerständen, Kondensatoren – zu gedeihlicher Zusammenarbeit veranlasst.



Abbildung 395: Das Grundig-Heimtonbandgerät Reporter 500L von 1952, eines der ersten Koffer-Modelle des zeitweilig größten Tonbandgeräte-Herstellers der Welt. Bandgeschwindigkeit 19,05 cm/s, Spieldauer mit 350 m Standardband auf Spule 18 rund 30 Minuten.

gelegt.²⁵³¹ Dass Max Ihle im gleichen Jahr seine Fertigung aufgab, erwies sich für Grundig als wertvolle Dreingabe: mehrere hochrangige Ihle-Mitarbeiter wechselten nach Bayreuth, so Anneliese Dypka, Leiterin der Tonkopffertigung, und Fritz Lösche, Marktleiter in Markschorgast und zuletzt Werksleiter aller europäischen Grundig-Bandgerätekwerke,²⁵³² ebenso Franz Dobesch,²⁵³³ später Tonbandgeräte-Entwickler bei SABA Villingen (unter

Max Grundig nutzte seine Chance:²⁵²⁸ bis Ende der 1970er Jahre brachte er eine kaum überschaubare Typenvielfalt von einfachst ausgestatteten bis technisch anspruchsvollen Heim-Tonbandgeräten auf den Markt. Schon Ende 1954 waren mehr als 100.000 Tonbandgeräte der DM 800-Preisklasse verkauft.²⁵²⁹ Als regelrechte Sensation brachte Grundig 1955 ein gegenüber den Reporter-Modellen radikal vereinfachtes Einsteiger-Tonbandgerät namens TK 5 zu DM 485 heraus, laut eigener Werbung das erste Tonbandgerät der Welt „unter DM 500“ – wie es die Fachzeitschrift FUNKSCHAU im Mai 1955 angemahnt hatte.²⁵³⁰ Noch Ende 1957 überstieg die TK 5-Nachfrage die Fertigungskapazität. In diesem Jahr hatten die Grundig Radio-Werke 260.000 Tonbandgeräte gebaut (gesamte west-deutsche Produktion: 370.000 Stück), bedienten mit ihren west-europaweiten Fertigungsstätten rund 70 % des in- und ausländischen Marktes und konnten sich als „der Welt größte Tonbandfabrik“ bezeichnen. Die im gleichen Jahr eröffnete Tonbandgeräte-Fabrik in Bayreuth war für 1.000 Geräte pro Tag aus-

anderem des SABA TK 75 und eines Kassetten-Geräts namens Sabamobil (Seite 501). – Möglicherweise kam übrigens auch Hans Werner Pieplow, seit 1954 als Konstrukteur bei Grundig und 1970 Leiter der Tonbandgeräte-Konstruktion, aus der Ecke Gefrees-Marktschorgast.²⁵³⁴

1962/63 folgte ein weiterer Neubau in Nürnberg, der 2.500 Mitarbeiter aufnahm.²⁵³⁵ Aber zu dieser Zeit hatte die japanische Tonbandgeräte-Industrie die deutsche Fertigung schon überholt: in der BRD waren 1961 750.000, in Japan 890.000 Geräte gefertigt worden, dort im folgenden Jahr schon 1,35 Millionen.²⁵³⁶ Im folgenden Jahr bekamen mit der Philips-Compact-Cassette die Amateur-Tonbandgeräte erstmals eine ernstzunehmende Konkurrenz, was Grundig mit seinem ersten großen Marketing-Mißerfolg zu kontern versuchte, dem System DC International (Seite 499).

Grundigs letztes Wort in Sachen Spulen-Tonbandgeräte, das „Flaggschiff“ TS1000, trat 1977 in einem Marktsegment an, das zu dieser Zeit von der mehrfach aufgebosserten Revox A77, deren Nachfolgern B77 wie A700 und, beispielsweise, von vergleichbaren ASC- und Uher-Geräten beherrscht war.

Die Meinungen zu und die Urteile über Grundig-Tonbandgeräte gehen teils diametral auseinander (wie ja auch zur Person des Firmeninhabers). Man wird ihnen vielleicht am ehesten gerecht, wenn man die Produkte eine Stufe unterhalb der „Premium-Klasse“ einordnet. Riesige Auflagen erzeugten natürlich vergleichsweise absolut hohe Reklamationszahlen und entsprechendes Echo, schließlich erzwang der Kostendruck preisgünstige Lösungen, die auf längere Sicht die Funktionstüchtigkeit jedes Geräts beeinträchtigten. Während heute viele damalige Premium-Modelle, lange über ihre erwartbare Lebensdauer hinaus, durchaus noch reparatur- und überholungstauglich sind, wurden die allermeisten „Standard“-Geräte entweder verschrottet oder sind nur noch als Vitrinenmodelle tauglich.

Zu Grundigs großem Diktiergeräte-Erfolg „Stenorette“ und der teils verworrenen Epoche der Video-Recorder siehe Seiten 359 und 534 f.

Man kann sich unschwer vorstellen, wie nahezu lebenswichtig für die BASF-Magnetbandproduktion die Zusammenarbeit mit Grundig – sei es für Erstbestückungen, sei es als Nachkaufs-„Zubehör“ – in den zweieinhalb Jahrzehnten zwischen 1951 und 1976 blieb (und, allmählich auslaufend, auch darüber hinaus). Neben der rein wirtschaftlichen Seite war es auch die starke Stellung Grundigs in den zuständigen Normgremien, die enge Kontakte auf technischer Ebene voraussetzte wie förderte.

Heimtongeräte in Deutschland und Europa

Eine allenfalls mit Grundig vergleichbare Stellung hatten die in Wien produzierten Philips-Tonbandgeräte, die ebenfalls in beachtlichen Stückzahlen abgesetzt wurden. Wenn aber Grundig zeitweise gut 70 % der BRD-Tonbandgeräte baute: wer teilte sich neben der AEG beziehungsweise Telefunken in den Rest?

In den USA sollen um 1958 nicht weniger als 55 Firmen Tonbandgeräte gebaut haben.²⁵³⁷ Ein britisches Magazin führt 1961 im redaktionellen Katalog nicht weniger als 69 Tonbandgeräte-Anbieter im „United Kingdom“ auf,²⁵³⁸ unter denen sich freilich auch einige Handelsmarken verbergen dürften. Auf dem Höhepunkt der Heimtonband-Geräteverbreitung erstellte BASF 1968 die „Technische Information Nr. 43“ (32 Seiten) und 1972 die „audio- und video-information Nr. 30“ (67 Druckseiten) mit Namen und praxisrelevanten Merkmalen der wichtigsten Tonbandgeräte auf dem (west-)deutschen Markt und ihrer 24 Hersteller (die Liste ist unvollständig):

AEG-Telefunken – Akkord – Bang & Olufsen – Becker – Blaupunkt (Auto-Tonbandgeräte) – Braun – Burger (Butoba) – Dual – Graetz – Grundig – Imperial – Kuba – Loewe-Opta – Metz – Nordmende – Philips – Revox – Saba – Sander & Janzen (Saja) – Schaub-Lorenz – Siemens – Tandberg – Uher.²⁵³⁹

Es ist sicher nicht übertrieben, wenn man die weltweite Zahl der Spulen-Tonbandgerätehersteller auf mehrere hundert schätzt; das zeigt allerdings auch, dass eine einigermaßen vollständige Dokumentation ein Ding der Unmöglichkeit ist, von der Einförmigkeit einer solchen Lektüre einmal ganz abgesehen (respektable Sammlerarbeit bieten diverse Foren und websites im Internet). Was an Marktzahlen noch zu ermitteln war (die entsprechenden Statistiken einer führenden Marktforschungsgesellschaft sollen wegen Desinteresses gelöscht worden sein), ist in Tabelle 5 zusammengestellt.

Die später dominierenden japanischen Spulenbandgeräte-Hersteller (wie Akai, Sony, Technics) tauchten auf dem europäischen Markt erst gegen Ende der 1960er Jahre auf. Zwischen 1970 und 1972 dürfte der Höhepunkt der Spulen-Heimtongeräte erreicht und überschritten worden sein: die (an Aufzeichnungsqualität rasch gewinnenden) Compact-Cassetten-Recorder eroberten die untere und mittlere Qualitätsklasse.²⁵⁴⁰ Hochwertige Spulen-geräte überlebten nur noch ein weiteres Jahrzehnt, was auch ein 1982 mit dem hochkoerzitativen Spulenband-Typ „EE“ versuchter Wiederbelebungsversuch nicht verhindern konnte (Seite 392). Um 1987 sprachen Indizien dafür, dass die letzten Getreuen der „high-end tape recorder“ ihre Aufnahmen auf DAT-Kassetten überspielten und sich dann von den voluminösen Geräten ebenso verabschiedeten wie von den stellplatzhungrigen Spulenbändern. – So ermüdet, „nostalgisch“ angerührt oder erheitert man diese Listen auch überfliegen mag, zeigen sie doch in aller Deutlichkeit, wie populär das Heimtonbandgerät Mitte des 20. Jahrhunderts in ganz Europa war und vor allem, welche wirtschaftliche Bedeutung dieser Umsatzträger besaß: noch 1965 bezeichneten Grundig, Philips und Telefunken übereinstimmend den Tonbandgeräte-Sektor als expansivsten Zweig ihrer Fertigung.²⁵⁴¹

Tabelle 5: Heimtonbandgeräte-Produktion in Deutschland und in den USA (sowie Japan) ²⁵⁴²

Jahr	Deutschland	USA	Japan
1952	37.000, einschließlich Diktiergeräte [A]	150.000 [C]	
1953	91.000 [A]	200.000 [C]	
1954	91.000 [A]	225.000 [C]	
1955	162.300 [A]	360.000 [C]	
1956	252.000 [A]	400.000 [C]	
1957	433.000 [A]		
1958	500.000 [A]	Quellen [A] bis [E] siehe Endnote 2542!	
1959	560.000, davon 270.000 nur mit v = 9,5 cm/s [B]		
1960	678.000, 132.000 Diktiergeräte (85.000 exportiert) [B]		
1961	[keine Angaben]	[k.A.]	[k.A.]
1962	800.000, bei einem Bestand in der BRD von etwa 2,5 Millionen Tonbandgeräten (gegenüber 18,5 Mio Rundfunk- und 8 Mio Fernsehgeräten) [E]		1,4 Millionen [D]
1967	900.000 [E]	750.000 [E]	5 Millionen „einschließlich der kleinen Spielzeuggeräte“ [E]
Die durchschnittliche Export-Quote der deutschen Produktion zwischen 1953 und 1962 lag bei 50 %.			

BASF: Heimtonbänder (1953 bis 1969)

BASF Magnetophonband Typ LGS (1953)

Ende 1952, Anfang 1953 stand beim zuständigen deutschen Fachnormenausschuss ein Scotch-Produkt als Referenz- beziehungsweise Bezugsband zur Debatte,²⁵⁴³ und damit drohte der BASF ein herber Prestigeverlust. Es bestand also Handlungsbedarf, wollte man den Rückstand nicht sozusagen amtlich attestiert bekommen.

Eine verwickelte Rolle bei diesen Misschlichkeiten spielten die anhaltenden Reibungen zwischen der Magnetophonbandfabrik einerseits sowie der Pigmentproduktion und der Prüfstelle andererseits.²⁵⁴⁴ Robl sollte mit seinem veralteten, unzeitgemäßen Maschinenpark (insbesondere den abgewirtschafteten Nachkriegs-Gießmaschinen) immer mehr, natürlich immer bessere und vor allem gleichmäßigere Bänder liefern. Wie nahezu unvermeidlich, konnte daher die Qualität insgesamt nicht dem genügen, was die Prüfstelle, gestützt auf technische Kontakte, Reklamationen und Konkurrenzbeobachtung, fordern musste. Wie um diese klassische Konfliktsituation noch zuzuspitzen, gab Bergmann Anfang 1953 zu Protokoll, er verfüge bereits seit zwei Jahren über ein vielversprechendes Magnetmaterial, das jedoch wegen des damaligen Standes der Gießtechnik nicht habe eingesetzt werden können.²⁵⁴⁵ Den Beweis hatte er gegenüber Friedrich Krones (damals bei Philips Wien) erbracht, dem er Musterbänder mit einem nadelförmigen, höherkoerzitären Pigment zukommen ließ²⁵⁴⁶ – gefertigt auf Bergmanns kleiner Versuchsgießmaschine mit Richtmagnet.²⁵⁴⁷

Die Bergmannschen Versuchsbänder überzeugten; auf den beiden 1952 / 1953 installierten neuen Gießmaschinen liefen seit Anfang 1953²⁵⁴⁸ erste Chargen des Magnetophonbandes Typ LGS, das sich nach einigen Aufbesserungen als kommerziell erfolgreiches,²⁵⁴⁹ mit den 3M-Vorbildern gleichwertiges Produkt auf Weltniveau erwies.²⁵⁵⁰ Die magnetischen Kennwerte waren merklich besser als die des Magnetophonbandes Typ LGH; die Wünsche der Geräte-Entwickler, die endlich neue, preiswerte Geräte mit der bandsparenden Geschwindigkeit 9,5 cm/s auf den Markt bringen wollten, erfüllte LGS jedoch vor allem dank der Nadelform des Pigments und seiner Ausrichtung (Orientierung) während des Gießvorgangs.

Magnetophonband LGS hieß in Pressemeldungen und Anzeigen auch „tropenfest“, da weichmacherfrei. Dar- aus ist zu schließen, dass hygroskopische Komponenten für die Schmierprobleme bei L-extra und LGH verantwortlich waren. Das Argument zielte zugleich auf Magnetbänder auf Acetat-Basis, die nur in einem relativ engen Luftfeuchte-Bereich als betriebssicher galten.²⁵⁵¹ LGS (und alle Nachfolger) waren dagegen „unempfindlich gegen Feuchtigkeit und nicht entflammbar“²⁵⁵² und: „Es ist allen klimatischen Beanspruchungen gewachsen und hat sich bereits auf Expeditionen unter härtesten Bedingungen bewährt“.²⁵⁵³

Allerdings lief BASF wegen der beiden LGS-Hauptvorteile Gefahr einer patentrechtlichen Auseinandersetzung. 3Ms Scotch 111, in Produktion seit 1948, zeichnete sich nämlich durch zwei Innovationen aus: erstens ein nadelförmiges Pigment (also nicht, wie bisher bei allen europäischen Bändern, die kubische Fe₂O₃-Variante), aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten ohnehin vorteilhaft, zweitens waren die Pigmentnadeln mit ihrer Längsachse in Laufrichtung des Bandes ausgerichtet, was die theoretischen Vorteile der Pigmentform praktisch erst nutzbar machte. Die Nadelform („*acicular crystalline particles*“) war schon in einem Camras-Patent von 1947 genannt,²⁵⁵⁴ doch die „magnetische Vorzugsrichtung“ des Scotch 111 scheint BASF nicht vor dem Herbst 1952 entdeckt zu haben – zusammen mit der erfreulichen Feststellung, dass auch das L-extra-Band, in Laufrichtung gemessen, bessere magnetische Kennwerte aufwies als in Querrichtung und somit ebenfalls eine „Vorzugsrichtung“ besaß. Als „Vorbenutzung“ hätte das ein gewichtiges Argument in jeder patentrechtlichen Auseinandersetzung geliefert.²⁵⁵⁵ Diese technische Akrobatik lief freilich ins Leere, da schon ein britisches Patent von 1931 den Anspruch enthält: „*A band for recording sounds ..., in which the small elements of predetermined shape are arranged in any suitable direction by means of a magnetic field prior to being affixed to the support.*“²⁵⁵⁶

Tabelle 6: Magnetwerte der Magnetophonbänder BASF LGH und LGS

Bandtyp	Jahr	Koerzitivfeldstärke		Remanenz	
		kA/m	Oe	mT	Gauss
LGH	1950	20,6	260	65	650
LGS	1953	22,5	283	75	750
LGS (Standard und Langspiel)	1956	23,9	300	84	840
LGS 52	1968	23,9	300	120	1200

Vermutlich aufgrund dieses Patents (oder der inhaltsgleichen französischen Anmeldung von 1929) bezeichnete es Siemens 1931 als bekannt, „das Pulver ... einem richtenden magnetischen Felde auszusetzen“ (die entsprechende Siemens-Patentschrift schlägt obendrein vor, übereinanderliegende Schichten verschieden gerichteten, zum Beispiel rechtwinklig zueinander liegenden, Magnetfeldern auszusetzen).²⁵⁵⁷

Gegenüber dem Patentanspruch „*acicular*“ erwies sich das ohnehin fundamental wichtige I.G. Farben-Patent DE 712 457 – als letztes der frühen Magnetbandpatente lief es 1953 aus – als gewichtiges Gegenargument: „*Beispielsweise gelange man auch bei Befolgung des Ausführungsbeispiels 1 unseres DRP 712 457 ... zu einem sehr feinen Eisenoxid mit nadelförmiger Struktur; Elektronenmikroskop-Aufnahmen dieses Pulvers wiesen wir vor.*“²⁵⁵⁸

Strikt patentrechtlich betrachtet, war also das Magnetophonband Typ LGS mit dem gerichteten, nadelförmigen Pigment keinesfalls von 3M abhängig. Das „S“ jedoch, von Robl offiziell zu Luvitherm-Guss-*supra* aufgelöst, lasen Sachkenner als „Scotch-kompatibel“, und diese Reverenz sollte dem bedeutenden Innovator bis zu einer Änderung der Produkt-Nomenklatur im Jahr 1968 erwiesen werden. Für den deutschen, immer stärker auch den europäischen, Markt wichtiger war, dass das Magnetophonband BASF LGS 52, Charge 22 138, im Jahr 1956 vom zuständigen Fachnormengremium zum Bezugsbandleerteil für die Bandgeschwindigkeiten 19,05 cm/s und 9,5 cm/s bestimmt wurde. Typ LGS kam also, rückblickend betrachtet, gerade zur rechten Zeit. Das BASF-Produkt Magnetband insgesamt machte zwar ab 1951 Gewinn,²⁵⁵⁹ doch auf einer zu schmalen Basis: das Rundfunkband LGN war wegen seiner Schwächen seit 1951 ohne Nachfolger eingestellt, das Masseband L-extra hatte technisch keine Zukunft, zumal es aufgrund diverser „Unarten“ rasch an Akzeptanz einbüßte, gegen den Genoton-Paralleltyp EN stark an Boden verlor und ab 1954 abrupt auslief. Einen Magnetspeicher-Markt für die sich abzeichnenden vielfältigen Anwendungszwecke – Datenverarbeitung, „*instrumentation recording*“, Videoaufzeichnung – gab es in Europa praktisch noch nicht. BASF blieb also mit ihrem Magnetophonband Typ LGS bis 1956 auf den glücklicherweise stark expandierenden Heimton-Markt angewiesen: LGS machte in diesem Jahr nicht weniger als 90,8 % der Bandproduktion aus!²⁵⁶⁰

Bis 1953 war Magnetband praktisch nur mit einer Gesamtdicke um 50 µm (als Schichtband auf ca. 35 µm dicker Trägerfolie) erhältlich, weil nur so Formstabilität auf den schnell laufenden, gewichtigen Studio-Magnetbandmaschinen beim kräftigen Beschleunigen (Start und Abbremsen) und angesichts des relativ hohen Bandzugs bei Aufnahme und Wiedergabe zu gewährleisten war. Typische Heimtonbandgeräte sollten dagegen ein gewisses Volumen nicht überschreiten und mussten aus Kosten- wie Gewichtsgründen meist mit *einem* Motor, Reibrad- oder Riemengetriebe auskommen. Der gängige Kompromiss war die Kunststoffspule mit 18 cm Außen- und 6 cm Kern-Durchmesser, die aber nur 350 m „Standardband“ aufnahm – das reichte bei 19 cm/s für eine halbe, bei 9,5 cm/s demnach für eine Stunde Spielzeit pro Spur.



Abbildung 396: Magnetophonband BASF Typ LGS, das erfolgreiche Heimtonband von 1953, mit dem BASF einen beherrschenden Marktanteil erobern konnte, hier als Langspielband (LGS 35) in der Pappschwenkkassette, wie sie vor Einführung der Kunststoff-Kassetten üblich war. Beachte die „wertige“ Versiegelung des Bandwickels!



Abbildung 397: Heimtonband-Konfektionieren (1957). Die Spulerin spult das Magnetophonband vom Vorratswickel (unten rechts) über eine Fotozellen-Prüfeinrichtung (unter dem schräg abgeschnittenen Zylinder) auf eine Dreizackspule. Das Längenmessgerät mit Zählwerk (oben) zeigt die vorgegebene Bandlänge an. Die Vorspann- und Schaltbandstreifen (ganz oben) wurden von Hand angeklebt (siehe die Klebelehre vor der linken Hand der Spulerin).

Rudolf Robl berichtet, Hans Schepelmann von der AEG habe angeregt, die Trägerdicke von Heimton-Magnetbändern so zu reduzieren, dass die 18 cm-Spule 525 m fassen würde, was bei der Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s ausreichend für 90 min fortlaufende Spielzeit wäre. Wie schon zwanzig Jahre früher, resultierte aus der anregenden Diskussion zwischen der AEG und BASF ein attraktives Produkt, mit dem nicht zuletzt die Magnetophonbandfabrik ihre Kompetenz bekräftigen konnte. Heinrich Jacqué beherrschte nämlich mittlerweile das Luvitherm-Verfahren so gut, dass er etwa 23 µm (statt bisher 35 µm) dicke, dabei gleichmäßige und locharme Trägerfolien herstellen konnte. Erste Muster Magnetophon-Langspielband BASF / Typ LGS, in der Tat eine Weltneuheit, dürften gegen Jahresende 1953 vorgelegen haben;²⁵⁶¹ offiziell eingeführt wurde der (seit 1958 Magnetophonband LGS 35 genannte) Typ Anfang 1954,²⁵⁶² möglicherweise gleichzeitig mit einer kleinen Aufbesserung des Magnetmaterials, mit der LGS gegenüber Scotch 111 gewann.²⁵⁶³ Das Langspielband dürfte die eigentliche Basis für den Erfolg der BASF im europäischen Heimtonband-Markt gewesen sein. 3M kam ebenfalls 1954 mit den 33 µm dicken Typen 150 und 190 heraus. Typ 150 hatte einen Polyesterträger, Typ 190 war, wohl aus Preisgründen, auf Celluloseacetatfolie gegossen und deshalb dem PVC-basierten LGS 35 unterlegen.²⁵⁶⁴

Agfa Leverkusen hatte mit dem Langspieltyp Magnetonband FS weniger Erfolg bei den Endverbrauchern, sicherte sich aber zwischen 1953 und 1956 eine starke Stellung bei Rundfunkanstalten und Filmstudios und profitierte, getragen vom 16-mm-Bedarf des immer stärker vordringenden Fernsehens, von der steigenden Nachfrage nach Bildfilm und Magnetfilm. BASF, in der gleichen Zeit nahezu ausschließlich auf Heimtonband fixiert, konnte im professionellen Bereich erst ab 1957 mit dem Rundfunkband LGR, mit den Perutz / BASF-Magnetfilmen PB 16 und PB 35 sogar erst seit Februar 1960, wieder Fuß fassen.²⁵⁶⁵

Neubaupläne lösen Kapazitätsprobleme

Magnetophonband Typ LGS ließ den Umsatz der BASF-Magnetbandproduktion hochschnellen, und angesichts technischer Fortschritte sowie neuer, attraktiver Gerätemodelle waren weitere Steigerungen absehbar.²⁵⁶⁶ Einen besonders guten Start hatte das Langspielband gehabt, denn bereits im Mai 1954 zeichnete sich ab, dass es in gleicher Menge produziert werden musste wie Standardband;²⁵⁶⁷ 1958 betrug sein Anteil bereits zwei Drittel.²⁵⁶⁸ Als sich im Juli 1954 der Monatsumsatz gegenüber dem Vorjahresmonat verdoppelt hatte, war auch die Kapazitätsgrenze der 1946 eingerichteten Magnetophonbandfabrik fast erreicht, und damit bestand angesichts des Nachfrage-Drucks die „Gefahr, daß unsere mühsam erworbene Position im Tonbandgeschäft eine Einbuße erfährt, die nur mit Schwierigkeit wieder aufzuholen ist.“ Da mit der Anorgana Gendorf keine Kooperation in Sachen Magnetband zu Stande gekommen war (Seite 342), musste rasch eine tragfähige Lösung gefunden werden, und in der Tat hält eine Notiz fest: „Das Projekt einer Neuanlage ist ausgearbeitet & demnächst startreif“ – eine Vorstandsentscheidung, die im August 1954 gefallen sein dürfte.²⁵⁶⁹

Zunächst war eine Grundsatzfrage zu klären. Da nämlich „das BASF-Band Typ LGS seine unbestritten führende Stellung auf dem Heimtongeräte-Gebiet in erster Linie ... dem Luvitherm verdankt“,²⁵⁷⁰ stand zur Diskussion, die Folie weiter im eigenen Werk herzustellen oder (ggfs. zusätzlich den Folienbedarf der Agfa) in Gendorf produzieren zu lassen. Eine weitere Alternative, der Zukauf der von Kalle in ICI-Lizenz gefertigten Hostaphan-Folie, wurde zwar erörtert,²⁵⁷¹ aber nicht umgesetzt, weil Kalle bereits im April 1954 mit Agfa Leverkusen ein ausschließliches Abkommen über den Einsatz der Polyethylenterephthalat-Folie (PE) für Magnetband und Fotofilme abgeschlossen hatte.²⁵⁷² Angesichts der Präferenzen im eigenen Haus hat BASF nicht auf eine Vertragsänderung hingearbeitet, denn als Konsens ergab sich, eine neue Luvitherm-Fabrik in unmittelbarer Nachbarschaft der künftigen Magnetophonband-Fabrik (und ausschließlich für deren Bedarf) zu bauen; die ältere Anlage sollte wieder vorrangig Entwicklungsarbeiten übernehmen.²⁵⁷³ Damit hatte sich BASF für die nächsten anderthalb Jahrzehnte an ein Trägermaterial gebunden, das im Vergleich mit dem ubiquitären PE, Polyethylenterephthalat, seit Mitte der 1960er Jahre als bestenfalls bedingt konkurrenzfähig galt. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass selbst 1956 PE-Folien noch vergleichsweise teuer und zudem verbesserungsbedürftig waren, außerdem die Luvitherm-Folie, wie auch bewiesen, noch entwicklungsfähig war. Die Frage „PVC oder PE?“ hatte sich der BASF zum denkbar ungünstigsten Zeitpunkt gestellt. Auch eine zweite Chance blieb ungenutzt, als nämlich Kalle für 1956 nach Anlaufen der Großproduktion sinkende Preise für Hostaphan (beziehungsweise Terylen) ankündigte. Allerdings sah sich BASF ausgerechnet von 3M bestärkt: 1957 kam es zu einem Lizenzvertrag zwischen BASF und 3M über die Herstellung von Luvitherm-Folie für Magnetbänder und als Verpackungsfolie in der Größenordnung von 100 Tonnen pro Monat;²⁵⁷⁴ 3M stellte im Gegenzug die Herausgabe von know-how, z.B. über die Verdichtung von Magnetpigmenten und Gießverfahren, in Aussicht.²⁵⁷⁵ Ob 3M tatsächlich Luvitherm in größerem Maßstab eingesetzt hat, ist nicht dokumentiert, abgesehen von einem anscheinend kurzlebigen Standard-Typ 311, der 1960 nachgewiesen ist.²⁵⁷⁶

Neubau der Magnetophonbandfabrik Ludwigshafen (1956)

Die Verhandlungen mit Gendorf hatten zwar gezeigt, dass BASF bereit war, die Magnetband-Produktion in eine Tochtergesellschaft zu verlagern; ob BASF auch im Alleingang eine „BASF Magnetophonband GmbH“²⁵⁷⁷ betreiben sollte, wurde zwar diskutiert, aber bald auf das Frühjahr 1955 vertagt und danach nicht wieder aufgegriffen – offenbar hatten großzügige Neubaupläne eine Antwort gegeben.²⁵⁷⁸

Die neue Magnetophonbandfabrik, mit eigener Luvithermfabrik, sollte 40.000 Magnetbänder zu je 1.000 m Länge pro Monat liefern, war also auf den doppelten Ausstoß ihrer Vorgängerin ausgelegt. Das hatte auch Kon-

sequenzen für die Verkaufsabteilung, die den Bestand der für Magnetophonband abgestellten Mitarbeiter deutlich aufstocken sollte und dafür erst einmal die Kandidaten fachlich ausbilden musste. In jedem BASF-Verkaufsbüro sollte sich ein Kaufmann ausschließlich um Magnetband kümmern.²⁵⁷⁹

Zu den Nachkriegsprovisorien gehörte, dass die „alte“ Magnetophonbandfabrik, die Luvitherm-Produktion und die Magnetophonband-Prüfstelle zwar alle im Südteil des Werks lagen (die Eisenpulverfabrik blieb im nördlichen Werksteil Oppau), die notwendigen Transporte von Materialien wie Prüfmustern aber die organische Zusammenarbeit behinderten. Zudem litt der Altbau unter der unvermeidlichen Staubbefreiung benachbarter Betriebe, was der Magnetband-Qualität nicht eben zuträglich war. Genügend Platz, um die Betriebsneubauten konzentriert anzuordnen, bot ein brachliegendes Gelände am Westrand des Werksgebietes, das wegen der überwiegenden Westwinde zudem den Vorteil hatte, „vor“ einigen stauberzeugenden Betrieben zu liegen. Als das Programm Anfang März 1955 genehmigt war,²⁵⁸⁰ begannen die Arbeiten, auf ausdrücklichen Wunsch der Werksleitung als Schwerpunktsbauvorhaben behandelt,²⁵⁸¹ bereits im Mai 1955.

Die auf Zuwachs berechnete Planung sah drei neue Betriebsbauten vor:

- die eigentliche Magnetophonbandfabrik nahm die Anlagen zur Aufbereitung des Magnetpigments und für das Dispergieren auf, nicht zuletzt die Gießmaschinen, sowie die Werkräume für die Konfektionierung, also Schneiden, Umspulen, das Verpacken und den Versand, außerdem Lagerräume für Spulen, Bandkassetten, Zubehör und Verpackungsmaterial. Der Neubau war bereits im April 1956 so weit fertiggestellt, dass die ersten Magnetbänder gegossen, geschnitten und verpackt werden konnten. Bis Jahresende war die erste Ausbaustufe im Wesentlichen abgeschlossen, das heißt, es arbeiteten vier Gießmaschinen. Ab April 1957 folgte ein Mitte 1959 fertiggestellter Erweiterungsbau, der für weitere vier Gießmaschinen gedacht war. Es scheinen aber zunächst nur zwei zusätzliche Maschinen installiert worden zu sein, nachdem die Gießgeschwindigkeit von ca. 10 m/min auf 18 m/min gesteigert und damit die Produktion nahezu verdoppelt werden konnte.²⁵⁸² 1964 waren bereits sieben Gießmaschinen mit den Bezeichnungen A – G in Betrieb.²⁵⁸³ – 1966, also zehn Jahre später, war die Gießgeschwindigkeit der ersten Willstätter Maschinen auf 100 m/min gestiegen, seit 1968 waren 150 m/min möglich;²⁵⁸⁴
- die neue Luvitherm-Fabrik, gleichzeitig mit den Magnetophonbandfabrik-Neubau begonnen. Hier ging bereits im Juni 1956 die erste Luvitherm-Kalenderanlage mit einer Kapazität von 25 Tonnen pro Monat in Betrieb,²⁵⁸⁵ eine zweite kam im April 1957 dazu, 1960 die dritte. Endlich bekam man auch ein leidiges Problem der Luvitherm-Folienfertigung weitgehend in den Griff. Als sich zeigte, dass die Loch- oder Porenbildung auf Rostteilchen zurückging, die aggressive PVC-Komponenten aus ungeschützten Stahlrohren, Misch- und Förderanlagen herausgerissen hatten, verkleidete man alle diese Flächen mit einem Hart-PVC aus BASF-Fertigung;
- der Neubau für den Bereich Forschung und Entwicklung, in den 1964 auch die Prüfstelle Magnetophonband umzog, wurde zwischen Ende 1959 und Mitte 1960 errichtet.²⁵⁸⁶

Viertelspurtechnik: Motor der Entwicklung

Technischer Stand: Heim-Tonbandgeräte 1958 / 1960

Um den bisher erreichten Stand der Entwicklung zu rekapitulieren: die US-amerikanische professionelle Magnettontechnik hatte um 1948 mit der Bandgeschwindigkeit 30 ips 76,2 cm/s und der Bandbreite ¼ Zoll (nominal, in der Praxis entsprechend 6,3 mm) begonnen und war Anfangs der 1950er Jahre auf 15 ips 38,1 cm/s heruntergegangen. Vor allem aus Kosten- und Platzbedarfs-Gründen arbeiteten Heimtonbandgeräte dieser Epoche zunächst mit 7½ ips 19,05 cm/s. Hand in Hand mit dieser Bandgeschwindigkeits-Reduktion ging die Aufteilung des Magnetbands der Breite nach in zunächst zwei Aufzeichnungs-Spuren, zwischen denen in der Bandmitte eine unbespielte Spur freibleiben musste, um hörbares, störendes „Übersprechen“ von einer Nutzspur in die andere zu vermeiden. Als etwas unscharf geprägter Fachbegriff bürgerte sich Halbspur-Aufzeichnung ein, im Gegensatz zur wohl erst nachträglich so genannten *Vollspur*-Technik. Die weitaus meisten Halbspur-Geräte konnten in einem Durchlauf nur auf *einer* Spur aufzeichnen (Schlagwort „monophon“, fälschlich auch „monaural“), weil die Magnetköpfe nur jeweils ein System aufwiesen; „stereofone“ Geräte, die beide Spuren für zweikanalige Aufzeichnungen benutzten, gehörten zur hochpreisigen und besser ausgestatteten Minderzahl. Folgerichtig erzwingen die – zumindest für nicht-professionelle Benutzer, also die überwiegende Mehrheit – happigen Magnetbandpreise den nächsten Entwicklungsschritt, nämlich die Reduktion der Bandgeschwindigkeit auf 9,53 cm/s. Wenn auch die weiteren Fortschritte vom Standard-Band zum Lang- und Doppelspielband die ununterbrochene Spielzeit (bei gleicher Spulengröße) in großen Schritten verlängerten, schien es ausgemacht, dass der Umsatz von Geräten und Bändern nochmals zu steigern sei, indem das Magnetband *der Breite nach* in vier Spuren aufgeteilt wurde, was sich folgerichtig *Viertelspur*-Technik nannte. In einem nächsten Schritt wurde die Bandgeschwindigkeit nochmals halbiert – also auf 4,75 cm/s. Die systembedingten Qualitätseinschränkungen, vor allem Dynamikeinbußen, kompensierten (wenn sie nicht ohnehin ignoriert wurden) teils Fortschritte der Band-Technologie, teils rauscharme Verstärkerschaltungen, wie sie die Transistortechnik versprach.

Entwicklungsbeschleuniger Viertelspurtechnik

Wann und wo die Entwicklungsarbeiten für die Viertelspurtechnik begannen, ist mittlerweile kaum noch dingfest zu machen, wahrscheinlich ist der Zeitraum 1956/1957. Die wohl früheste Meldung einer deutschen Fachzeitschrift sieht im Herbst 1958 „fast alle führenden Tonbandgerätefirmen in Europa und USA“ beteiligt, namentlich Ampex, RCA und Shure;²⁵⁸⁷ in Deutschland trieb der marktbeherrschende Hersteller Grundig die Entwicklung voran, ebenso wie die AEG.

Vorrangig war Viertelspurtechnik eine Frage der Magnetkopf-Fertigung. Nahezu selbstverständlich erforderte sie zwei übereinander angeordnete Systeme, deren Kopfspalte fluchten mussten (das heißt, exakt auf einer Geraden zu liegen hatten). Weiter waren wirkungsvolle Abschirmmaßnahmen zu entwickeln, da die Breite der Trennschienen ebenfalls reduziert werden musste. Zudem lieferten die schmalspurigen Kopfsysteme bei Wiedergabe niedrigere Spannungen; Unterschiede von Spur zu Spur konnte immerhin der Verstärker ausgleichen. Es hätte nun nahe gelegen, eine mit der Halbspurtechnik kompatible Spuranordnung auszuarbeiten (wie später bei der Compact-Cassette realisiert), aber das hätte nach Lage der Dinge nicht zuletzt ausgeschlossen, jede der vier Spuren einzeln für Monoaufzeichnungen benutzen zu können – ein gewichtiges Verkaufsargument für die Zeit, bis sich die Stereotechnik am Markt durchgesetzt haben und ein nennenswerter Teil der Rundfunksendungen stereophon ausgestrahlt würde. So ergab sich mit einer gewissen Zwangsläufigkeit eine Konfiguration nach Abbildung 398 (rechts): vier Spuren und drei Trennschienen symmetrisch über die Bandbreite verteilt.

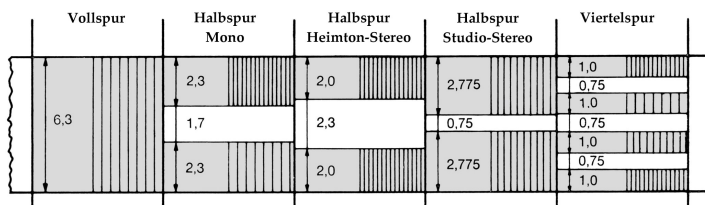


Abbildung 398: Die gängigen Spurlagen auf 6,3 mm breitem Magnetband. Halbspur mono: Spur 1 oben; Halbspur stereo: linker Kanal oben, rechter Kanal unten. Im Viertelspur-Format werden die Spuren von oben nach unten mit 1 – 4 nummeriert. Bei Stereo-Aufnahmen bilden die Spuren 1 und 3 („Hinlauf“) sowie die Spuren 2 und 4 („Rücklauf“) ein zusammengehöriges Spurpaar (1 beziehungsweise 4 linke Kanäle, 3 beziehungsweise 2 rechte Kanäle).

Etwa zeitgleich mit dem Aufkommen der Viertelspurtechnik erschienen, nach qualitativ problematischem Start 1958,²⁵⁸⁸ die ersten Stereo-Schallplatten, also die (schon 1943 so genannten) „raumplastischen Aufnahmen“, die dem unerreichbaren Ideal naturgetreuer Übertragung wenigstens einen großen Schritt entgegenkamen. Auf der Schallplatte ließen sich, als Ergebnis mühsamer Entwicklungsarbeit, mit geschickter Kombination von Tiefen- und Seitenschritt beide Übertragungskanäle in einer Rille unterbringen. Beim Magnetband ist stereophone Aufzeichnung dagegen nur mit zwei separaten Spuren möglich, wenn man von dem problematischen Verfahren mit gekreuzten Aufzeichnungsrichtungen absieht, wie von Siemens bereits 1931²⁵⁸⁹ angegeben und 1959 von der USA-Navy in verfeinerter Form wieder aufgegriffen.²⁵⁹⁰ Die Viertelspurtechnik, die ja zwingend zwei Wandler-systeme voraussetzt, bot also beste Voraussetzungen für relativ preisgünstige Stereo-Aufzeichnungen. So wurde die Aufteilung Spur 1 linker Kanal, Spur 3 rechter Kanal (beim ersten Durchlauf) und dementsprechend Spur 4 / links, Spur 2 / rechts für Viertelspur-Stereoaufnahmen sozusagen organisch verbindlich. Allerdings war damit war die Kompatibilität zwischen Halb- und Viertelspuraufnahmen bis auf rudimentäre Reste aufgegeben, und nicht zuletzt an diesem Problem hatte die Verbreitung bespielter 1/4-Zoll-Magnetbänder in wirtschaftlich sinnvoller Größenordnung zu kämpfen. Vorreiter dürfte die Firma Ampex gewesen sein, die 1959 dieses Spurschema als Voraussetzung für ihren Einstieg in den Markt mit bespielten 6,3 mm-Bändern betrachtete.²⁵⁹¹

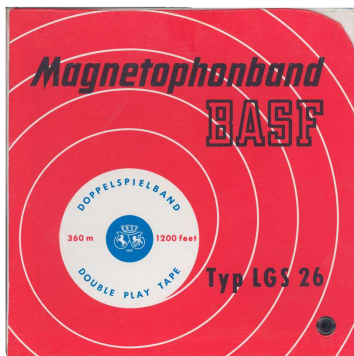
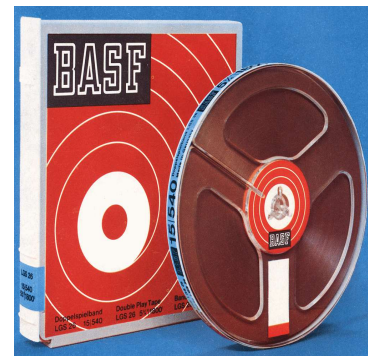


Abbildung 399: Magnetophonband BASF Typ LGS 26, das Doppelspielband der BASF auf Luvitherm-Trägerfolie, hier in der Pappschwenkkassette (1958).

Abbildung 400: Die Pappschwenkkassette wurde nach und nach abgelöst von der dicht schließenden Kunststoff-Kassette. Gegen drop-out-verursachenden Staub schützte das Tonband eine zweiteilige, klebebandversiegelte Klarsicht-Runddose.



Die Bandgeschwindigkeit 4,75 cm/s ist „im Ausland“ bereits 1952 „für langandauernde Sprachaufnahmen, wie Aufzeichnung des drahtlosen Verkehrs von Flugleitstellen“ verwendet worden;²⁵⁹² eine BASF-Anzeige empfiehlt erstmals im Oktober 1954 das Langspiel-Magnetophonband LGS für diese Geschwindigkeit.²⁵⁹³ Einen nennenswerten Marktanteil gewannen Geräte mit der so „halbierten Bandgeschwindigkeit“ ab 1957 (zu finden bei vier von 21 Geräten²⁵⁹⁴), obwohl weder die diffizilen Bandantriebs-Probleme gelöst noch halbwegs ansprechende Resultate bei Dynamik und Frequenzgang geboten wurden. Die bisherigen Magnetköpfe mit Spaltbreiten um 7 µm erlaubten bei 4,75 cm/s gerade 6 kHz als Obergrenze des Übertragungsbereichs, 1958 mit besseren Köpfen erwei-

tert auf immer noch bescheidene 8 kHz.²⁵⁹⁵ Magnetköpfe mit Spaltbreiten von 1 µm,²⁵⁹⁶ die 15 kHz zugelassen hätten, existierten vorerst nur als Ausstellungsmuster. Die relativ einfachen Antriebe ermöglichten keinen wirklich gleichmäßigen Bandtransport, und so betrugen die Gleichlaufschwankungen 2 % (Studiogeräte: etwa 0,15 – 0,2%),²⁵⁹⁷ indiskutabel bei Musikaufzeichnung. Wenn allerdings, wie in Großbritannien, von 500.000 landesweit gezählten Tonbandgeräten 350.000 „im Geschäftsleben verwendet [werden], um Stenogramm zu sparen, sowie Verhandlungen, Telefongespräche usw. aufzuzeichnen“,²⁵⁹⁸ liegt nahe, dass die bis dahin niedrigste Bandgeschwindigkeit hauptsächlich bei Sprachaufnahmen angewandt wurde. Den Dokumentaraufnahmen kam die verdoppelte Spielzeit (gegenüber 9,5 cm/s) ebenso zugute wie das Einsparen des „teuren“ Magnetbandes. – Versuche mit der nochmals halbierten Bandgeschwindigkeit 2,4 cm/s, wie 1957 in einem Körting-Tonbandgerät oder der Uher-Report-Serie, blieben erfolglos, auch wenn der Frequenzbereich von 50 – 3.000 Hz „völlig genügende Sprachverständlichkeit ergibt.“²⁵⁹⁹

In Deutschland erschienen die ersten Viertelspurgeräte zur Jahresmitte 1959, darunter das Magnetophon 76 von der AEG beziehungsweise Telefunken (Bandgeschwindigkeiten 9,5 cm/s und 4,75 cm/s), beworben mit dem Slogan „Bandkosten abermals halbiert!“²⁶⁰⁰ Im Oktober 1959 waren von 48 katalogisierten Typen bereits 10 Viertelspur-Geräte (was noch nichts über die individuelle Auflagenhöhe aussagt),²⁶⁰¹ seit Mitte 1960 hatte sie fast jeder Hersteller im Programm.²⁶⁰² Auf zwangsläufige Komplikationen der Viertelspurtechnik soll hier nicht eingegangen werden, wie das gegenseitige Übersprechen der Aufzeichnungen (insbesondere bei 19,05 cm/s konnten infolge „seitlichen Einstreuens“ lautstarke tieffrequente Aufzeichnungen auf den Spuren 2 und 4 die Wiedergabe der Spuren 1 und 3 stören, und umgekehrt) und die, wenn auch zweitrangige, Frage, wer sich wohl die Zeit nahm, die Titel seiner mit 9,5 cm/s vierspurig bespielten Doppelspielbänder auf 18-cm-Spulen halbwegs übersichtlich aufzulisten. Eine gewichtige Ausnahme macht das Aussetzer- oder Drop-out-Problem.

Bereits bei älteren Halbspur-Modellen hatte sich gezeigt, dass insbesondere das relativ steife Standardband zuweilen den Kontakt zu den Magnetköpfen verlor, was zu einem dumpfem Klangbild (Höhenverlust) oder sogar kurzzeitigen Aussetzern in der Wiedergabe führen konnte (bei Vollspuraufzeichnung traten solche Fehler seltener auf). Kräftigerer Bandzug, wie bei Studiogeräten, schied nach einem Blick auf die Kosten beispielsweise für stärkere Motoren aus; Abhilfe brachten Andruckpolster oder -bänder, womit allerdings die Magnetköpfe schneller abgeschliffen wurden. Fortschritte in der Formgebung der Magnetköpfe, zusammen mit dem deutlich schmiegsameren (weil dünneren) Langspielband, beseitigten im Halbspurbereich diese Störung weitgehend.

Dagegen gaben bei der Viertelspurtechnik mit ihrer kritischen Spurbreite die Aussetzer – schnell als Drop-outs bekannt – sehr bald den Hauptreklamationsgrund ab, vor allem in Kombination mit der Bandgeschwindigkeit 4,75 cm/s und einfachen Geräten. Die Gerätehersteller schoben die Verantwortung, sicher nicht ganz zu Unrecht, gerne auf die Magnetbandproduzenten ab, die natürlich allen „bandverbrauchssenkenden“ Maßnahmen mit einem gewissen Desinteresse gegenüberstanden, aber als Zubehörlieferanten auf dem schwarzen Peter sitzenblieben. Wilhelm Roth, ein angesehener Fachjournalist, sei als objektiver Experte zitiert:

Die schmale Spur bringt es mit sich, dass kleinste Schwankungen des magnetischen Kontaktes zwischen Band und Kopf zu sehr erheblichen Pegelschwankungen führen, die beim Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Faktoren so groß werden können, dass diese Schwankungen in vollständige Unterbrechungen übergehen. Es mußten deshalb besondere konstruktive Vorkehrungen getroffen werden, um durch richtige Geometrie der Bandführung, ausreichenden Umschlingungswinkel an den Magnetköpfen, Vermeidung von Bandzugsschwankungen usw. gute Anlage des Bandes am Magnetkopf sicherzustellen. Ob der aus den Anfangsjahren der Magnettontechnik wieder ausgegrabene „Andruckfilz“ eine vernünftige Lösung ist, muß bezweifelt werden: Mehr als ein Provisorium kann er kaum sein. Von großem Einfluß sind bei bester Bandführung aber die Eigenschaften des Magnetbandes selbst. Gleichmäßige Beschichtung, spiegelglatte und saubere Oberfläche, gute Anschmiegsamkeit des Trägermaterials sowie nichtgewellte Bänder sind einige der wichtigsten Voraussetzungen. Die Hersteller von Magnetbändern haben in den vergangenen Monaten manches harte Wort hören müssen, aber es ist anzuerkennen, dass man sich die größte Mühe gegeben hat, zu Recht erhobene Beanstandungen zu beheben und im übrigen aufklärend zu wirken, damit durch richtige Auswahl und Behandlung der Bänder Beanstandungen möglichst nicht mehr auftreten können.

Was die manchmal beanstandete Gleichmäßigkeit der magnetisierbaren Schicht betrifft, so dürfte ein wesentlicher Teil solcher Reklamationen mehr auf mechanische Ursachen als auf magnetische zurückzuführen sein ... Eng hiermit verbunden ist die Forderung nach höchster Sauberkeit. Ähnlich wie bei der Mikrorillen-Schallplatte, sind auch bei der Viertelspur-Magnettontechnik Staub und Schmutz die größten Feinde. Es genügt durchaus, versehentlich einmal einige Windungen von der Bandspule auf den Boden fallen zu lassen, um schon Störungen bekommen zu können. Hier möge mancher Tonbandamateur auch mit sich selbst zu Rate gehen und sich selbst die Frage beantworten, ob er hier immer alles getan hat, was zu tun nötig gewesen wäre. ... Aber es hilft alles nichts: Sauberkeit des Bandes muß bei der Viertelspurtechnik nun einmal groß geschrieben werden.²⁶⁰³

Roth beschreibt die komplexe Problemlage ausgewogen. Zudem skizziert sein präziser, ohne weiteres zu verallgemeinernder Katalog vorausschauend, welche Aufgaben Magnetspeicher-Geräte- und Bandhersteller in den kommenden drei Jahrzehnten zu bewältigen hatten, als zunächst die Compact-Cassette, dann die Videoaufzeichnung und EDV-Speichermedien Ansprüche stellten, deren Größenordnung 1960 bestenfalls vorauszuahnen war. Von Roths Kritik an den Bandherstellern konnte sich BASF proportional zu ihrem Marktanteil getroffen fühlen; seine Anerkennung hatte sie einer Reihe von rasch aufeinanderfolgenden Verbesserungen und technologischen Innovationen zu verdanken.

Doppelspielbänder BASF LGS 26 und PES 26

Eine bereits vorweggenommene Antwort auf die Ansprüche der Viertelspurtechnik gab das Doppelspielband, nach dem Langspielband eine logische Steigerung der Volumenausnutzung. Hier gehört BASF allerdings nicht zu den Vorreitern, denn die amerikanischen Firmen Audio Devices, Orradio und Soundcraft hatten schon vor 1958 vergleichbare Bänder auf den Markt gebracht, die aber als eher fragil galten und bedeutungslos blieben. Erst mit dem Typ 200 von 3M, einem 1957 vorgestellten Polyesterband mit 22 µm Gesamtdicke,²⁶⁰⁴ wandte sich das Interesse dem Doppelspielband zu. BASF geriet geradezu unter Druck, ein eigenes Produkt vorzustellen, als Agfa 1957 mit dem PVC-Doppelspiel-Magnettonband FSP extradiinn nachgezogen hatte²⁶⁰⁵ und Telefunken seinen Tonbandgeräten als Erstbestückung ein Doppelspielband DS beigab.²⁶⁰⁶ Doppelspielbänder waren mit durchschnittlich 26 µm Gesamtdicke etwa halb so dick wie Standardbänder (50 – 55 µm), auf eine gegebene Spule passte also die doppelte Bandlänge.

Das erste Doppelspielband der BASF, Magnetophonband LGS 26, ging im Juli 1958 in Produktion²⁶⁰⁷ und dürfte ab August 1958 im Handel gewesen sein.²⁶⁰⁸ Heinrich Jacqué war es – wie sich zeigen sollte, zum letzten Mal – gelungen, die Luvitherm-Eigenschaften durch stärkeres Recken so weit zu verbessern,²⁶⁰⁹ dass auch derartig dünne Bänder betriebssicher waren. Ein Paralleltyp, Magnetophonband PES 26 auf Polyesterfolie, folgte im Frühjahr 1959.²⁶¹⁰ Für die ersten Viertelspurgeräte hatte BASF also zwei schmiegsame Magnetbänder im Sortiment, die für den bandschonenden Antrieb der neuen Gerätegeneration ausgelegt waren. Das reißfeste PES 26 kam auch mit etwas robuster zugreifenden Antrieben zurecht; die BASF-Werbung betonte vor allem seine Widerstandsfähigkeit gegenüber hohen Betriebstemperaturen, mit denen auf röhrenbestückten Geräten in heißer Umgebung durchaus zu rechnen war. Doch auch bei Normaltemperatur gab es Probleme, wenn, wie bei einigen verbreiteten Geräten, der Löschkopf wärmer als etwa 50 °C wurde. Das schadete zwar dem *laufenden* Band nicht, führte aber zu merklichen Verdehnungen, wenn es bei einem auf „Aufnahme“ geschalteten Gerät längere Zeit mit der Schnellstopptaste angehalten blieb.²⁶¹¹

Ende 1959 musste sich BASF freilich eingestehen, dass die Viertelspurtechnik höhere Ansprüche als erwartet an das Band stellte: *„Es wird angestrebt, unsere Langspielbänder auf PVC-Basis und Doppelspielbänder auf Polyester-Basis auf Vierspur-Qualität zu bringen. Für die Vierspur-Technik erwies sich 1959 nur unser Doppelspielband LGS 26 (PVC-Basis) infolge spezieller Oberflächenbearbeitung als geeignet.“*²⁶¹²

„Spezielle Oberflächenbearbeitung“ wird hier ein zusätzlicher Produktionsschritt genannt, das Heiß-Satinierverfahren (meist „Kalandrieren“), in Pressemeldungen und Werbung als „Oberflächenvergütung“ bezeichnet und seither ein unverzichtbares Mittel, um die Magnetschicht zu verdichten (das heißt, in die gleiche Schichtdicke effektiv mehr Magnetpigment einzubringen, also den Volumenfüllfaktor zu vergrößern) und, fast noch wichtiger, um eine spiegelglatte Bandoberfläche zu erreichen. Ein erster, 1959 aufgestellter Kalandrierer war mit dem Satinieren des LGS 26 ausgelastet; als im Sommer 1960 ein zweiter Kalandrierer in Betrieb ging, erreichten auch PES 26 und LGS 35 „Vierspur-Qualität“.

Weitere Neuerungen und Verbesserungen kamen dem gesamten Sortiment zugute. Neue Richtmagnete orientierten das Pigment exakter als zuvor; der Dispersionszulauf zum Gießer wurde automatisch geregelt. Ein Beschichtungskontrollgerät ermittelte bestimmende Eigenschaften der Magnetschicht kurz nach dem Schichtauftrag, so dass die notwendigen Korrekturen unverzüglich und bereits bei kleinen Abweichungen vorgenommen werden konnten.²⁶¹³ Mit den Tonbändern aus der neuen Magnetophonbandfabrik konnte sich BASF zu den Spitzenproduzenten des Weltmarkts zählen.

1960 hatte sich bei den BASF-Endverbraucher-Magnetophonbändern eine nachgerade klassische Verteilung eingestellt: das Langspielband machte 51 % aus, auf das Doppelspielband entfielen 33 %, das Dreifachspielband war mit 16 % beteiligt.²⁶¹⁴

Dreifachspielband BASF PES 18

Der Gleichtakt, in dem BASF (PES 18) wie Agfa (PE 65 Triple Record) auf der Funkausstellung Berlin 1961 ein Magnetband mit nur 18 µm Gesamtdicke ankündigten und im Frühjahr 1962 praktisch gleichzeitig auf den Markt brachten, erscheint auf den ersten Blick verblüffend. Bei näherem Hinsehen erweist sich die Neuentwicklung als logische Reaktion auf eine Innovation, nämlich die batteriebetriebenen Geräte für „Tonjäger“ und andere Technikbegeisterte, die auch abseits vom Stromnetz Magnetbandaufnahmen machen wollten. Der traditionelle Neuheiten-Präsentationstermin, die Funkausstellung, tat ein Übriges. Der erste Anbieter war übrigens Pathé-Kodak gewesen; sein Dreifachspielband P-300 stammte aus einer kleinen, leistungsfähigen Magnetband-Fabrik des weltgrößten Photokonzerns in der Umgebung von Paris (Kodak war in Fachkreisen auch für ausgezeichnete Instrumentations- sowie Studiobänder nach Spezifikationen von Radio France bekannt).²⁶¹⁵

Bei BASF versuchte Heinrich Jacqué zwar, eine brauchbare 12 µm-Luvitherm-Folie beizusteuern, musste jedoch erkennen, dass damit die Grenzen seines Werkstoffs überschritten waren. Alle Dreifachspielbänder – und die bald folgenden Vier- und Sechsfachspielbänder – besaßen Polyester-Trägerfolien.²⁶¹⁶

Bei Batteriegeräten spielt natürlich auch die Lebensdauer der Energiezellen eine bedeutende Rolle, und so traf es sich günstig, dass der niedrige Bandzug, den Dreifachspielband einfordert und wegen seiner Schmiegsamkeit auch erlaubt, gleichzeitig Energie sparen hilft. Da aber die Trägerfolie erfahrungsgemäß zwei Drittel der Gesamtdicke beansprucht, blieben für die Magnetschicht nur 6 µm übrig (statt bisher 9 – 10 µm). Zwangs-

läufig musste also die (Tiefen-)Aussteuerbarkeit beim Dreifachspielband geringer sein als beim Lang- und Doppelspielband. Nach außen hin ließ mancher Hersteller dieses Handicap nach Möglichkeit unerwähnt. Erst Ende 1969 konnten aufmerksame Leser der BASF-Kundenzeitschrift „ton + band“ einer Tabelle entnehmen, dass die Aussteuerbarkeit der damaligen LH-Lang- und Doppelspielbänder bei +9 dB, die des LH-Dreifachspielbandes bei +5 dB lag.²⁶¹⁷ Wer diese Fakten nicht kannte und hoch aussteuerte, riskierte beim Dreifachspielband Verklirrungen bei Lautstärkespitzen.²⁶¹⁸

Magnettonband-Fortschritte von 1955 bis 1962

Indizien dafür, welche Fortschritte die Heimtonband-Technik zwischen 1955 und 1962 machte, können Fachkundige in den aufeinanderfolgenden Ausgaben des DIN-Normblatts 45 513 (Blatt 4) nachlesen. Im gleichen Maß, wie die Frequenz des Bezugsbandteils „Einstellung zur Spaltstellung“ von 6,3 kHz auf 10 kHz heraufgesetzt wurde, konnte der Übertragungsbereich erweitert werden. Die deutlichste Sprache spricht allerdings die von 200 µs (1955) auf 120 µs + 3180 µs²⁶¹⁹ verkleinerte Wiedergabe-Zeitkonstante (S. 365);²⁶²⁰ die Höhenaussteuerbarkeit der Bänder muss also in der Größenordnung von 4 dB (bei 10 kHz) verbessert worden sein. Wer aktuelle Tonbänder auf einem entsprechend eingemessenen Gerät betrieb, sah sich allein aufgrund dieser Anpassung mit 3,5 dB weniger Bandrauschen belohnt (infolge der schwächeren Höhenanhebung bei Wiedergabe). Freilich reichte das gerade aus, um den Übergang von Halb- auf Viertelspur zu kompensieren, doch immerhin: Band- und Geräteverbesserungen sorgten dafür, dass eine Viertelspuraufzeichnung von 1962 besser klang als eine Halbspuraufzeichnung von 1955 (jeweils bei 9,5 cm/s). Auf der Geräteseite brachten diese sieben Jahre insbesondere bessere Verstärkerschaltungen und Fortschritte in der Magnetkopftechnologie, dazu ausgereifte Bandtransport-Verfahren. Beweis: das DIN-Bezugsbandleerteil von 1955, BASF LGS Charge 22 138, war ein Standardband (Seite 366); 1962 übernahm das Doppelspielband BASF LGS 26 Charge 110 211 diese Aufgabe.²⁶²¹

Musik vom laufenden Band

Das Thema „Fertigung bespielter Magnetophonbänder“ als Marktkonkurrenz zur Schallplatte zieht sich praktisch von Anfang an durch die gesamte Magnetton-Entwicklung, was seinerzeit aber nicht zuletzt wegen des zunächst kleinen Gerätebestands kaum zu verwirklichen war. Erst, als die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft um 1941/1942 für ihren internen Gebrauch Magnetbandkopien in beachtlicher Menge brauchte, schien es aussichtsreich, auf dieser wirtschaftlichen Basis auch an eine kommerzielle Fertigung zu denken – wenn auch unter dem Vorbehalt, dass dies erst nach Kriegsende verwirklicht werden könne.²⁶²²

In den USA, wo nach 1948 Entwicklung wie Verbreitung von Tonbandgeräten geradezu explodierten, wurden spätestens ab 1950 bespielte Tonbänder angeboten, und zwar seit 1955 auch mit stereofonischen Aufnahmen (Bandgeschwindigkeit 19,05 cm/s). Die dafür zunächst angebotene Lösung war aber ersichtlich unausgereift: die Aufzeichnung auf zwei getrennten Magnetbandspuren besorgten zwei Halbspur-Köpfe auf der oberen und der unteren Bandbreiten-Hälfte, angeordnet im horizontalen Abstand von 1,25 Zoll (31,75 mm).²⁶²³ Man hatte sich damit neben der ohnehin kritischen Spur- und Azimut-Einstellung noch das Problem mit dem Kopfspalt-Abstand eingehandelt, was die (wie erwünscht phasengenaue) Stereo-Wiedergabe zu einer unsicheren Sache machte.

Im Herbst 1958 tauchten in deutschen Fachzeitschriften erstmals Hinweise auf die kommende Viertelspur-technik auf, allerdings erst, als die norwegische Firma Tandberg schon das vermutlich erste stereotüchtige Viertelspur-Tonbandgerät TB 5 auf den Markt gebracht hatte.²⁶²⁴ Und das war bekanntlich der Vorteil der Viertelspurtechnik: sie setzte zweikanalige Magnetköpfe zwingend voraus, und so stand das kritische Bauteil in beachtlichen Stückzahlen zu Verfügung.

1959 stellte Ampex eine neu entwickelte Kopieranlage vor, die Spulenbänder mit vierfacher (bezogen auf 19,05 cm/s) oder achtfacher (9,53 cm/s) Geschwindigkeit kopieren konnte, und zwar beide Stereo-Spurpaare in einem Durchlauf. Um akzeptable Preise für die Kopien verlangen zu können, hatte sich Ampex besonders auf Verbesserungen in Dynamik und Übertragungsbereich (Frequenzgang) bei der Bandgeschwindigkeit 9,53 cm/s konzentriert. Das Handicap bespielter Spulenbänder waren ja die im Vergleich zum Schallplatten-Material erheblichen Kosten für den Informationsträger (PVC-Pressmasse gegenüber Magnetband), mit denen höhere Anschaffungskosten für Stereo-Tonbandgeräte gegenüber Stereo-Schallplattenspielern korrespondierten.²⁶²⁵ So beachtlich die Absätze bespielter Spulenbänder auch waren, blieben sie nahezu verschwindend klein gegenüber den Verkaufsmengen, die mit bespielten Kassetten, in erster Linie Compact-Kassetten, ab etwa 1963 / 1965 erreicht wurden.

In Deutschland – das dürfte im Großen und Ganzen für Europa gelten – sind bespielte Bänder nie richtig populär geworden, was sich in wenigen knappen Notizen spiegelt, die beispielsweise die FUNKSCHAU erst ab 1960 brachte. Zu Jahresanfang teilte demnach Telefunken mit, man bereite „eine Serie bespielter Stereo-Tonbänder in Vierspurtechnik und 9,5 cm/sec Bandgeschwindigkeit“ vor, und zwar neben unterhaltender Musik auch Werke klassischer Komponisten. Allerdings: „Bezogen auf die Spielzeit ist das Vierspur-Stereo-Band rund doppelt so teuer wie die Langspielplatte.“²⁶²⁶ Eine weitere Kurzmeldung besagt, dass die Süddeutsche Warenhandels GmbH immerhin 24 Omegatape-Stereo-Tonbänder (Halbspur, 19,05 cm/s) der in Hollywood ansässigen Firma International Pacific Recording Corporation importiere. Kurz darauf folgt ein Bericht, nach dem das Telefunken-Werk Wedel für die Teldec-Schallplatten GmbH eine Kopieranlage in Viertelspur-Technik und vierfacher Kopiergeschwindigkeit (zwei Muttergeräte, mehrere „Töchter“) gebaut habe.²⁶²⁷

1961 zieht die Deutsche Grammophon GmbH etwas halbherzig mit vier Tonbandausgaben, „einkanalig mit 9,5 cm/sec in Zweispuraufnahme“, von vier Langspielplatten nach – und zwar um jeweils 10 DM teurer als die jeweilige Platte. Man warte auf die Normung von Kassetten und „eine beträchtliche Senkung der Leerbandpreise“.²⁶²⁸

In Europa konnten sich also bespielte 6,3 mm-Tonbänder allenfalls punktuell durchsetzen, was angesichts des Wildwuchses von Bandgeschwindigkeiten, Spulengrößen und Spurkonfigurationen, nicht zuletzt auch der deftigen Preise, niemanden wunderte. Verschiedene Anläufe in England ²⁶²⁹ und den USA zwischen etwa 1954 und 1970,²⁶³⁰ bespielte Bänder zu vermarkten, hatten zwar zeitweise beachtliche Erfolge gebracht – sie sollen 1970 rund 25 % des USA-Musikumsatzes ausgemacht haben ²⁶³¹ –, doch verlagerte sich dieser Markt bald auf kassettierte Bänder, nicht zuletzt wegen deren einfacher Handhabung.

Waren also bespielte Spulenbänder ihrer Zeit voraus – und zwar in dem Sinn, dass zwar grundsätzlich die technischen, jedoch noch nicht die wirtschaftlichen Bedingungen für durchschlagende Erfolge gegeben waren? Am Beispiel der USA erläutert eine knappe Zusammenfassung einige, auch landestypische, Gründe:

The owners of most copyrighted music were reluctant to make their programs available in the form of prerecorded tapes for use in the home, where they would compete directly with the copyright owners' bread-and-butter product, the phonograph record. Tape scored one early success in being the first to introduce stereo recording to the public; but this advantage vanished when stereo LP records were developed by Westrex and marketed by CBS and RCA in the late 1950s. Prerecorded open-reel tapes were also very expensive – \$12.50 for a 30-minute stereo program versus \$4 for an LP. Three other factors were against the use of tape as a player of prerecorded programs. First, tape players were more expensive than phonographs of comparable quality. Second, unlike a phonograph album, where the content on each side of the disk was rapidly accessible, tape players required the user to wait while the tape was fast-forwarded or rewound. Third, it was more difficult to thread a tape through the feed system and past the heads than to put a tone arm down on a phonograph disk.²⁶³²

... und, lässt sich hinzufügen, Spulentonbandgeräte waren weder in PKWs noch in LKWs zu benutzen.

Tonband im Büro: Diktiergeräte und Speichermedien

Diktieren und Abschreiben, also das Bearbeiten zur Verschriftlichung bestimmter Sprachaufzeichnungen, gehörten (von Poulsen und Stille einmal abgesehen) zum ureigentlichen Einsatzgebiet des Magnetbandes von seiner Premiere 1935 bis Mitte der 1990er Jahre, als die Textverarbeitung mittels PCs nach und nach jeden Schreib-tisch eroberte. Etwas zugespitzt könnte man sagen, dass das Magnetophon seine „Kinderjahre“ zwischen 1935 und 1938 hauptsächlich in Gestalt der Geräte T 1 bis FT 4 überlebt hat. Nach 1950 entstand für diesen Anwendungszweck ein vollkommen neuer Markt. Umfassend zu beschreiben, wie sich die Diktiergeräte aus Wachswalzen- und Magnetdraht-Geräten (Seite 360) allmählich zu spezialisierten Magnetton-Geräten entwickelten, ginge weit über die Grenzen dieser Darstellung hinaus. Neben Bauformen für das Standard-Tonband (6,3 mm breit) finden sich nämlich Geräte, die mit (meist gerillten) Magnetplatten arbeiteten (unter anderem mit warmverformten beziehungsweise stempelgeprägten, magnetbeschichteten PVC-Folien) neben ca. 10 cm breit geschnittenen, beidseitig perforierten Spezialbändern aus Studiobandfertigung. Solche Träger wurden damit beworben, das abgeschnittene Folienstück könne mit der Absender-Kopie eines Schreibens zusammen abgelegt werden.



Abbildung 401: Das Grundig-Diktiergerät „Stenorette S“ erreichte 100.000 Stück nach 21 Monaten Produktion (1954 – 1955). Das Magnetband – im Bild leider fehlend – stammte größtenteils aus Ludwigshafener Produktion. – Bedienelemente (von links nach rechts): Drehschalter für Diktat, Tonblende (bei Wiedergabe), Konferenz; Tasten für Rücklauf, Vorlauf, Aufnahme, Wiedergabe, Stop, Drehschalter „Ein/Aus“ und Wiedergabelautstärke.

Monaten Produktion schon das 100.000ste Gerät vom Montageband.²⁶³⁴ Dies allerdings nicht ohne Grundig-interne Probleme: die Stenorette-Konstruktion beruhte auf einer Entwicklung des Münchner Ingenieurs Jakob

Beinahe zum Synonym für „Diktiergerät“ geriet ab 1954 die Stenorette S der Grundig Radio-Werke, eine technisch und vor allem preislich (knapp DM 300.-) exakt auf den Anwendungszweck abgestimmte Konstruktion. Das kompakte 5 kg-Gerät hatte eine fest eingebaute Aufwickelspule, die mit konstanter Drehzahl umlief; ihr Kerndurchmesser war so gewählt, dass zu Beginn der etwa 25 Minuten Aufzeichnungsdauer die Bandgeschwindigkeit bei 4,7 cm/s, gegen Ende bei 5,7 cm/s lag. Dafür reichten 95 m Magnetband auf einer austauschbaren Vorratsspule mit 8,5 cm Durchmesser, die auch auf die Dreiflügel-Mitnehmer der Wickelteller anderer Tonbandgeräte passte (andere als die Spezialspulen passten dagegen nicht auf die Stenorette). Die Stenorette „praktizierte“ zwar Gleichstromlöschung, verwendete aber Hochfrequenzvormagnetisierung zur Tonaufzeichnung (Frequenz 20 kHz).

Dass trotz des simplen Antriebs gute Wortverständlichkeit geboten wurde (Musikaufzeichnungen verhinderten deutliche Tonhöhenchwankungen und die obere Grenzfrequenz 5 kHz),²⁶³³ erklärt den Erfolg der zuverlässigen Maschine: im Herbst 1956 lief nach 21

Gropp, was die Fürther erst anerkannten, als der sich mit den Anwälten des früheren Grundig-Konstrukteurs Kurt Bier (Seite 349) verbündete und schließlich eine angemessene Abfindung erstritt.²⁶³⁵ Im August 1957 folgte ein verbessertes Modell, Stenorette C,²⁶³⁶ mit einer Einloch-Kassette anstelle der Vorratsspule, 1959 die nur 2,6 kg schwere, batteriegespeiste und transistorisierte Stenorette B in einer neuen Bauweise; auch die Büroversion war seitdem halbleiterbestückt.²⁶³⁷

1969 hatte die Stenorette die Millionengrenze überschritten, und die Nachfrage rechtfertigte eine weitere Produktionsausweitung um 20 %.²⁶³⁸ Ein umfangreiches Zubehörprogramm – das als Behelfslautsprecher nutzbare Mikrofon, Kleinhörer, Telefonadapter, Hand- und Fußschalter – erweiterte den Anwendungsbereich deutlich; beim Diktate-Abschreiben besonders sinnvoll war die Kurzurücklauf-Funktion mit einstellbarer Rücklaufzeit.²⁶³⁹ – Auch BASF konnte mit diesem Gerät zufrieden sein, kaufte doch Grundig den größten Teil des Stenorette-Magnetbands in Ludwigshafen zu.²⁶⁴⁰

Der Diktiergerätemarkt war insgesamt mit seiner Vielfalt unterschiedlicher Bauformen, nahezu ausnahmslos auf Basis magnetischer Speicherung, um einiges „bunter“ als die technisch eher gleichförmigen Heimton- und Studiogeräte. Dabei geht es keineswegs nur um Marktnischen: 1959 schätzten Verkaufsfachleute von BASF, dass allein in der Bundesrepublik Deutschland etwa 300.000 Diktiergeräte in Betrieb seien.

Drahtiges: Magnetdraht konkurriert mit Magnetband

Es wäre anzunehmen gewesen, dass die USA in den Jahren nach 1930 gewissermaßen das Erbe von Poulsen und Stille antreten, also die Entwicklung der Drahttontechnik vom Telegraphon zum Textophon aufgreifen und weiterführen würden. In der Tat haben amerikanische Wissenschaftler mit durchaus beachtlichen Erfolgen das Thema weiterverfolgt, aber aus Gründen, die zumindest im Nachhinein unverständlich sind, mündeten diese Ergebnisse doch nicht in marktgängigen Geräten. Die in Sachen Fernsprechverkehr renommierten amerikanischen Bell Laboratories fürchteten nämlich, falls auf Draht fixierte Telefongespräche als „handfeste“ Beweise für Absprachen und dergleichen vorlägen, träte anstelle des gesprochenen wieder das geschriebene Wort, das heißt, der Briefverkehr würde gewinnen, das Telefongeschäft verlieren (Post und Telefon besorgen in den USA bekanntlich getrennte Unternehmen). Wie dem auch sei: durchaus funktionsfähige Drahttongeräte arbeiteten zwar intern bei den Telefongesellschaften, erreichten aber nicht den Markt.²⁶⁴¹

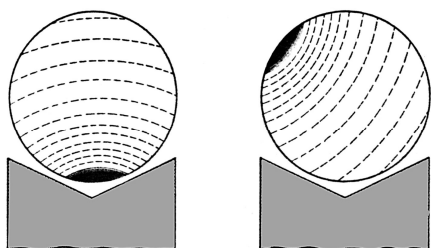


Abbildung 402: Das wesentliche Handicap des Stahl Drahts als Tonträger: Bei Aufnahme (LINKS) und Wiedergabe (RECHTS) kann aufgrund der Torsionsneigung des Drahtes die identische Lage des Tonträgers zum Magnetkopf (grau) nicht garantiert werden; das führt zu – gelegentlich periodischen – Höhenverlusten.

Wie die amerikanische Industrie diesen Rückstand ausglich und im Lauf des Zweiten Weltkriegs rasch funktionstüchtige Drahtgeräte in großer Stückzahl produzieren konnte, wäre eine eigene Untersuchung wert. Beispielsweise konnte Marvin Camras bei Armour Research Foundation Anfang der 1940er Jahre als „Model 50“ ein Drahtgerät mit Wechselstrom-Löschung und -Vormagnetisierung vorstellen, das immerhin, je nach Drahtgeschwindigkeit von 1,50 m/s oder 75 cm/s, eine halbe oder eine volle Stunde Spielzeit bot; der Drahtdurchmesser betrug 0,1 mm. Nach Armour-Lizenzen wurden auch in England Drahtrecorder gebaut, so von der Wirek Electronics Ltd die „Type A“, ein professionelles, auch bei BBC eingesetztes Modell, und „Type B“, ein Konsumentengerät.²⁶⁴²

Die Brush Development Company mit ihrem Chefsingenieur Semi J. Begun baute für die amerikanische Marine eine Art Mustergerät, Typ KS12016, als Vorlage für andere Hersteller mit entsprechenden Lieferkontrakten. Das wohl etwas robust gehaltene Gerät benutzte

0,15 mm dicken Draht, der mit 1,5 m/s oder 2,26 m/s lief; die Drahtspulen waren in einem geschlossenen Gehäuse untergebracht.

Nach Ende des Zweiten Weltkriegs – die amerikanische Industrie brauchte neue Aufträge, als die Heereslieferungen abgeschlossen waren – scheinen die USA zum Eldorado der Drahttongeräte aufgestiegen zu sein. Einerseits boten Versandhäuser den Konsumenten regelrechte Draht-Phono-Radio-Kombinationen an; am anderen Ende stand das Stahldraht-„Model SD-1“ der Firma Magne recorder, es bot zwar nur 30 Minuten Spielzeit, dafür aber Rundfunkqualität mit einem Frequenzgang von 35 Hz bis 15.000 Hz ± 5 dB, und das bei einer Geschwindigkeit des 0,1 mm-Drahts von 1,20 m/s. Ausgesprochene „Langzeitrecorder“ brachten es auf Spielzeiten bis zu 3 Stunden, sie benutzten 0,16 mm-Draht, der mit nur 60 cm/s lief.

Ipsophon: Erster vollautomatischer Telefon-Anrufbeantworter

Der Weg zum Telefon-Anrufbeantworter war erstaunlich lang. Der „Antwortgeber“ musste ja ein Gerät sein, das eine vorab gesprochene Antwort sowohl aufzeichnen als auch wiedergeben konnte und nach deren Ende die eigentliche Aufzeichnungs-Komponente aktivierte – das erforderte mehr oder weniger den doppelten technischen Aufwand eines Dailygraphs oder Textophons.

Nur antworten, aber nicht aufzeichnen sollte eine „Vorrichtung zu Aufzeichnung telephonisch übermittelter Gespräche, bei welcher infolge des Anrufes in Abwesenheit des Teilnehmers ein Antwortgeber in Tätigkeit tritt“ – so der Titel des 1913 für Franz Seelau und Alexander Morris Newman erteilten Patents DE 281 592.

Alle Dailygraphs und Textophone konnten Telefonanrufe zwar entgegennehmen und aufzeichnen, sich jedoch nicht mit einer Ansage melden – waren also keine Anruf-Be-Antwörter. Seltsamerweise scheute C. Lorenz den Aufwand für Entwicklung und Produktion einer solchen Geräts, und so blieb dieses Feld einem versierten deutschen Außenseiter namens Willy Müller überlassen. Seine Erfindung, zunächst *Telephonograph* genannt, sicherte er mit drei Patenten ab (DE 713 989, 12.01.1939; DE 719 504, 13.02.1942 und DE 725 127 vom 30. Juli 1942). Dem Prototyp seines Geräts hatte das Reichspostzentralamt 1942 den Anschluss ans Telefonnetz bewilligt, ihm also die technische Reife bestätigt. Angesichts der Zeitumstände hielt es Müller für angebracht, das Gerät bei der Eidgenössischen Telefondirektion in Bern vorzustellen. Das gefiel dem Reichspostministerium überhaupt nicht – erst mit diplomatischer und finanzieller Unterstützung von Emil Bührle, Chef der Schweizer Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon (vor allem als Waffen- und Munitions-Fabrikant und -Lieferant bekannt) startete die Serienproduktion des Geräts.²⁶⁴³

Jedenfalls: das Ipsophon – der „Selbstsprecher“ – wurde bei Oerlikon gebaut und galt fortan als „*geniale Schweizer Erfindung*“, nämlich als erster vollautomatischer Telefonbeantworter. Was Größe und Gewicht angeht, gehörte es zur gleichen Liga wie das Textophon: fast einen Meter hoch und 164 kg schwer. Das Ipsophon-Innenleben ist durchaus beeindruckend: drei große Spulenpaare für 50, 250 und 1000 m Stahldraht, genannt „Aufnahmewerke“, eines für die Ansage und zwei für die ankommenden Mitteilungen. Preisangaben waren nicht zu ermitteln; etwa 700 Geräte sollen gebaut worden sein.²⁶⁴⁴

Mit seinen ausgefeilten Bedienungs- und Sicherungsmaßnahmen (gegen unbefugtes Abhören²⁶⁴⁵) war das Ipsophon ab etwa 1946 in ausgesprochener Exporterfolg, dem die monatliche Schweizer Produktion mit 30 Geräten kaum nachkam. In den USA scheint eine zweite Fertigungslinie geplant gewesen zu sein.²⁶⁴⁶ Semi J. Begun berichtet in seinen Memoiren, er habe von einer „*Swiss weapons firm*“ ein Angebot erhalten, ein Telefon-Aufzeichnungssystem produktionsreif zu machen und das Marketing zu übernehmen.²⁶⁴⁷ Möglicherweise war das eine Spätfolge seiner Reisetätigkeit für das Dailygraph. In seinem Buch „*Magnetic Recording*“ beschreibt er jedenfalls das Ipsophon sachkundig und detailliert.²⁶⁴⁸

Drahttechnik: Höhepunkt und Ausklang

In (West-)Deutschland war es vor allem die Firma Schaub-Lorenz, die das Textophon-Erbe weiterführen wollte, also Drahtongeräte anbot und dafür einen Stahldraht mit unrundem Profil vorschlug.²⁶⁴⁹ Mehr Stillesches Erbe – vielleicht sogar ein aktueller Beitrag des großen alten Herrn – fand sich in dem „RFT-Drahtdiktiergerät“ des Ost-Berliner VEB Funkwerk Köpenick (der ehemaligen GEMA; Stille war dort um 1950/1951 freier Mitarbeiter²⁶⁵⁰). In diesem Gerät fand sich eine, soweit bekannt, einmalige Hilfseinrichtung zum Diktate-Abschreiben: eine Auswerte-Elektronik stellte fest, wann im gesprochenen Text eine (einstellbar) längere Pause eintrat und stoppte dort den Draht. War die Übertragung in die Schreibmaschine nachgeführt, startete ein Tastendruck die weitere Wiedergabe.²⁶⁵¹

Als Diktiergerät oder Speicher für Sprachnotizen konnten sich Drahtongeräte, wenn auch in vergleichsweise kleinen Stückzahlen, erstaunlich lange halten. Eine letzte oder womöglich Spitzen-Leistung auf diesem Gebiet ist in Deutschland erzielt worden. 1951 hatten die Ingenieure Willi Draheim und Ernst Genning sowie der Kaufmann Nikolaus Monske, alle im Raum Hannover beheimatet, ein mit den Abmessungen 17 x 11 x 3,5 cm in der Tat nur winzig zu nennendes, batteriebetriebenes „Kleinst-Tonaufnahme- und Wiedergabegerät“ entwickelt.²⁶⁵² Dieses Minifon arbeitete mit 0,05 mm dünnem Draht bei 30 cm/s und erreichte damit Spielzeiten bis 2,5 Stunden. Wie die als Zubehör angebotenen Mikrofone in Form einer Uhr oder eine „unter der Krawatte“ zu tragende Version signalisieren, diente das Gerät öfters Zwecken, die gemeinhin als unfein gelten; dafür reichte der Frequenzumfang von 200 Hz – 4 kHz jedenfalls voll aus.

Weiterentwicklungen dieses Anfangserfolgs baute die seit 1953 „Protona GmbH“ genannte Firma bis 1967 (seit 1962 gehörte sie zur AEG-Telefunken GmbH). Dazu gehörte das multifunktionale Zubehöriteil Minifon rc, das neben dem Tonaufzeichnungs-Teil einen Transistor-Empfänger mit Ferrit-Antenne für den Mittelwellenbereich beherbergte, so dass aktuelle Sendungen – beispielsweise Börsenberichte – unmittelbar festgehalten werden konnten. Telefongespräche ließen sich mittels einer Induktionsspule aufzeichnen. – Lieferant des Tondrahts war die Firma Stahlwerk Kabel, C. Pouplier jr. GmbH, Hagen-Kabel, die um 1963 täglich „2 kg Tondraht 0,05 mm“ zu liefern hatte – das entspricht überschlägig einer Länge von 130.000 Metern.²⁶⁵³

Damit hatte sich, was die Aufzeichnungs-Qualität angeht, das Potential des Magnetdrahts offensichtlich erschöpft. Das Minifon-hifi, wie Minifon rc 1960 vorgestellt, war als Tonband-Gerät mit durchaus innovativen Ideen konzipiert. Näheres dazu wie zur weiteren, desolaten Geschichte der Protona siehe Seite 495.²⁶⁵⁴

Technologie des Magnetdrahts

Wer nun allerdings meint, Ton-Draht sei nur ein simples, anspruchsloses Produkt, irrt durchaus. 1953, als sich das Magnetband anschickte, die Drahtgeräte abzulösen, fasste Carl August Duckwitz auf zwei Druckseiten von bemerkenswerter Informationsdichte alle Parameter zusammen, die damalige Tondrähte auszeichnen: nämlich Legierung (ca. 18 % Chrom, 8 % Nickel, damit rostfrei), Kaltverformungsgrad, Ziehgeschwindigkeit des Drahts, thermische Nachbehandlung und die Auswirkungen dieser Fertigungsschritte auf Zugfestigkeit, Koerzitivfeldstärke und Remanenz des Drahts: „*Er besteht ... aus einem Mischkristall-Gefüge, dessen beide Bestandteile etwa der Trägerfolie des Tonbandes und der magnetisierbaren Schicht entsprechen.*“²⁶⁵⁵

Vorteile des Stahldrahts gegenüber dem Tonband waren in erster Linie geringes Volumen und Gewicht sowie die vergleichsweise enorme Temperaturbeständigkeit, weshalb spezielle Stahldrahtgeräte häufig in starker Hitze arbeiteten, wo ein Tonband auf Kunststoffolie zerschmolzen wäre. Der Gewichts-Faktor sah so aus: bei der Drahtgeschwindigkeit 62 cm/s, die einen Frequenzbereich bis 15 kHz erlaubte, und einer praktisch noch vertretbaren Dicke von 40 μm – der Dicke eines Langspielbandes – wogen die benötigten 4.800 m Draht knapp 50 g bei einem Volumen von 6 cm^3 (die Normalspule mit 3 Zoll = 75 mm Durchmesser fasste 12.000 Meter!). Was die Stahlindustrie noch in petto hatte, erwähnt Duckwitz abschließend: „Darüber hinaus können mit Hilfe der modernen Kaltwalztechnik Tonbänder mit 18 % Cr und 8 % Ni hergestellt werden, die abmessungsmäßig den bekannten Magnettonbändern angeglichen werden, ja diese in der Stärke noch unterschreiten können. Die Zukunft wird lehren, welche Richtung die Entwicklung hier nehmen wird“ – bekanntlich eine andere, aber gewalzte Reineisenfolien, vielleicht auf einen Kunststoffträger kaschiert, wären eine interessante Sache gewesen: 1953 erreichten gute Drähte Koerzitivfeldstärken von 340 Oe = 27 kA/m und Remanenzen von 1.700 Gauss = 170 mT.

Warum also hat sich Draht nicht durchsetzen können? Zwei Gründe sind dafür hauptsächlich verantwortlich. Weil elastische Drähte zum Verdrillen neigen, kann bei kreisrundem Querschnitt nicht garantiert werden, dass die gleiche Oberflächenbahn bei Aufnahme wie bei Wiedergabe am Magnetkopf anliegt, also Amplitudenschwankungen bei kürzeren Wellenlängen zu erwarten sind. Zweitens lassen sich Draht-Aufnahmen praktisch nicht schneiden oder montieren; der Bruch oder Riss eines Stahldrahts war nur mit einem besonderen „Kreuz-Knoten“ zu reparieren (selbst darauf gab es ein Patent, DE 937 097, von einem Mitarbeiter der Stahlwerke Ergste²⁶⁵⁶). Fast unnötig zu sagen, dass mit Stahldraht keine stereofonen oder überhaupt mehrkanalige Aufzeichnungen möglich sind.

So lange Draht-Diktiergeräte noch ernsthafte Konkurrenten der Tonbandgeräte waren, wollten an diesem Markt auch BASF Ludwigshafen und Agfa Leverkusen mit ihren Mitteln teilhaben. Heinz Lübeck (jetzt bei NCR, Augsburg) hatte Ende 1948 gezeigt,²⁶⁵⁷ dass auch drahtförmige Magnetträger und Ringköpfe zusammenarbeiten konnten. Das war möglicherweise der Anstoß für Versuche, Polyamidfäden – ihre Produktion war in Ludwigshafen 1947 neu aufgenommen worden²⁶⁵⁸ – mit Magnetpigment zu beschichten.²⁶⁵⁹ Was die Leverkusener mit ihren DD-Lacken Ende März 1949 vorführten,²⁶⁶⁰ konterte Ludwigshafen ein halbes Jahr später mit der oberflächlichen Anlösung eines Polyamidfadens,²⁶⁶¹ auf dem die Magnetschicht mit ihren „sehr günstige[n] elektromagnetische[n] Eigenschaften“ fest haften sollte. Die Magnetophonbandfabrik Ludwigshafen scheint diese Entwicklung ernsthaft betrieben zu haben, insbesondere, als Stahldrahtgeräte mit einfach auswechselbarem Kopf auftauchten.²⁶⁶² Die Sache dürfte aber daran gescheitert sein, dass Polyamidfäden – eher wegen der notwendigen Oberfläche als ihrer Reißfestigkeit wegen – um den Faktor 2 – 3 dicker sein mussten als die gängigen Stahldrähte (also 0,2 – 0,3 mm gegenüber ca. 0,1 mm).²⁶⁶³ Diese Fortsetzung ihres Triumphzugs, angefangen bei Angelschnüren bis hin zu Damenstrümpfen, blieb der Polyamid-Wunderfaser Perlon versagt.²⁶⁶⁴

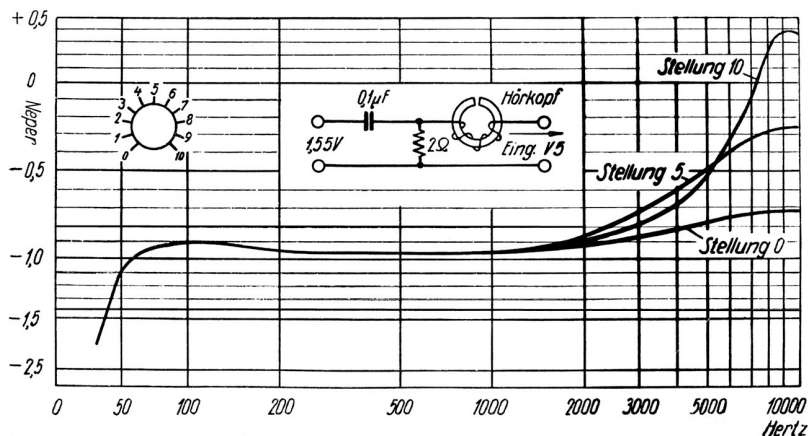
Träger der Normung: Referenzbänder

In der analogen Magnetband-Tontechnik gehört der Begriff „Entzerrung“ sozusagen zum täglichen Brot; dahinter verbergen sich komplexe Zusammenhänge, die hier nur in Umrissen beschrieben werden können. Wichtigster Aspekt der Entzerrung ist, dass sowohl bei Aufnahme wie bei Wiedergabe Frequenzgangkorrekturen – überwiegend Höhenanhebungen – erforderlich sind. In welcher Größenordnung sie notwendig sind, ergibt sich unter anderem aus Kompromissen hinsichtlich der Dynamik, also der tolerablen Verzerrungen bei Lautstärkespitzen einerseits, dem (magnetbandbedingten) Störrauschen andererseits sowie der Forderung nach einem geradlinigen Frequenzgang. Es leuchtet wohl ohne weiteres ein, dass diese Frequenzgangkorrekturen nicht nach Belieben, sondern nach bindenden Absprachen vorzunehmen sind, wenn Magnetbandaufnahmen nicht nur auf ein- und demselben Gerät, sondern beispielsweise in einem anderen Land wiedergegeben werden sollen. Gefordert sind daher Standards beziehungsweise Normen.

Abbildung 403: Frequenzgänge des Magnetophon-Wiedergabeverstärkers V 5 bei verschiedenen Positionen des Höhenanhebungs-Stellers, praktisch die Entzerrungs-Standardisierung der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft²⁶⁶⁵ und der deutschen Rundfunkanstalten bis etwa 1948.

Bemerkenswert ist, dass die Kurve „Stellung 10“ am besten einer Entzerrungs-Zeitkonstante $\tau = 56 \mu\text{s}$, „Stellung 5“ von $\tau = 36 \mu\text{s}$ und „Stellung 0“ von $\tau = 16,5 \mu\text{s}$ entspricht.

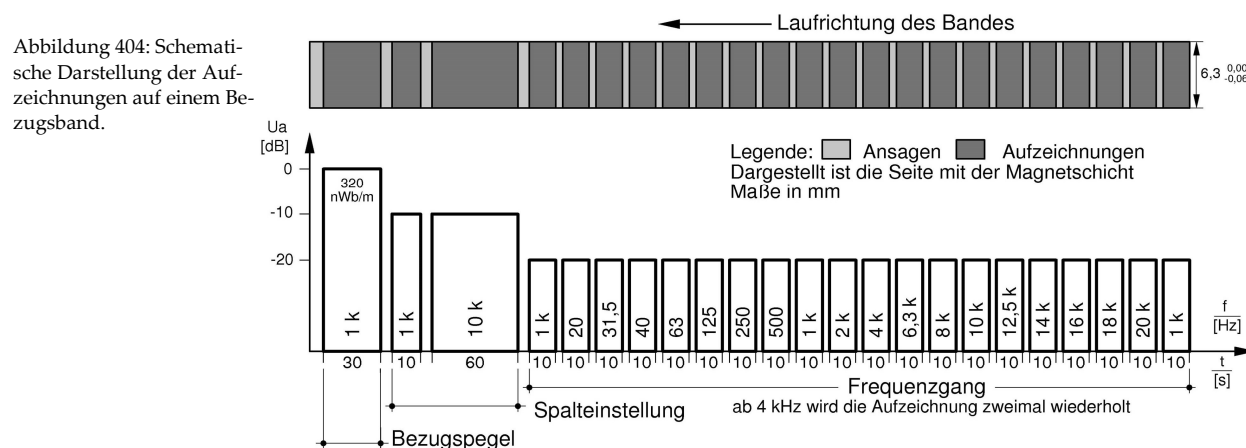
Bitte beachten: die Ordinate (senkrechte Achse) ist nichtlinear in Neper geteilt (1 Neper 8,686 dB); zur Zeitkonstante siehe Seite 365.



Es war nur eine Frage der Zeit, bis die Zentralleitung Technik der RRG 1943 erkannte: „Der in grösserem Umfang einsetzende Programmaustausch mit dem H.F. Magnetophon gebietet eine Ausrichtung der Frequenzkurven der einzelnen Geräte nach einheitlichen Vorschriften.“²⁶⁶⁶ Reproduzierbare Qualität soll danach mittels definierter Einstellung der Höhenanhebungen in den Aufnahme- und Wiedergabe-Verstärkern sowie festgeschriebener Sollwerte für NF- und HF-Ströme im Aufnahmekopf gesichert werden. Das sieht zunächst nach einem Verstoß gegen eine Grundregel jeder Normung aus, die ja immer damit ansetzt, den Austauschgegenstand verbindlich zu beschreiben – nicht das Schraubloch, sondern die Schraube wird genormt. Sinngemäß müsste in der Magnetbandtechnik die Normung von der *Aufzeichnung auf dem Magnetband* ausgehen. Warum die RRG statt dessen auf vergleichsweise leichter zu messende und einzustellende Größen setzte, lässt sich nur aus ihrer Betriebserfahrung erklären: unzulängliche Pegelstabilität und noch viel zu große Toleranzen (von den Unterschieden zwischen Schicht- und Massebändern zu schweigen) der damaligen Magnetbänder erlaubten es einfach nicht, sie einer Normung zugrunde zu legen.

1948 hatte sich die Situation so weit gebessert, dass die Zentraltechnik des NWDR Hamburg den deutschen Rundfunkanstalten ein „Normalfrequenzband“ anbieten konnte; laut der Braunbuch-Betriebsanweisung ein „Messband ..., das definierte Aufzeichnungen der Frequenzen 30, 40, 60, 120 – 8, 10, 12 und 15 kHz mit 20 % Aussteuerung und 1 kHz 100 % Aussteuerung trägt.“²⁶⁶⁷ 1950 kreierte Agfa Leverkusen das „Normal- und Testband 1950“ mit der Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s,²⁶⁶⁸ dessen Frequenzgangteil ebenfalls Aufzeichnungen zwischen 30 Hz und 15 kHz trug, und zwar ohne genormte Entzerrung. Für den Aufnahmezweig galt noch immer, dass mit diversen Hilfsmitteln die durch den Aufnahmekopf fließenden Ströme gemessen und eingestellt wurden, wobei auch der Frequenzgang des Aufnahmeverstärkers vorgeschrieben war.²⁶⁶⁹

Als um 1950 der internationale Programmaustausch zwischen Rundfunkanstalten, bald auch die studioübergreifende Aufnahme-Bearbeitung, mehr und mehr Gewicht bekamen und sich abzeichnete, dass der technische wie wirtschaftliche Erfolg ganzer Magnetton-Geräte- und Magnetspeicher-Gruppen von einer strikten Vereinheitlichung abhängen werde, konnten und mussten Hersteller wie Anwender zu bewährten Normungs-Prinzipien greifen, sobald stabile technische und wissenschaftliche Grundlagen geschaffen waren.



Es galt nun, zunächst die Aufgabe zu definieren – also die Anforderungen von Musik, Sprache und die Hörer-Erwartungen in technisch handhabbare Begriffe zu fassen –, dann die technischen Gegebenheiten zu klären – inwieweit nämlich das Magnetband diese Aufgaben erfüllen kann –, und schließlich sinnvolle (technisch wie akustisch einwandfreie wie praktikable) Messverfahren zu finden und alles in einem Normwerk zusammenzufassen. In Deutschland war die folgende Neuorientierung vor allem das Ergebnis enger und produktiver Zusammenarbeit zwischen

- den Geräteherstellern AEG-Magnetophon-Gerätebau Hamburg, Vollmer GmbH, Esslingen, Maihak, Hamburg sowie Max Ihle, Marktschorgast (Reportagegeräte),
- den Rundfunkanstalten,
 - das heißt: die Koordination der technischen Entwicklung (sozusagen die Westzonen-Erben der „Zentralleitung Technik“ der RRG) übernahmen
 - in der amerikanischen Zone die Rundfunktechnische Zentralstelle Bad Homburg (RTZ), seit 1949 Rundfunktechnisches Institut Nürnberg (RTI),
 - in der britischen Zone die Zentralentwicklung Technik des NWDR (seinerzeit zugleich die finanzstärkste Rundfunkanstalt),
 - in der französischen Zone die Technische Direktion des Südwestfunks Baden-Baden;
 - alle derartigen Aufgaben wurden am 1. Januar 1957 dem „Institut für Rundfunktechnik GmbH“ (IRT), München und Hamburg, übertragen – seit 1976 ist München Sitz des IRT,²⁶⁷⁰
- den Magnetbandherstellern in den deutschen Westzonen (Agfa Leverkusen, BASF, Anorgana Gendorf),
- sowie, meist projektbezogen, den Messdienst-Abteilungen der Rundfunkanstalten, die auch Entwicklungen

im kleinen Rahmen durchführten (in Abstimmung mit RTI), sowie

- der Europäischen Rundfunk Union (Union Européenne de Radiodiffusion (UER) / EBU, European Broadcasting Union, gegründet 1950), über die die Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen den europäischen Rundfunkanstalten und somit auch den Mitbewerbern in Band- und Geräte-Produktion lief.

Gerade das Engagement der EBU verdeutlicht, wie rasch sich die Magnetbandtechnik in Europa verbreitet und ebenso schnell sich ein internationaler Programmaustausch etabliert hatte, der ohne Standards kaum vorstellbar gewesen wäre, und dementsprechend dieser internationalen Zusammenarbeit das Ziel vorgab. In einer Serie von Konferenzen zwischen 1950 und 1952 diskutierten leitende Techniker der EBU-Anstalten, wie insbesondere die Entzerrungsfrage praktisch zu lösen sei; eine in den Grundzügen lange Jahre gültige, verbindliche Absprache kam 1952 zustande.²⁶⁷¹

Die bei EBU ausgearbeiteten Richtlinien setzte der Deutsche Normenausschuss zum großen Teil in DIN-Normen um.²⁶⁷² Die oft zu wenig gewürdigte Normungsarbeit hat erheblich zum Markterfolg ganzer Geräte- und Magnetspeicher-Gruppen beigetragen; das gilt, mehr noch als im Rundfunk und Studio, für die Heimtonbandgeräte, und zwar sowohl für Spulengeräte wie für Compact-Cassetten-Recorder.

Normierenden Charakter im Sinne von Spezifikationen und verbindlichen Lieferbedingungen hatten auch die „Pflichtenhefte“, die die Rundfunkanstalten der ARD zusammen mit den Herstellern ausarbeiteten, rundfunk-intern galt das auch für die Beschreibungen in den sogenannten „Braunbüchern“.

Zugleich geben die Normen auch verbindliche Regeln vor, wie die technischen Daten von Magnetbändern zu ermitteln und anzugeben sind, z.B. in Datenblättern. Während in anderen technischen Bereichen die Kenngrößen fast durchweg anhand der „absoluten“ Einheiten (SI-Einheiten) messbar sind, erwies sich bei der magnetischen Schallaufzeichnung diese „Absolutmessung“ als ungeeignet. So wurden „Referenzmaterialien“ – eben die Bezugsbänder, vor allem ihr Leerbandteil – geschaffen, auf die die Eigenschaften der Prüflinge „bezogen“, also „relativ“ angegeben werden.²⁶⁷³ Denn selbst im Labor sind mit immensem Aufwand physikalisch exakte Größenbestimmungen nur in günstigen Einzelfällen in problemlosen Bereichen (hoch ausgesteuerte Aufzeichnungen relativ großer Wellenlänge) möglich, bei kurzen Wellenlängen sind sie ohnehin aussichtslos. So gesehen, ist das Bezugsband auch die Konsequenz aus dem Umstand, dass unter Betriebsbedingungen der magnetische Bandfluss einer Magnetbandaufzeichnung nicht gemessen werden kann, ganz zu schweigen von der Magnetisierung im Innern des Magnetbandes.

Tabelle 7: Aufgabe und Anwendung von Bezugs- und Referenzleerband (praxisgerechte Reihenfolge)

	Messmittel
Wiedergabekanal:	Bezugsband:
Ermitteln der korrekten Spaltstellung des Wiedergabekopfs, der elementaren Voraussetzung zur optimalen Höhenwiedergabe anderswo bespielter Bänder, das heißt, des Bandaustauschs	Teil zur Spalteinstellung
Einstellen des Frequenzgangs des Wiedergabeverstärkers auf möglichst gleichmäßige Wiedergabe aller Tonhöhenbereiche, sogenannter „geradliniger Frequenzgang“	Bezugsband: Frequenzgangteil
Einstellen der Ausgangsspannung des Wiedergabeverstärkers, die zumindest bei professionellen Magnetbandgeräten, die mit Aussteuerungsmessgeräten, Mischpulten, Verstärkern und sonstigen Tonstudiogeräten zusammenarbeiten, einen genau definierten Wert einhalten muss	Bezugsband: Bezugspegelteil
Aufnahmekanal:	Referenzleerband
Hochfrequenzvormagnetisierungs-Generator: Einstellen des Arbeitspunkts; Aufnahmeverstärker: Einstellen der notwendigen Höhenanhebung („Aufnahmeentzerrung“) auf geradlinigen Frequenzgang bei Wiedergabe (das heißt, der Aufnahmeverstärker muss so eingestellt sein, dass er Magnetbandaufzeichnungen liefert, die, mit einem richtig „entzerrtem“ Wiedergabeverstärker abgespielt, geradlinigen Frequenzgang aufweisen).	

Bezugsband und Referenzleerband

Wenn sich in einer Produktgruppe alle wesentlichen Erkenntnisse aus der Forschungs- und Entwicklungsarbeit am Magnetband verkörpern, dann in den Bezugs- und Referenzleerbändern (in der Filmtontechnik in ihren Pendants Bezugsfilm und Bezugsfilmleerteil); schließlich bilden sie im Sinn der Normung als allgemeingültiger Fall eines bespielten Magnetbands den Austauschgegenstand. Ihren theoretischen Hintergrund detailliert erläutern zu wollen, liefe daher nahezu auf die Gesamtdarstellung der Magnetbandtechnik hinaus. Letzten Endes sind sie unverzichtbare Messmittel, um einen Großteil aller Tonbandgeräte-Funktionen einzustellen und prüfen zu können.

Bezugs- und Referenzleerbänder dienten, wie gesagt, dem übergeordneten Zweck, die Austauschbarkeit von Magnetbandaufnahmen zu sichern. Im professionellen Bereich ging es um den Programmaustausch, beispielsweise zwischen Rundfunkanstalten untereinander oder mit Schallplattengesellschaften. Im Sektor Endverbrauchergeräte galt es sicherzustellen, dass Bänder verschiedener Hersteller auf Geräten wieder anderer Hersteller

Wichtigste Kenngröße der Entzerrungsvereinbarungen ist die in Mikrosekunden, μs , angegebene „Zeitkonstante“, sie charakterisiert die bei der Magnetbandwiedergabe notwendigen Frequenzgangkorrekturen. Je größer der Zahlenwert der Zeitkonstante, desto stärker die erforderliche Höhenanhebung. Gebräuchliche Zahlenwerte siehe in der Tabelle 37 auf Seite 651.

Der Nutzen für die Anwenderpraxis leuchtet unmittelbar ein; als bedeutsamer Nebeneffekt ergab sich eine bedeutend stabilere Basis für die Reklamationsbearbeitung bei den Magnetband-Herstellern. Ebenso eindeutig umrissen Bezugsband, Pflichtenheft und Normblatt den Spielraum für die Weiterentwicklung des Magnetbandes. Technische Fortschritte machten von Zeit zu Zeit die Neuformulierung eines der Standardisierungsmittel erforderlich, worüber die zuständigen Normen-Gremien berieten und, mit welchen Kompromissen oder Interessenwahrungen auch immer, Entscheidungen über Norm-Anpassungen trafen.



Selbststredend blieben die Normungen nicht auf den Rundfunk- und Studiobereich, also den professionellen Sektor, begrenzt, sondern sie deckten auch die kommenden Anwendungen ab. Während aber im professionellen Bereich die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s faktisch Norm war und hier die Bandkosten im Produktionsbudget gewöhnlich keine Rolle spielten, war die Situation beim Tonband-Amateur (marketingsprachlich „Endverbraucher“ genannt) gerade umgekehrt: die relativ hohen Anschaffungskosten des Tonbandgeräts wollten mit immer sparsamerem Bandverbrauch kompensiert sein, was einen Wettlauf zu niedrigeren Bandgeschwindigkeiten und schmalere Spuren auslöste. Niedrigere Bandgeschwindigkeiten hatten, verkürzt gesagt, neue Leerbandteile und entsprechend neudefinierte Bezugsbänder zur Folge. Neue, verbesserte Bänder erlaubten ihrerseits, hatten sie erst einen entsprechenden Marktanteil erreicht, wieder neue Leerteile und geänderte Bezugsbänder. Kein Wunder also, dass die Verhältnisse auf diesem Sektor recht unübersichtlich wurden. Die Folge ist, dass z.B. eine 1953 gemachte Heimton-Aufzeichnung auf einem hochwertigen Gerät des Baujahrs 1975 (selbst bei gleicher Spurlage und Bandgeschwindigkeit) nur dann „originalgetreu“ klingt, wenn die Höhen zusätzlich angehoben werden, das heißt, auf den Stand von 1953.

ZEITSCHICHTEN: MAGNETBANDTECHNIK
Vierte Ausgabe: 2020 – Seite 365

funk- und Studioband, das Magnetophonband LGR, fertigen konnte (vorher also kein Material gehabt hätte, um typgerechte Bezugsbänder zu fertigen), traf sich wohl glücklich.

Eine 1979 zusammengestellte Liste führt auf immerhin 51 Seiten auf, welche „Einstellbänder für Magnettonanlagen“ BASF zu diesem Zeitpunkt hergestellt hat. Dieser Aufstellung zufolge begann die Produktion im Dezember 1956. Der Übersichtlichkeit halber sind die Hauptinformationen dieser Liste in Tabelle 35, „Chronik der Bezugsbandproduktion in Ludwigshafen 1956 – 1979“ (Seite 648), zusammengestellt. Auffallend ist, dass zwischen Jahresende 1956 und Mitte 1962 nur vier Bezugsbandtypen gefertigt wurden, die allerdings den gesamten damaligen Anwendungsbereich abdeckten. Viele Entwicklungslinien der Tonbandtechnik spiegeln sich, gelegentlich etwas verzögert, in der Bezugsbandproduktion wider.

Die Mehrzahl der Bezugsbänder war vollspurig bespielt, ausnahmslos immer die 25,4 mm und 50,8 mm breiten Bänder, so dass keine Sonderausführungen für die gängigen Mehrspur-Spurkonfigurationen (etwa 16, 24 oder 32 Spuren beim Zwei-Zoll-Band) erforderlich waren. Man nahm dafür in Kauf, dass bei sehr großen Wellenlängen „seitliche Einstreuungen“ höhere Wiedergabespannungen vortäuschten, was immer dann geschieht, wenn die Spurbreite des Wiedergabekopfs schmaler ist als die aufgezeichnete Spur. Die absolute Größe dieser „fringe response“ ist sehr schwierig zu berechnen,²⁶⁷⁴ war aber in der Praxis mit einfachen Mitteln zu kompensieren.²⁶⁷⁵

Die technische Entwicklung der Bezugsbänder war um 1980 weitgehend zum Abschluss gekommen. Größerer Aufwand war nur noch um 1981 erforderlich, als aufgrund zunächst unerklärlicher Abweichungen die Frequenzgang-Aufzeichnungen der Bezugsbänder für den Bereich Compact-Cassetten gründlich überarbeitet werden mussten, was 1981 mit einem entsprechenden Beschluss der IEC-Gremien erreicht war.

Bezugsbänder wurden in Ludwigshafen bis 1991 gefertigt, als nach der Übernahme der Magnetbandaktivitäten der Agfa-Gevaert AG durch die BASF Magnetics GmbH die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen aus Ludwigshafen nach Willstätt wanderten und die Bezugsbandfertigung im Werk München konzentriert wurde. Der Stand der Bezugsbandfertigung vom Frühjahr 1996 ist in einer umfangreichen Broschüre „Mess- und Bezugsband-Programm“ dokumentiert, die nicht weniger als 112 verschiedene Bezugsbänder, Bezugsfilme, Testbänder (zur Messung von Gleichlauf- und Tonhöhenschwankungen, Sonderversionen zur Einstellung von Pegel, Spaltlage und Frequenzgang in der Geräteproduktion) und Referenzleerbänder aufführt.

Das technisch anspruchsvollste jemals gefertigte Bezugsband dürfte das ARD/ZDF-Betriebsbezugsband gewesen sein, zu dessen Herstellung ein Kopfträger mit nicht weniger als acht Magnetköpfen erforderlich war. Diese erst- und einmalige Kombination von Vollspur-, Stereospur (2,75 mm) und Zweispur (2 mm) Aufzeichnungen wurde ergänzt von einer Aufzeichnung zur Spaltlagenkontrolle, die ohne (provisorisches) Verstellen des Wiedergabekopfs auskam.²⁶⁷⁶ Das Aufzeichnungs-Schema dieses Bezugsbands zeigt Abbildung 405.

Heimtonband: Normung als Erfolgs-Voraussetzung

Hatte Anfang 1954 der Fachnormenausschuss Elektrotechnik (FNE) noch zu einem 3M-Produkt als Magnetband-Referenz tendiert, war diese Gefahr für BASF bald vorüber, denn das Standardband LGS 52 und das Langspielband LGS 35 eroberten den deutschen Heimtonmarkt praktisch ohne Konkurrenz aus Leverkusens und Gendorfs; Importe spielten noch kaum eine Rolle. Als 1955, nach jahrelanger Vorarbeit, die ersten DIN-(Vor-)Normen Magnettontechnik verabschiedet wurden, konnte sich BASF mit der Charge 22 138 des Standardbandes LGS 52 als Lieferant des „Bezugsband-Leerteils“ (später Referenzleerband) qualifizieren. Das war nicht nur ein Prestigegewinn, sondern hatte auch handfeste technische und wirtschaftliche Bedeutung, wie sich aus der DIN-Definition des Leerteils ergibt: „Der Leerteil dient zur Einstellung von Aufsprechanälen, zur Empfindlichkeits- und Frequenzgangbestimmung von Tonträgern, zur Überprüfung der Eigenschaften von Sprech- und Löschköpfen sowie von Aufsprechverstärkern.“²⁶⁷⁷ Das hieß nämlich: alle nach DIN gebauten beziehungsweise „eingemessenen“ Heimtonbandgeräte arbeiteten ohne weiteres mit BASF-Magnetophonband LGS zusammen, natürlich auch die Exportgeräte, was unter anderem die dauerhafte Stärke des BASF-Auslandsgeschäfts begründet. Weiter mussten sich de facto andere Hersteller nach dem BASF-Leerteil richten und die Eigenschaften ihrer Produkte damit vergleichen und anpassen.

Der Bezugsband-Leerteil für Heimtonbänder sollte eine Domäne der BASF bleiben, auch und gerade nachdem die IEC (International Electrotechnical Commission) den Standard IEC 94, „Magnetic Tape Recording and Reproducing Systems“, in erster Ausgabe 1954 in Philadelphia / USA verabschiedet, international durchgesetzt hatte. LGS 52, Charge 22 138 blieb gültig bis 1962, dann erbte das BASF-Doppelspielband-Typ LGS Charge 110 211 seinen Status, dem wiederum im Juni 1969²⁶⁷⁸ das BASF-Low-Noise-High Output-Band Charge C 264 Z folgte. Dieser Bezugsband-Leerteil ist als IEC-Referenzleerband genau genommen Standard geblieben, weil die Heimtongeräte verschwunden sind und kein Nachfolger gebraucht wurde. – Siehe dazu auch die Tabelle 37 auf Seite 651.

Wissenschaftliche Arbeiten zur Magnetspeichertechnik in den 1950er Jahren

1954 war so etwas wie ein Entscheidungsjahr der Magnetbandgeräte-Technik. Grundlagenuntersuchungen und theoretische Ausarbeitungen hatten zunehmend Klarheit in die physikalischen Vorgänge bei der Magnettonaufzeichnung gebracht, besonders die Dissertation „*Studies on Magnetic Recording*“ von Willem Klaes Westmijze aus den Philips-Laboratorien in Eindhoven.²⁶⁷⁹ Formelgespickte Arbeiten wie Otto Schmidbauers Untersuchung „*Das Feld des harmonisch magnetisierten Tonbandes / Die Abtastung im Leerlauf, bei idealem Hörkopf und bei extremer Spaltbreite*“²⁶⁸⁰ oder sein „*Beitrag zur Analyse des Aufsprechvorgangs beim HF-Magnetophon*“²⁶⁸¹ dürften zwar keinem Nichtfachmann verständlich gewesen sein, gaben ihm aber wenigstens eine respektgetragene Vorstellung davon, wie komplex bei näherer Betrachtung die in der Praxis doch so elegant arbeitende Magnetspeichertechnik ist. Das gilt bereits für die nur aufwendigst zu beantwortende Frage, wie denn das Magnetfeld vor dem Spalt des Aufnahmekopfs aussehe; das vor allem zeigen Joachim Greiners Arbeiten „*Feldstärke und Spaltverteilungsfunktion beim Sprechkopf mit und ohne Band*“²⁶⁸² und „*Die Lage der Extremwerte der Feldstärkekomponenten des Sprechkopffeldes*“²⁶⁸³ oder seine 116 Seiten starke Buchpublikation „*Der Aufzeichnungsvorgang beim Magnettonverfahren mit Wechselstromvormagnetisierung*“.²⁶⁸⁴ Weniger theorielastig, praxisnäher referierte Ernst Belger (IIRT) „*Über die Messung und Bewertung von Störgeräuschen*“²⁶⁸⁵ oder „*Zur Messung von Tonhöhenschwankungen*“.²⁶⁸⁶ beides für viele Aspekte der Normung wichtige Fragen. Diese Kleinstauswahl aus der – ebenso rasch wie die Geräte- und Magnetband-Produktion anwachsenden – Publikationsfülle gibt einen ungefähren Eindruck davon, wie intensiv das Gebiet durchforscht wurde, was als Resultat kontinuierlich zu kleineren und größeren Technikfortschritten führte.

Exkurs XII: Der Transistor verändert die Magnetbandtechnik

Die Entwicklung elektronischer Schaltungen, insbesondere der Regelkreise mit Leistungstransistoren und der Steuerungen mit Mikroprozessoren, ebenso zu „einfachen“ Transistor- anstelle von Röhrenverstärkern, hatte in der Magnettontechnik teils sprunghafte Fortschritte zur Folge, und zwar sowohl in der Verstärker- wie in der Antriebstechnik.

Ohne Verstärker sind Magnettongeräte praktisch nicht denkbar; insofern hatte Anfang der 1930er Jahre die damals vergleichsweise neue Röhrentechnik für die ersten Magnetophone entscheidende Bedeutung. Als dann Ende der 1950er Jahre in den Verstärkern Transistoren die Röhren ablösten, brachte das erhebliche Vorteile bei Gewicht und Volumen ebenso wie bei der Wärmeentwicklung. Auch die gesamte Anodenspannungsversorgung entfiel. Die Verstärker, die bei professionellen Geräten bis dato eigene Schränke oder zumindest Einschübe im Fußraum der Magnetophon-Pulte einnahmen, konnten jetzt in Leerräume unter dem Laufwerk eingeschoben werden, passten schließlich sogar in den Raum zwischen den Motoren.

Vor allem die Mehrspurtechnik profitierte vom Übergang zu Transistor-Verstärkern: mehr als acht Kanäle sind mit Röhrenverstärkern nicht realisiert worden. 24- und sogar 32-Spur-Geräte – also mit 48 bis 64 Verstärkern plus Oszillatoren – in Röhrentechnik sind kaum vorstellbar. Hier dominierten hochintegrierte Verstärkerschaltungen mit verbesserten und erweiterten Eigenschaften.

Mit der Technik der 1930er bis 1950er Jahre war die geforderte hohe Gleichförmigkeit des Bandantriebes nur mit überdimensionierten Motoren, die die entsprechende Drehzahlkonstanz sicherten, und großen Schwungmassen zu erreichen (auch Synchronmotoren mussten überdimensioniert sein, um die typischen Pendelschwingungen klein zu halten). Überdimensionierte Motoren bedeuten natürlich großes Gewicht, somit große Wärmeentwicklung, erheblichen Kühlaufwand und damit weiteres Gewicht sowie stabile Rahmen, die ihrerseits wiederum Gewicht bedeuten. Das galt für die üblichen netzabhängigen Antriebe mit Synchron- ebenso wie für Asynchronmotoren.

Als die Leistung der Transistoren Anfangs der 1960er Jahre so weit zunahm, dass die Antriebsmotoren – und auch die Wickelmotoren sowie die Bandbremsen – elektronisch geregelt werden konnten, erlaubte dies einen weiteren bedeutenden Entwicklungsschritt. Die mechanischen (und damit wartungsbedürftigen) Bremsen verloren an Bedeutung, als komplexe programmierbare elektronische Steuerschaltungen die Bandzugsregelung, schließlich sogar die Steuerung der Gleichstrom-Capstan-Motore, in allen Betriebszuständen übernahmen. Das hatte freilich auch zur Folge, dass der Steuerungs-Aufwand allein für den Wickelmotor eines 2-Zoll-Studiogeräts mit 14-Zoll-Spulen (voll bewickelt jeweils um 9 kg schwer) den Bauteile-Gesamtaufwand eines Magnetophon-Geräts aus den Jahren 1935 – 1945 um ein Mehrfaches übertraf.

Das Geräte-Volumen selbst – das gilt für Studio- ebenso wie für Heimtongeräte – schrumpfte nur in Grenzen, weil der freigewordene Raum für derartige Errungenschaften genutzt wurde, die den Gewichts- und Volumenvorteil zumindest teilweise wieder wett machten; die Außenabmessungen hingen ohnehin von der maximalen Spulengröße ab. Bei Batteriemotoren für tragbare Geräte bedingte die damals einzig sinnvolle Drehzahlregelung mittels elektromechanischer Fliehkraftregler erhebliches Gewicht und weiteren Aufwand, vor allem, weil die elektrischen, magnetischen und akustischen Störungen aufwendig abgeschirmt werden mussten. Die Transistortechnik dagegen führte im professionellen wie im Amateur-Bereich zu Geräten, die nur noch wenige Kilogramm wogen, also im Wortsinn „tragbar“, vor allem netzunabhängig, waren.

Davon weitgehend unabhängig setzte allerdings eine Entwicklung ein, die die Transistortechnik konsequent zur Miniaturisierung nutzte; Endprodukte waren etwa der „walkman“, der immerhin noch mit Magnetbändern arbeitete, oder gar die magnetischen Minidisk-Geräte, bei denen Magnet-Platten das Magnetband ablösten. Allgemein brachten also plattenförmige Träger nicht nur in der Computer-Technik entscheidende Vorteile, sondern auch für die Tonaufzeichnung.

Magnettontechnik im RGW-Bereich

Professionelle Tonbandgeräte

Anders als im „westlichen“ Europa bestimmten im sogenannten Ostblock oder „RGW-Bereich“²⁶⁸⁷ nicht nur die technischen und nachkriegs-wirtschaftlichen, sondern mindestens ebenso stark die politischen Verhältnisse die Entwicklung der Tonbänder und Tonbandgeräte.

Das Funkhaus Masurenallee, seit 10. Mai 1945 als „Berliner Rundfunk“ unter sowjetischer Regie, war schon am 13. Mai 1945 wieder halbwegs funktionsfähig,²⁶⁸⁸ wenn auch erhebliche Gerätebestände, darunter viele Magnetophone, abhanden gekommen sein müssen (Nachrichten von den Magnetbandgeräten in den ehemals östlichen Reichssendern fehlen).²⁶⁸⁹ Zum Ausgleich seiner Verluste hatte der Berliner Rundfunk im März 1946, der damals monatlich schon wieder 2.000 Bänder (zu je 1000 m) verbrauchte,²⁶⁹⁰ bereits neun Magnetophone K 7 als Vorab-Lieferung einer Bestellung von 30 Exemplaren bekommen,²⁶⁹¹ war aber mit dem Anlieferungszustand durchaus unzufrieden, so dass die AEG die Produktion unterbrechen und nachbessern musste (Seite 473). Die Fertigungsprobleme waren spätestens 1947 überwunden, so dass die DEFA bei den Tonaufnahmen zum Spielfilm WOZZEK keine Probleme mit zwei Magnetophonen K 7 hatte (Seite 473).

Umso erstaunlicher ist, dass im Herbst 1949 das „Kinostudio Babelsberg“, später als DEFA bekannt, bei der Magnetophon GmbH drei Magnetophone K 8 kaufte (Herstell-Nummern 10 240 bis 10 242), allerdings schon bei der Abnahme Nachbesserungen anmahnte. Noch merkwürdiger: DEFA baute das Magnetophon K 8 als „Laufwerk für Magnetbandgerät“ in unbekannter Zahl nach, wobei unter anderem im Gesamtschaltbild das Namensfeld schlicht von AEG zu DEFA verändert wurde.²⁶⁹²

Die AEG-Lieferungen an den Berliner Rundfunk, zu denen offenbar auch größere Stückzahlen des Kopfrägers R 8 (die zum Tonschreiber d passende Ausführung) gehörten,²⁶⁹³ dürften spätestens mit der Abriegelung West-Berlins im Juni 1948 (dem Beginn der „Luftbrücke“) ausgesetzt haben; das Funkhaus Masurenallee mutierte zu einer sowjetisch verwalteten Enklave mitten im britischen Sektor, seit dem 3. Juni 1952 zudem von Stacheldraht-verhauen umzäunt. Dieser unhaltbare Zustand hatte das DDR-Regime veranlasst, zwischen 1951 und 1956 in Berlin-Oberschöneweide das moderne Funkhaus Nalepastraße aufzubauen, das in der Tat bis nach der Vereinigung Hauptsitz der schließlich sechs Programme des Deutschen Demokratischen Rundfunks blieb.²⁶⁹⁴ Die teils länderübergreifenden, nach 1945 neugegründeten Landes- und späteren Regionalsender (seit der Neuorganisation der DDR 1952 in Bezirke) waren in technischen Fragen praktisch der Berliner Zentrale unterstellt.

Ein organisatorisches Detail des DDR-Rundfunk war bemerkenswert: seit dem 1. Juli 1956 unterstand der gesamte Technik-Bereich der Deutschen Post (der DDR), die damit nicht nur für den technischen Programm- und Produktionsablauf, sondern mit den beiden Ämtern „Studiotechnik Rundfunk“ und „Studiotechnik Fernsehen“ auch für die Entwicklung und Herstellung von Anlagen zuständig wurde. Das so geschaffene schwerfällige Konglomerat von Firmen und Ämtern wurde zum 1. Dezember 1961 in das Rundfunk- und Fernseh-technische Zentralamt, Berlin-Adlershof (RFZ) überführt, zu dem auch Betriebslaboratorium, Anlagenbau und Funkversuchswerk gehörten. So ist zum Beispiel zu erklären, warum bei dem transportablen Magnetbandgerät R 700 das RFZ als Entwickler und Hersteller figuriert.²⁶⁹⁵

Sander & Janzen als Magnettongeräte-Hersteller

Der profilierteste Fertigungsbetrieb für Studio-Magnettongeräte im Ostteil Deutschlands war das in den 1920er Jahren gegründete Berliner Unternehmen Sander & Janzen. Die Geschichte der „Spezial-Fabrik für Synchronkleinmotoren“ ist leider nicht mehr in Einzelheiten aufzuklären; bekannt ist, dass sie hochentwickelte Motore für die Schallplatten- und Schallfolien-Schneide- und Abspielgeräte der Berliner Firma Georg Neumann lieferte.²⁶⁹⁶ Zu ihren Kunden zählten weiter bekannte Firmen wie Siemens, AEG, Leybold, Hartmann und Braun sowie die RRG. Technisch leitender Kopf war ohne Zweifel Otto Janzen, zumindest 1945 auch Inhaber der Firma.²⁶⁹⁷ Hans Schießer charakterisierte ihn so: Janzen „war nicht besonders firm in Theorie, hatte aber viel Gespür und experimentierte hervorragend. Er machte wunderbare Sachen, die Laboratorien von Großfirmen nicht zustande brachten, unter anderem seine langsamlaufenden Schallplattenmotore. Hauptteil [des Tonschreibers b] war ein Synchronmotor, den Herr Janzen unter Klagen, aber mit viel Genialität entwickelt hat“²⁶⁹⁸ (siehe auch Seite 162). Über den Kompagnon Sander sind keine Informationen zu finden, selbst ein Firmenprospekt von 1957 schweigt sich über ihn aus.²⁶⁹⁹

Nachdem die AEG-Fabrik Drontheimer Straße – einerseits wegen der strikten Sektoren-Abschottung, andererseits wegen des Umzugs der Magnetophon-Produktion nach Hamburg – als Geräte-Lieferant für den DDR-Rundfunk ausgefallen war, baute Janzen seinen qualifizierten Zulieferbetrieb ab 1947 zum Hersteller kompletter Magnetbandgeräte und weiterer Studioausrüstung aus, etwa eines Studio-Plattenspielers (Typ SJ 145).²⁷⁰⁰ Wie diverse Firmenschriften zeigen, belieferten Sander & Janzen jedoch nicht nur den DDR-Rundfunk, sondern boten ihre Produkte – soweit das die Bedingungen erlaubten – auch im freien Verkauf an.

Unbestätigten Informationen zufolge hat Otto Janzen Anfang der 1950er Jahre den sowjetischen Sektor verlassen; er scheint zwischen Herbst 1952 und Frühjahr 1953 verstorben zu sein.²⁷⁰¹ Der Betrieb in Ost-Berlin – Sonnenburger Straße 70, Prenzlauer Berg – musste nach DDR-Vorschriften zunächst unter diesem Namen weiterarbeiten; seit 1965 firmierte das Unternehmen als Thurow KG unter dem bisherigen Mitarbeiter Edgar Thurow,²⁷⁰² es fand sich 1972 mit dem VEB Tonmechanik Berlin zum VEB Tontechnik Berlin verschmolzen.²⁷⁰³

Die westliche Firma „Sander & Janzen OHG“ (SAJA) hatte einen guten Ruf als Hersteller von Heimtonbandgeräten; es handelt sich dabei wohl zunächst um eine Umbenennung der Firma Schleck/Schall-Echo-Berlin, Berlin NW 87, Alt-Moabit 62/63,²⁷⁰⁴ die Janzens Schwester Ilse Schleck und seine Witwe Olga Janzen geb. Milz führten.²⁷⁰⁵ Die Berliner Betriebe und das Werk in Duderstadt gingen zum 1. Juni 1960 an die Firma Graetz KG in Altena über, die ihrerseits 1961 in der Firmengruppe SEL aufging.²⁷⁰⁶

Studiotonbandgeräte in der DDR und im RGW-Bereich

Zunächst ist festzuhalten, dass der DDR-Rundfunk vieles aus der technischen Tradition der RRG übernahm, so auch das Organisationsmittel „Braunbuch“ (wie noch auf einem Blatt von 1954 zu lesen ²⁷⁰⁷), das man aber schließlich in „Handbuch der Studioteknik Ton“, mit leuchtend blauem Einband, umbenannte. Auch das Braunbuch-Nomenklaturschema wurde weitgehend übernommen (Tonaufnahme- und Wiedergabegeräte waren in der Kategorie „R“ zu finden), wobei die Bezeichnungen für neue Geräte nicht mit denen im „westlichen“ Braunbuch abgestimmt, sondern unabhängig vergeben wurden. Beispielsweise stecken hinter der *Braunbuch*-R 28 a und R 28 f das AEG-Magnetophon-„Laufwerk“ T 8 beziehungsweise T 8f von 1951, R 28 e/38 von 1956 ist ein Umbau der T 8 auf die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s.

Dagegen stammte das „Transportwerk“ (so der sprachlich recht gelungene DDR-Ersatzausdruck für „Laufwerk“) R 28 von der Berliner Firma Sander & Janzen, die ihren um 1949 gebauten Erstling Typ SJ 100 nannte. R 28 konnte eine gewisse Ähnlichkeit mit R 22a nicht verleugnen, hatte allerdings zur Wahl der Transportfunktionen eine Art Kulissen- oder Knüppelschaltung (vielleicht an das Magnetophon R 23 angelehnt) anstelle der bei AEG üblichen Drucktasten und als Kopfträger die vom Tonschreiber d bekannte kompakte Form, hier natürlich mit HF-tüchtigen Köpfen bestückt. Leider fehlen genauere Unterlagen (siehe auch die Abbildung 406).²⁷⁰⁸

Die DDR-R 28 a, 1951 als Nachfolger der R 28 vorgestellt, bekam einen neuentwickelten Kopfträger R 9 und prompt wieder fünf Drucktasten am üblichen Ort (Halt, Aufnahme, Wiedergabe, schneller Vorlauf, schneller Rücklauf). Beim Vor- und Rücklauf schoben zwei Bandführungsböcke das Magnetband von den Köpfen weg. Charakteristisch für die Bauweise der Firma Sander & Janzen waren die Wickelmotore, die aus je einem vierpoligen und einem zwölfpoligen Teil bestanden; zum Abbremsen wurde der Vierpol-Teil des Motors mit Gleichstrom gespeist, womit man aufwendige und wartungsbedürftige mechanische Bremsen vermied. Unklar ist, wie die durchaus notwendige Standbremsung funktionierte: da das Bremsmoment bei stehendem Motor Null ist, wäre unter anderem das Bänderlegen bei ungebremsten Spulentellern recht schwierig.²⁷⁰⁹ Ungewöhnlich war auch die 19,4 mm dicke Tonrolle, das herausgeführte Wellenende des mit nur 750 Upm rotierenden Synchronmotors. Kurz nach Verlassen des linken Bandtellers lief das Band durch eine gabelartige, bewegliche Bandführung, die über schaltbare Widerstände die Führungsgröße für die Bandzugregelung lieferte. – Auffallend ist bei allen Sander & Janzen-Konstruktionen, dass die Gummiandruckrolle von der Schichtseite her an das Tonband drückt, bedingt durch die Bandwicklung mit „Schicht außen“.

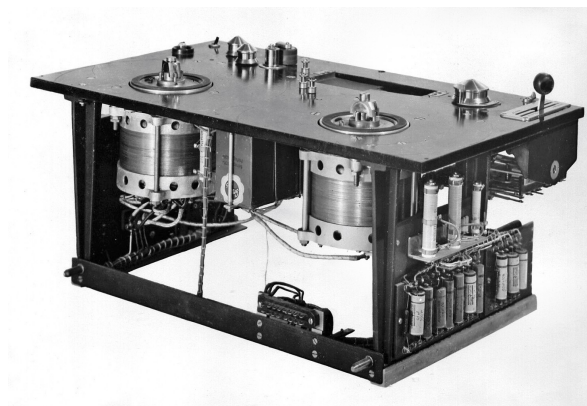


Abbildung 406: Magnetton-Laufwerk Typ SJ 100 (erste Ausführung mit dieser Typbezeichnung), gebaut von Sander & Janzen, Berlin, beim DDR-Rundfunk R 28 genannt (etwa 1949).

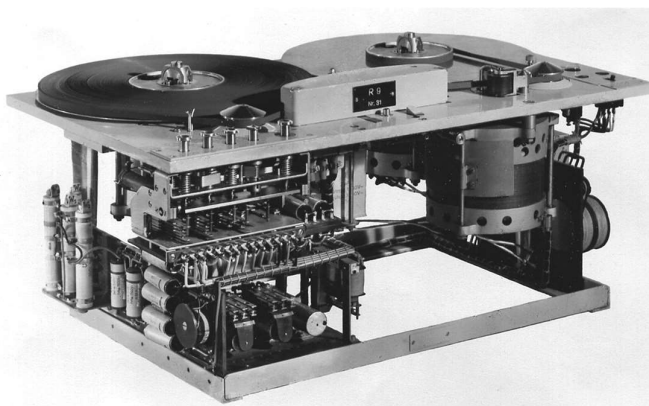


Abbildung 407: Magnetton-Laufwerk R 28 a mit Kopfträger R 9 (1951), ebenfalls von Sander & Janzen gebaut.

Kleinere Modifikationen des Sander & Janzen-Typ SJ 100 führten 1954 zum R 28 c. Die Maschine wurde als R 28/1 und R 28/2 – wichtigste Änderungen waren die Fernsteuerungs-Möglichkeit – bis etwa 1959 gebaut. R 28/2 (erstes Baujahr 1959) bietet, erstmals bei einem DDR-Rundfunkmagnetbandgerät, die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s, jedoch nicht mittels eines polumschaltbaren Motors. Vielmehr hatte beim R 28/2 das obere Ende der Tonmotorwelle einen Durchmesser von 5,5 mm, auf das je nach Bedarf eine Buchse mit den Durchmessern 19,4 mm (76,2 cm/s) oder 9,7 mm (38,1 cm/s) aufzustecken war.²⁷¹⁰

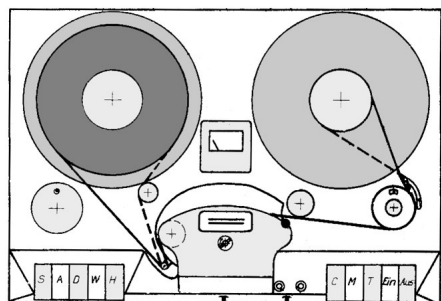
Das Funkwerk Köpenick hatte schon um 1951 / 1952 erfolglos ein Studiomagnetbandgerät entwickelt, das mit 38,1 cm/s die prestigeträchtige „UKW-Qualität“ erreichen sollte.²⁷¹¹ Offenbar konnte der DDR-Rundfunk die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s erst etwa 1960 einführen, während ARD-Anstalten damit schon 1955 begannen

(und schon die erste Studer-Rundfunkmaschine, A27 von 1951, nur für diese Geschwindigkeit und das relativ hochkoerzitive 3M-Band 111 ausgelegt war). Gründe dafür sind nicht ausdrücklich dokumentiert; sie sind wohl in der Qualität der von Agfa Wolfen (VEB Filmfabrik Wolfen, Markenname seit 1964 ORWO) gelieferten Bänder zu suchen; der für 38,1 cm/s geeignete Agfa-Bandtyp CR datiert von 1959.²⁷¹²

Zwischen 1957 und 1960 hat die Entwicklungsstelle des Funkwerks Berlin-Köpenick – mittlerweile dem VEB Messgerätewerk Zwönitz zugeordnet – ein „Studio-Magnetongerät BG 24“ entwickelt, das allerdings nicht in Zwönitz, sondern bei Sander & Janzen gebaut werden sollte (worauf MGW dem RFZ die Entwicklungskosten in Rechnung stellte).²⁷¹³ Welche Rolle diesem nur für die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s ausgelegten Gerät zukommt, war nicht aufzuklären. Obwohl es im „Handbuch der Studioteknik Ton“ als R 38 figuriert, ist es nicht seriengefertigt worden,²⁷¹⁴ sondern dürfte 1962 Anstoß zur Neukonstruktion R 29 gegeben haben. Ein originelles Konstruktionsdetail des BG 24 erlaubte, sowohl mit „Schicht außen“ als auch mit „Schicht innen“ gewickelte Magnetbänder abzuspielen. Spulen (auf denen Magnetband stets „Schicht innen“ gewickelt ist) waren dazu so aufzulegen, dass sie auf beiden Tellern im Uhrzeigersinn umliefen. Allerdings musste die Lauf- beziehungsweise Bremsrichtung der Wickelmotoren durch Austausch beziehungsweise Umstecken einer Steckerleiste geändert werden, was nicht besonders praxisnah scheint.

Nach diversen Modifikationen der SJ 100-Familie folgte 1962 das Magnetband-Transportwerk R 29, eine Gemeinschaftsentwicklung von RFZ und der Firma Sander & Janzen, die ihm den Typennamen SJ 103/1 gegeben hatte. Der Bandantrieb erfolgte hier nicht mehr direkt vom Antriebsmotor, sondern über ein dreistufiges Gummireibradgetriebe auf die Tonrolle. Das ermöglichte die drei Bandgeschwindigkeiten 38,1, 19,05 und 9,5 cm/s. Nach wie vor wurde der Bandzug elektrisch geregelt, die Steuergröße lieferte die Bandzugreglergabel an der linken Umlenkrolle. Wie das etwas ältere R 38 konnte auch SJ 103/1 / R 29 Magnetbänder mit jedem Wickelsinn abspielen. Mit „Schicht innen“ gewickelte Bänder wurden so auf den linken Wickelteller aufgelegt, dass sie im Uhrzeigersinn abliefen. Sowie die Bandzugreglergabel die Mittelstellung passierte, betätigte sie einen Schalter, was die Drehrichtung der Wickelmotoren umkehrte.²⁷¹⁵ Rein äußerlich konnte die Maschine ihre Abstammung von der über zehn Jahre alten R 28 nicht verleugnen, ein bemerkenswerter Gegensatz zum etwa gleich alten Telefunk M 10 oder, noch ausgeprägter, zur Studer C37. – Bei zwei Varianten, der SJ 103a beziehungsweise R 29a sowie SJ 103b beziehungsweise R 29b, beide von 1965, wird erstmals die Firma Thurow KG als Hersteller (und zusammen mit dem RFZ als Entwickler) genannt.²⁷¹⁶

Abbildung 408: Das „Studio-Magnetongerät BG 24“ der Entwicklungsstelle des Funkwerks Berlin-Köpenick,²⁷¹⁷ als R 38 beschrieben im „Handbuch der Studioteknik Ton“ im Sommer 1961, das jedoch nie in Serie ging.



Das Bild zeigt den Bandlauf für Magnetbänder mit Schichtlage außen (für Schichtlage innen gestrichelt in der Nebenzeichnung gezeigt). Der Hebel links vom Kopfträger wirkte auf einen Drehtransformator (!), womit der Bandzug exakt auf Sollwert gehalten und Bandzugsschwankungen ausgeglichen wurden. Der profilierte Drehknopf links gehört zum zwölfstufigen Rangierschalter. Eine gewisse äußere Ähnlichkeit mit dem Magnetophon M 10 ist nicht zu übersehen. – Das Foto entstand während der Erprobungsphase des BG 24. Bei der großen Scheibe rechts neben dem Gerät handelt es sich um ein spezielles Stroboskop zur Bestimmung der Bandgeschwindigkeit; die entsprechenden Lochreihen sind etwa beim halben Durchmesser der Scheibe schwach zu erkennen.²⁷¹⁸

Der VEB Tonmechanik, seit 1960 in Berlin-Hohenschönhausen, bot die Maschine SJ 103 und die zugehörigen Verstärker WE 60 (Wiedergabe) und AE 60 (Aufnahme) in Röhrentechnik als „Studio-Magnetton-Einzeltruhen“ in Holz- oder Stahlblech-Ausführung an. Diese Kombinationen wurden auch für den Export geliefert.²⁷¹⁹

Einen großen Schritt nach vorn machte das RFZ mit dem „transportablen Studio-Magnetbandgerät R 700“, vorgestellt auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1965,²⁷²⁰ erstes Baujahr 1966, das seine ungewohnte Bezeichnung der Entwicklung und Einführung der platz- und energiesparenden ersten transistorisierten Gerätegeneration beim DDR-Rundfunk und Fernsehen verdankt.²⁷²¹ Beim R 700 bedeutete „transistorisiert“ nicht nur die entsprechende Bestückung der als Einschübe im Gerät untergebrachten Verstärker – das Gerät wurde durchgehend mit 24 V Gleichstrom betrieben und konnte daher ohne weiteres auch in Übertragungswagen arbeiten –, sondern auch der Laufwerkssteuerung: kontaktlos arbeitende Halbleiter-Bauelemente hatten die Relais früherer Gerätegenerationen abgelöst. Diese Neuerung erlaubte eine bemerkenswerte Antriebskonzeption: für den Bandtrans-

port bei Aufnahme und Wiedergabe waren (abgesehen von den beiden Wickelmotoren) zwei Tonmotore vorgehen, von denen der erste – wie üblich zwischen Kopfträger und Aufwickelspule – die Transportgeschwindigkeit bestimmte. Das zweite Aggregat, der „Filtermotor“ mit eigener Gummiandruckrolle, saß links neben dem Kopfträger und sorgte, gesteuert von einem fotoelektrisch arbeitenden Bandzugmesser, mit seinem definierten Rückhaltemoment für konstanten Bandzug vor den Magnetköpfen. (Diese Antriebsvariante ist auch als „dual capstan“ bekannt.)

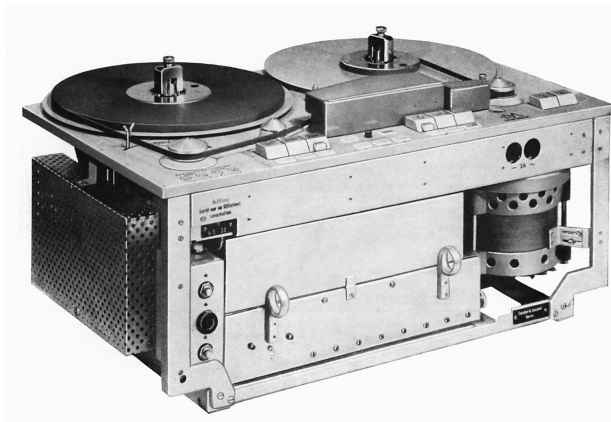


Abbildung 409: Das Magnetband-Transportwerk R 29 beziehungsweise SJ 103, eine Gemeinschaftsentwicklung des RFZ und der Firma Sander & Janzen von 1962 (später T 103 der Thurow KG).



Abbildung 410: Das Magnetbandgerät R 29 / T 103b konnte auch Bänder mit Schichtlage „innen“ abspielen (siehe Position der Bandführungsgabel und die markierte Mittelstellung!).



Abbildung 411: Das „transportable Studio-Magnetbandgerät R 700“, erstes Baujahr 1966, entwickelt und gebaut vom Rundfunk- und Fernseh-technischen Zentralamt (RFZ) der DDR.

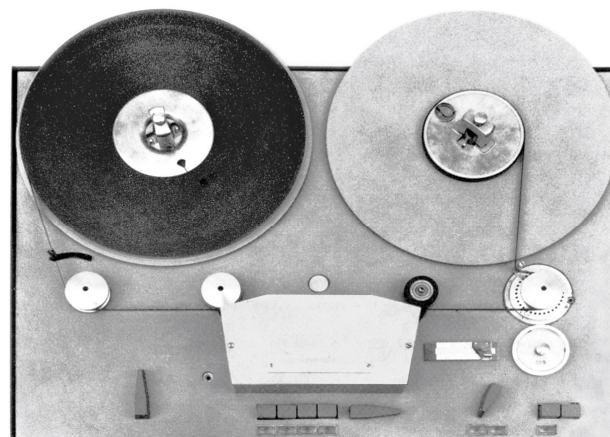


Abbildung 412: Das Magnetbandgerät T 211, gebaut vom VEB Tontechnik Berlin. Zusammen mit Verstärkern und HF-Generatoren bildete das Stereo-Gerät die Studio-Magnetbandanlage T 2211. Wie beim Magnetbandgerät R 700 wird auch auf dem T 211 das Band noch mit Schichtlage „außen“ betrieben.

Das Gerät R 700 wies ein wohl einmaliges Ausstattungsdetail auf: einen magnetisch gesteuerten Verriegelungsmechanismus, durch die Wickelmotoren-Wellen hindurch aktiviert, der die Wickelkerne beim Bandstart auf den Bandtellern fixierte. Vor dem Abnehmen des Bandwickels war der Mechanismus eigens durch Drücken einer Taste freizugeben. Wenn es auf schnelle Bandwechsel ankam, ersparte diese präzise arbeitende Vorrichtung zwei beidhändig auszuführende Griffe und damit mehrere Sekunden Zeit. Rationelleren Arbeitsabläufen in der täglichen Praxis diente auch eine Schneide-Vorrichtung, die das Magnetband unmittelbar vor dem Wiedergabekopf unter 45° trennte.

R 700, die in Mono- und Stereo-Ausführung gefertigt wurde, steht in ihrer technischen Entwicklung zwischen dem Telefunken M 10 – dessen patentgeschützter Zwei-Rollen-Bandantrieb hier mit einer eigenständigen Lösung umgangen war – und dem 1970 folgenden AEG-Telefunken Magnetophon M 15, dessen Laufwerk ebenfalls weitgehend elektronisch gesteuert wurde.

Eine nicht datierte Thurow-Anzeige präsentiert ein Achtspur-Laufwerk T 103 M. Als Einsatzgebiete nennt der Anzeigentext unter anderem „Datenspeicher digitaler und analoger Signale, Prozeß- bzw. Programmsteuerung, Schwingungsforschung, Elektro-Medizin, Datenübertragungssysteme“.²⁷²² Das 1-Zoll-Band (ohne Herstellerangabe) ist auf Metallspulen gewickelt. Es handelt sich möglicherweise um einen Vorläufer des Acht-Spur-Tonbandgeräts

„T 150“, das die Thurow KG auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1968 vorstellte. Details der T-150-Beschreibung (Gummi-Reibradgetriebe, elektrische Bandzug-Regelung in sechs Stufen) lassen darauf schließen, dass es sich ebenfalls um eine Weiterentwicklung des Tonbandgeräts SJ 103/1 beziehungsweise R 29 handelt.²⁷²³ 1969 folgten die Typen T 200 und T 250.²⁷²⁴

Das Studio-Magnetbandgerät T 222 (Rundfunkbezeichnung: R 722) ist eine Entwicklung des RFZ von 1977, gebaut vom VEB Tontechnik in Berlin als Stereo-, Mono- und Pilottongerät mit den beiden Bandgeschwindigkeiten 19,05 cm/s und 38,1 cm/s. Wie auch sein Nachfolger, R 722/1 von 1984, arbeitete es mit einer originellen Bandzugregelung mit einem Differential-Drehkondensator, der vom linksseitigen Bandzugshebel (zwischen zwei Umlenkrollen) gesteuert wurde. Zum Abstoppen des Magnetbands erhielten, wie schon bei der SJ 100, die beiden Wickelmotore Gleichspannung, wobei der gezogene Motor zum Vermeiden von Bandschlaufen eine etwas höhere Spannung erhielt. Diese wohl DDR-typische, verschleißfreie Lösung soll problemlos und funktionssicher gearbeitet haben. Als Tonmotor war ein elektronisch gesteuerter Gleichstrommotor eingebaut.²⁷²⁵ Zweites und letztes Studio-Magnetbandgerät aus Eigenproduktion²⁷²⁶ des RFZ Berlin-Adlershof (Deutsche Post – Rundfunk und Fernsehtechnisches Zentralamt) war der Typ R 722/1 (Eintrag im „Anlagentechnischen Katalog“ Mai 1984 und Oktober 1985), dessen elektronische Steuerungsvorrichtungen *„den Betrieb in rechnergesteuerten Anlagen ... ermöglichen. Die Bandlängenzählung erfolgt mit einem elektronischen Zähler, mit dem auch Null-Lokatorbetrieb möglich ist. In Verbindung mit dem Lokatorbedienteil ... lassen sich neun Bandadressen speichern und ansteuern.“* Die Funktionen der Laufwerkslogik wurden mit Standard-TTL-ICs realisiert, womit einfache Wartung und aufwandslose Reparatur sichergestellt waren.

Erkennbar schon dem Äußeren nach hat der „VEB Tontechnik Berlin“, Sonnenburger Straße 70 – also ein Thurow-Nachfolgebetrieb – das T 2221 weiterentwickelt. Die Studio-Magnetbandanlage T 4223 (Abbildung 415, S. 373) dürfte im Wesentlichen eine auf den aktuellen Stand elektronischer Bauelemente gebrachte, auch für den Export bestimmte R 722/1 gewesen sein, in deren Beschreibung²⁷²⁷ die Punkte *„neue linksseitige Bandzugregelung“* und *„Ablösung der traditionellen Truhe durch ein neuartiges Fußgestell – Möglichkeit der Schrägstellung des Laufwerkes bis ca. 15° für sitzende Bedienung“* auffallen. Nur wenig bekannt geworden ist über einen letzten Versuch, noch um 1990 mit dem Magnetbandgerät „Thurow T 2223“ den bekannten Firmennamen wiederzubeleben; es dürfte sich dabei technisch um die Kombination eines leicht weiterentwickelten T 2221 und des T 4224 gehandelt haben, von der man sich wohl auch Export-Erfolge erhoffte.

Den Höhe- und zugleich Schlusspunkt erreichte die DDR-Fertigung mit der Studiomagnetbandanlage T 4224 beziehungsweise dem Transportwerk T 224 (Abbildung 416, Seite 373). Als Hersteller zeichnet der VEB Fernmeldemeßgeräte Berlin (im Kombinat Technische Konsumgüter der DDR, Stammbetrieb Chausseestraße 92, 1040 Berlin-Mitte). Der Bandpfad entspricht im Wesentlichen dem seit T 2221 bewährten Layout, an der rechten Seite sind jedoch eine weitere Umlenkrolle und ein Bandzugsregel-Fühler hinzugekommen. Wie Abbildung 416 zeigt, beherrschte das T 224 sowohl die Schichtlage innen wie außen. Die Verstärker wurden in einem externen Kartenträger untergebracht (d. h., die Anlage war weniger kompakt als etwa das Magnetophon M 15A). Das Laufwerk war in erster Linie für den Export in RGW-Länder gedacht, etwa in die Sowjetunion oder die CSSR – unklar bleibt, ob in direkter Konkurrenz zu Mechlabor oder um eine größere Nachfrage zu decken. Technische Probleme, endgültig die „Wende“ mit dem Beitritt der DDR zum westeuropäischen Wirtschaftsraum, machten alle weiteren Produktionspläne illusorisch.²⁷²⁸

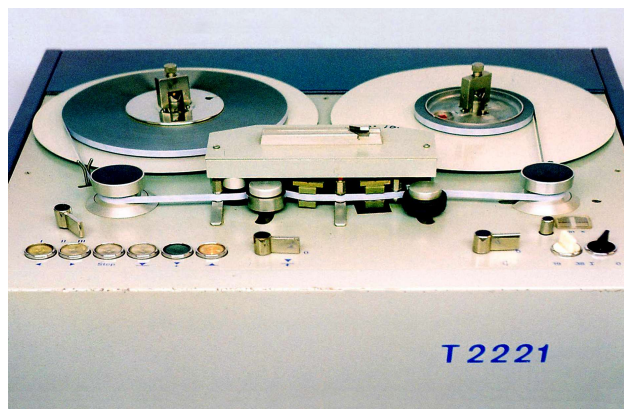


Abbildung 413 (LINKS): Studio-Magnetbandtransportwerk T 221, ebenfalls ein Erzeugnis des VEB Tontechnik Berlin, hier in der Studio-Magnetbandanlage T 2221. Es ist auch eine Variante mit quadratischen Tasten bekannt. Schichtlage „innen“!

Abbildung 414 (RECHTS): Studio-Magnetbandtransportwerk R 722/1 von 1984. Vorn in der Mitte das elektronische Zählwerk mit Nullstellen-Lokator. Auch hier: Schichtlage „innen“!



Abbildung 415: Die Thurow-Studio-Magnetbandanlage T 4223, etwa 1990



Abbildung 416: Studio-Magnetbandanlage T 4224 mit dem Transportwerk T 224, Höhe- und Endpunkt der Studiomagnetbandgeräte-Fertigung in der DDR, um 1990

Weitere Hersteller von Studio-Magnetbandgerät RGW-Bereich

Neben Sander & Janzen und der Thurow KG / VEB Tontechnik bauten in der DDR noch weitere Betriebe Studio-Magnetbandgeräte, so der VEB Elektroakustik Leipzig das Studiomagnettonlaufwerk MTL 38, die Firma Elektroakustik Gebrüder Israel, ebenfalls aus Leipzig, das Tonbandgerät Type TB-38-a-53, das bereits 1953 für die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s ausgelegt war.²⁷²⁹ Seit 1958 unter dem Namen „PGH Elektroakustik Leipzig“, fertigte der Betrieb auch Magnetfilmgeräte, die vor allem bei der DEFA arbeiteten.²⁷³⁰ – „PGH“ war die Abkürzung für „Produktionsgenossenschaft des Handwerks“, die im allgemeinen für die Reparatur und Ersatzteilbeschaffung von elektrischen Hausgeräten zuständig waren.



Abbildung 417: Das Studiomagnettonlaufwerk MTL 38 der PGH Elektroakustik Leipzig

Im RGW-Bereich außerhalb der DDR war der bedeutendste Studiomagnetbandgeräte-Hersteller die Firma Mechanikai Laboratórium (oder Mechanikai Laboratóriumi Vállalat) mit Hauptsitz in Budapest. Sie ist 1949 aus einem staatlichen Produzenten für Militärausrüstung, insbesondere Funkempfänger, hervorgegangen. Mitte der 1950er Jahre kamen Tonbandgeräte und schließlich vollständige Studioeinrichtungen dazu, auch für das Fernsehen, nachdem aufgrund der sozialistischen Planungspolitik die Zuständigkeit für diesen Produktbereich an Ungarn gefallen war. Der Betrieb scheint 1992 liquidiert worden zu sein, die Betriebsgebäude wurden abgerissen. Die offenbar immer noch vorhandene Militärtechnik erwies sich gegenüber westlichen Produkten als nicht konkurrenzfähig.²⁷³¹

Der heutigen Präsenz im Internet nach zu urteilen, muss Mechlabor einen recht breiten Studiotonbandgeräte-Bereich abgedeckt haben. Verlässliche Publikationen

– von einer engagiert betriebenen Website abgesehen, die leider nur in ungarischer Version zugänglich ist – sind kaum noch auffindbar (von Sprachproblemen einmal abgesehen). Die Budapester Magnetbandgeräte waren im ganzen Ostblock verbreitet, darüber hinaus bis Fernost, Afrika und Südamerika.²⁷³² – Mechlabor soll sogar einer der größten Studiotonbandgeräte-Hersteller weltweit gewesen sein.²⁷³³ Außerhalb des Ostblocks war Mechlabor allerdings wenig bekannt, systematisches Marketing wurde nicht betrieben, zudem soll die Ersatzteilversorgung schleppend gewesen zu sein.

Erste volltransistorisierte Magnetbandgeräte dürfte Mechlabor bereits 1962 gebaut haben, größere Beachtung – auch in einer führenden amerikanischen Fachzeitschrift – fand das 1969 vorgestellte Gerät STM 200 (in der Stereoausführung: STM-210 b), das sich durch modularen Aufbau und sehr rauscharme Wiedergabeverstärker auszeichnete. Es war in Zusammenarbeit mit der Entwicklungsabteilung des Ungarischen Rundfunks entworfen worden.²⁷³⁴ Eine STM-230 genannte Version hatte einen angebauten dritten Wickelteller, bildete also in gewisser Hinsicht ein Pendant zu dem DDR-Gerät R 34 und seinen Nachfolgern.

Leider sind über die später gebauten Typen – etwa STM-310 sowie die Mehrspur-Maschine STM-700 (für 1 und 2 Zoll breites Band mit 8, 16 oder 24 Kanälen) kaum noch genaue Angaben zu finden. Lediglich das 6,3 mm-Modell STM-610 ist auf einer tschechischen Website dokumentiert;²⁷³⁵ hieraus ist zu entnehmen, dass STM

610 in zahlreichen Varianten gefertigt wurde, z.B. für Pilottonaufzeichnung, oder als STM-610.05 für die Netzspannung 60 Hz, 117 V (vermutlich für den Export nach Japan) und sogar als Modell STM-610.31 mit den Bandgeschwindigkeiten 4,76 cm/s / 9,5 cm/s.



Abbildung 418: STM-230, eine Sonderbauart des Studio-Tonbandgeräts Mechlabor STM-210 mit angebautem dritten Wickelteller, der Montagearbeiten erleichterte.



Abbildung 419: Mechlabor STM-700, hier in der Achtspur-Version für 1-Zoll-Magnetband.

Auffällig ist das hohe Gewicht vieler „östlicher“ Studio-Magnetbandgeräte. Das MTL 38, eingebaut in Holztruhe, wog zum Beispiel samt Verstärkern nicht weniger als 85 kg, und die Mechlabor-Geräte werden gelegentlich als „bleischwer“ bezeichnet. Ob dafür besonders robuste Konstruktion oder unvollständige Kenntnisse in Leichtbautechnik verantwortlich sind, war nicht zu klären.

Als die Kapazität des RFZ, die allenfalls für den Eigenbedarf dimensioniert war, nicht mehr für den Bau von Mehrspurmaschinen ausreichte, beschaffte es sich diese Geräte ebenfalls von Mechlabor.²⁷³⁶ Das hieß natürlich, dass auch andere DDR-Betriebe auf studioteknische Einrichtungen aus Ungarn oder der Tschechoslowakei angewiesen blieben. Es ist wohl als Qualitätsurteil zu werten, dass der renommierte VEB Deutsche Schallplatten (DS) ungeachtet organisatorischer Probleme seit 1964 Telefunken Magnetophone M 10, später M 15 (bis 2 Zoll Bandbreite) beschaffte – und schon 1972 erstmals digitale Tonbandgeräte einsetzte.²⁷³⁷

Reportage-Tonbandgeräte aus DDR-Produktion

In den ersten Nachkriegsjahren musste sich auch der DDR-Rundfunk mit Geräten aus dem RRG-Bestand begnügen; für Reportagen und ähnliche Aufgaben kamen dafür vor allem die Geräte R 23 und R 23a in Betracht (Seite 154). Wie es nahelag, baute man diese 12 V-Gleichstrom-Geräte auf Hochfrequenzvormagnetisierung um; ein erster Umbauzustand, genannt R 23b, dürfte aus den Jahren um 1947 datieren. 1950 stellte eine „Umbaustelle Dr. [Bruno] Lange, Berlin-Adlershof“, die Variante R 23c vor. Sowohl R 23b wie R 23c arbeiteten mit Gleichstromlöschung des Magnetbands, die eine nur unwesentlich schlechtere Dynamik erlaubt haben soll.²⁷³⁸ Die in den Unterlagen nicht genannte Bandgeschwindigkeit müsste noch 77 cm/s gewesen sein.

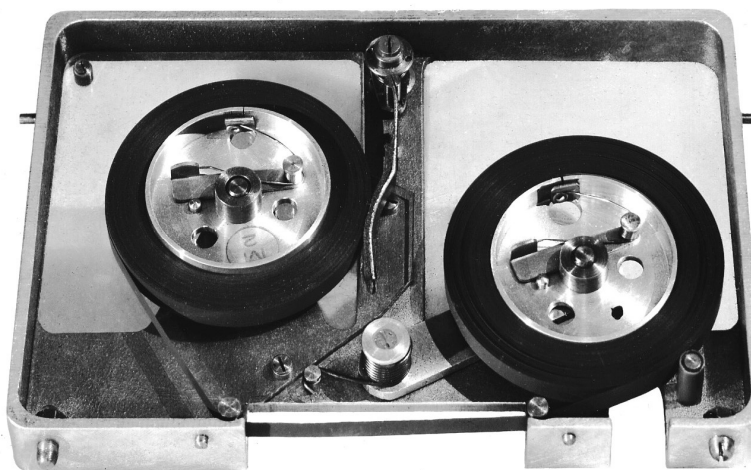


Abbildung 420: Das Kleinstmagnetongerät R 26b (links) und seine Kassette R 26c. Abgespielt wurden die Bänder auf dem Magnetton-Abspielgerät R 80, einem Umbau des Magnetongeräts BG 19-1 des Funkwerks Leipzig (siehe Abbildung 427, Seite 378).

Eine technisch vorausweisende Lösung war das Kleinstmagnetongerät R 26b, gebaut 1951 von Beyer & Preiss („Beyco“), Berlin-Treptow: das nur 25 x 22 x 9 cm große, 4,6 kg schwere und nahezu allseitig geschlossene Gerät verwendete eine Ganzmetall-Kassette R 56c, die mit 325 Gramm zwar gut neunmal schwerer war als eine Compact-Cassette, aber mit ihren Abmessungen von 13 x 9 x 8 cm immerhin Magnetband für 7 min Aufnahmedauer bei der Bandgeschwindigkeit 19,05 cm/s fasste. Eine Weiterentwicklung R 26 c erschien 1952, die Versionen R 26 d und R 26 e kamen 1956 heraus. Die gedrunghenen Maße waren allerdings mit dem Kompromiss erkaufte worden, dass R 26 keine Wiedergabe-Möglichkeit hatte; für das Abspielen der Bänder war eine Umbauversion des Tonbandgeräts BG 19-1 zuständig, hier Magnetton-Abspielgerät R 80 genannt. – Für eine „Rundfunkentwicklung“ ungewöhnlich, bot 1956 das Werk für Fernmeldewesen Berlin ein weitgehend mit R 26 identisches Gerät als „Ton-Reporter“ auch in einer Zivilversion an.²⁷³⁹

Etwas konventioneller, nämlich mit 15-cm-Spulen für 240 m 6,3 mm-Standardband, war das Reporter-Magnetongerät R 20 ausgestattet, das mit der Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s auf die beachtliche Aufnahmedauer von 44 min kam. 1959 vom Betriebslaboratorium für Rundfunk und Fernsehen entwickelt, lieferten Sander & Janzen das Transportwerk, das Funkversuchswerk Berlin die Verstärker. Eine Variante, R 20/1, gedacht für Aufnahmen mit höherer Qualität, arbeitete mit 19,05 cm/s und kam dementsprechend nur auf 22 Minuten Aufnahmedauer. Beide Ausführungen waren gleich groß (Außenmaße 32 x 24 x 11 cm) und wogen 7,5 kg – das brachte in späteren Jahren auch die Nagra IV auf die Waage, allerdings voll mit Batterien bestückt; das Gewicht der 2 x 5 NiCd-Batterien der R 20 ist nicht genannt.

1961 erschien das Reportage-Magnetongerät R 21, entwickelt und gebaut vom Rundfunk- und Fernseh-technischen Zentralamt. Mit seinen bemerkenswert kleinen Maßen – 23 cm lang, 15 cm breit, 9 cm hoch und samt Batterien 2,7 kg schwer – war es für Berichterstattungen vorgesehen, „bei denen die Forderung nach geringem Volumen und Gewicht anderen Forderungen vorangestellt wird“. Die 8 cm-Spulen erlaubten neun Minuten Aufnahmedauer bei der Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s. Anders als die vollwertigen Reportage-Geräte war es nur mit Lösch- und Aufnahmekopf ausgestattet (mit relativ breitem Spalt), weshalb es definitiv nicht für die Überspielung der Eigenaufnahmen benutzt werden konnte. – Weiterentwicklungen dieses Typs hießen R 21a (1965, mit elektronisch geregeltem Motor) sowie R 210 (ca. 1962); eine Variante R 220 beherrschte die drahtlose bildsynchroner Verkopplung mit Filmkameras.²⁷⁴⁰ Nach und nach waren aber auch qualitativ entsprechende Konsum-Geräte erhältlich, die wesentlich günstiger als die Kleinserien-Fertigung des RFZ und anderer Betriebe zu beschaffen waren. Das galt besonders für den Qualitätsanstieg des Compact-Cassetten-Systems, das spätestens ab 1971 qualitativ durchaus befriedigende Aufnahmen erlaubte.²⁷⁴¹



Abbildung 421: Reporter-Magnetongerät R 20; die Bandspulen fassten 250 m Standardband (Agfa Wolfen CR). Gebaut seit 1959, Laufwerk von Sander & Janzen.



Abbildung 422: Reportage-Magnetongerät R 210, etwa 1962 erschienen.



Abbildung 423: Das kleinste aller von RFZ gebauten Spulen-Reportage-Magnetongeräte, R 21, lief mit 9,5 cm/s und bot mit 76 mm-Spulen 9 min Aufnahmedauer.

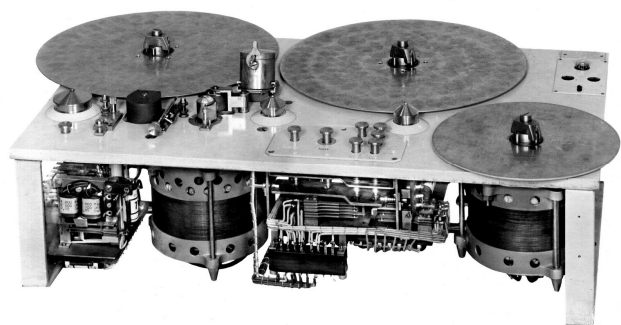


Abbildung 424: Das Cutterlaufwerk R 34b, Baujahr 1951, von Sander & Janzen, mit dem dritten Wickelteller für rationelle Montagearbeiten mit Magnetbändern (Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s).

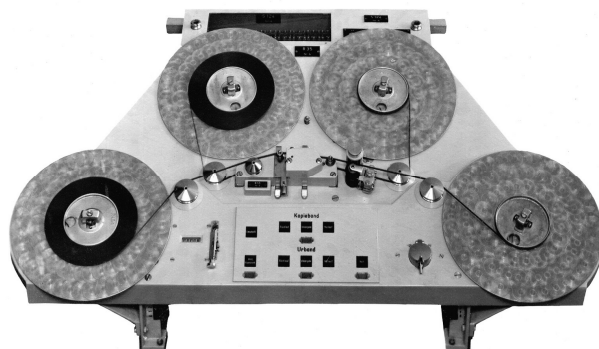


Abbildung 425: Zweibandlaufwerk R 35 für schnittlose Tonmontage, gebaut 1955 als Typ SJ 110 von Sander & Janzen, eine kombinierte Abspiel- und Kopiermaschine (Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s).

Cuttermaschine SJ 105 (R 34) und Zweibandlaufwerk SJ 110 (R 35)



Abbildung 426: Cutterlaufwerke waren bis zur Abwicklung beim DDR-Rundfunk in Betrieb, hier „Cutter AP T5234“ im R 722-Design, eine Entwicklung von RFZ und VEB Tontechnik, noch Anfang der 1990er Jahre in Kleinserie gebaut.

Montagearbeiten zwei übliche Tonbandmaschinen ersetzen, so dass diese für Produktionen verfügbar blieben. So lange überwiegend „nass“ geklebt wurde, nahm ein Schnitt relativ viel Zeit in Anspruch (von einem Bandende die Schicht abschaben, einstreichen, passgenau andrücken, Klebewirkung abwarten). Mit der Umstellung auf die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s erhielten die R 34-Geräte neue Tonmotore; je nach Bedarf wurden Tonrollen mit 19,4 mm (für 76,2 cm/s) oder 9,7 mm Durchmesser (für 38,1 cm/s) montiert. Für den Wechsel von „Schicht außen“ zu „Schicht innen“ genügte es, den Wiedergabekopf entsprechend umzudrehen. Die Cutterlaufwerke waren bis zum Ende der 1980er Jahre im Einsatz;²⁷⁴⁵ ihr Arbeitsprinzip hat sich so bewährt, dass noch in den 1990er Jahren der Nachfolgetyp „Cutter Arbeitsplatz T 5234“ (Laufwerk T 234), eine Entwicklung von RFZ und VEB Tontechnik Berlin, in kleiner Serie gebaut wurde.²⁷⁴⁶

Fast noch ausgefallener als die R 34-Reihe ist das „Zweibandlaufwerk R 35 für schnittlose Tonmontage“, eine Entwicklung des Betriebslaboratoriums für Rundfunk und Fernsehen, gebaut 1955 als Typ SJ 110 von Sander & Janzen. Das Vier-Teller R 35 bildete gewissermaßen zwei in einem Gerät zusammengebaute Tonbandmaschinen-Einheiten, von denen die eine nur Wiedergabe-, die andere Aufnahme- und Abhörfunktion hatte. Die Arbeitsgeschwindigkeit war 76,2 cm/s. Das Besondere daran war, dass der Aufnahmekopf beim Rangieren des Aufnahmebandes auf Wiedergabe geschaltet wurde. Der Entwurf und ein erstes Modell dieser Maschine stammten von drei Technikern aus dem Funkhaus Leipzig.

Das Zweibandlaufwerk R 35 war in erster Linie für Aufgaben wie diese gebaut worden: von einer Veranstaltung liegen durchgehende Aufnahmen (die sogenannten Urbänder) vor, aus denen für Sendungszwecke Auszüge zusammenzustellen sind, ggfs. mit Einfügung von Kommentaren oder dergleichen. Das Urband soll ungeschnitten ins Archiv gehen. Laut Beschreibung dient also „das Laufwerk ... vorzugsweise zum intermittierenden Umschneiden von Wortaufnahmen eines Magnetton-Urbandes auf ein Kopieband ... Hierbei werden nur die gewünschten Sätze, Worte, Silben oder auch Buchstaben <sic> überspielt. Es können bei diesen Montagen auch Einblendungen von weiteren Modulationen ... vorgenommen werden“.²⁷⁴⁷ Diese Arbeitsweise sparte viele Schnittstellen, weil man lückenlos Aufnahmeteile aneinanderkopieren konnte – das funktionierte sogar mit Musikabschnitten taktgenau und unhörbar –, das Kopier-Band also keine potenziell sendungsgefährdenden Klebestellen aufwies, was natürlich auch einer eventuellen Zweitbespielung des in der DDR relativ teuren Bandmaterials zugute kam. Bis zu 50 % Zeiterparnis bei solchen Arbeiten versprach eine Firmenbroschüre.²⁷⁴⁸ Allerdings scheinen nur versiertere Cutter die komplexe Bedienung der Maschine gemeistert zu haben, weswegen sie auch keine Nachfolger fand.²⁷⁴⁹ Die Leipziger Maschine stand seit Anfang der 1960er Jahre in der dortigen Blindenhörbücherei und hat hier 25 Jahre gute Dienste geleistet.²⁷⁵⁰

Heimtonbandgeräte im RGB-Bereich

Stand es lange um die Dokumentation der Rundfunk- und Phonogeräte aus DDR-Produktion noch denkbar schlecht, haben die Veröffentlichungen von Ingo Pötschke diese Lücke mittlerweile geschlossen.²⁷⁵¹ Im folgenden Abschnitt werden daher nur die bekanntesten DDR- und RGW-Heimtonbandgeräte erwähnt, um die Hauptlinien dieses von der Entwicklung im westlichen Wirtschaftsbereich immer etwas abgeschotteten Produktionsbereichs nachzuzeichnen.

Alte Firmen mit neuen (DDR-)Namen

An der Entwicklungslinie, die vom AEG AW1 (1949) über AW 2 (1950) zum „regelrechten“ Heimtonbandgerät führt – typisch das Klein-Magnetophon KL 15 (1951) –, liegt auch das erste serienmäßig gebaute Gerät aus DDR-Produktion, das BG 19. Entwickelt 1951 im VEB Funkwerk Köpenick, brachte es das VEB Funkwerk Leipzig zur Produktionsreife; die Hauptmenge fertigte ab 1952 das VEB Messgerätewerk Zwönitz.

Beim Rundfunk der DDR waren zwei – soweit bekannt, weltweit einmalige – Spezial-Tonbandgerätetypen im Einsatz: die Cuttergeräte R 34, R 34 a (1950), R 34 b (1951), R 34-1 (1956), R 34/2 (1956, alle von Sander & Janzen, Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s, bei R 34/2 auch 38,1 cm/s, Typbezeichnung auch SJ 105²⁷⁴²) und das Zweibandlaufwerk R 35 beziehungsweise SJ 110 (ebenefalls für 76,2 cm/s).

Die Varianten des Cuttergeräts R 34 hatten zwar „nur“ einen Wiedergabekopf, dafür aber drei Wickelmotore, von denen Nr. 3 einen zusätzlichen Wickeltellerantrieb, was „das getrennte Aufspulen bestimmter Bandteile“ ermöglichte, „wodurch das Ordnen umfangreicher und vielseitiger Aufnahmen erleichtert wird.“²⁷⁴³ In gewisser Hinsicht war also R 34 ein Schritt in Richtung „Schneidetisch“ wie bei der Spielfilm-Produktion.²⁷⁴⁴

Dieses Gerät konnte wohl bei reinen Schnitt- und

Hinter den „neuen“ Firmennamen stecken bekannte Vorkriegsbetriebe und Persönlichkeiten. So hieß das VEB Funkwerk Köpenick (bis 1989 aktiv, dann „abgewickelt“²⁷⁵²) vor 1949 GEMA (Gesellschaft für Elektroakustische und Mechanische Apparate), wo Curt Stille seit 1939 (und um 1950²⁷⁵³) als freier Mitarbeiter tätig gewesen ist.²⁷⁵⁴

Hier ist auch Bernhard Vinzelberg wieder anzutreffen, der seit 1938 in der AEG-Magnetophon-Abteilung gearbeitet hatte. Vermutlich mit Gründung des VEB Funkwerk Köpenick übernahm er das RFT-Zentrallaboratorium, zu dem seit dem 1. Juli 1950 auch ein Labor für magnetische Signalspeicherung (Magnettonlabor) unter Leitung von Friedrich Knochenhauer gehörte.²⁷⁵⁵ Als sich Vinzelberg am 17. Juni 1953 aktiv an Demonstrationen und Streikaufrufen beteiligte, verurteilte ihn die DDR-Justiz 1954 zu vier Jahren Zuchthaus.²⁷⁵⁶ Vinzelberg kam im August 1956 wieder frei,²⁷⁵⁷ verließ die DDR und trat 1960 - 1979 auf Patentschriften der Bayer AG Leverkusen auf.

Auch Vinzelbergs Mitarbeiter sollten mit der DDR-Führung kollidieren, denn als sie 1954 mit den Vorarbeiten für das spätere BG 20 begannen, sahen sie sich jählings wegen Landesverrats angeklagt und verhaftet. Das ist nur mit der kruden Logik der Staatsideologie zu verstehen. Zunächst einmal galt das Projekt als „Schwarzentwicklung“, weil ohne Planauftrag begonnen. Aber damit nicht genug: um die DDR-Bürger zu hindern, den Westberliner Sender RIAS zu hören, wurden dessen Sendungen gestört, und – der „Volksempfänger“ lässt grüßen – seit 1953 ein preiswerter, dafür fest auf zwei DDR-Ortssender abgestimmter Ein-Röhren-Rundfunkempfänger „Kolibri“ propagiert. Wer nun also ermöglichte, in West-Berlin RIAS-Nachrichten auf ein Tonband aufzuzeichnen, es in die DDR zu bringen und so die Störsender zu „umgehen“, machte sich strafbar. Unschwer vorstellbar, wie diese wilde juristische Konstruktion auf die Tonbandgeräte-Entwickler, die Repressalien gegen ihren Chef Vinzelberg vor Augen, wirken musste. Glücklicherweise besaß der zuständige Bezirksstaatsanwalt genügend Verstand, das Verfahren einzustellen und die Mitarbeiter des Magnettonlabors freizulassen – allerdings wurde allen gekündigt, die in den Westsektoren wohnten.²⁷⁵⁸

Friedrich Knochenhauer verließ 1961 die DDR und hat danach bei Standard-Elektrik-Lorenz im westfälischen Altena gearbeitet; SEL hatte 1961 das dortige Fabrikationswerk der Graetz KG übernommen, das bis etwa 1959 unter anderem noch „Graetz-SAJA“-Tonbandgeräte gebaut hat. Knochenhauer hat sich als Erfinder, sein Köpenicker Team als Entwickler des 1965 präsentierten Schaub-Lorenz „music-center 5001“ einen Namen gemacht.²⁷⁵⁹ In dieser „Magnetton-Musikbox für den Heimgebrauch“ lief das weitläufigste Tonband, das in einem Seriengerät zu finden war: nicht weniger als 10 cm breit und 145 m lang, war es in 126 parallele, nur 0,4 mm breite Spuren mit Zwischenräumen von 0,35 mm aufgeteilt, die (bei der Bandgeschwindigkeit 11 cm/s) jeweils 22 min Spielzeit und somit etwa 46 Stunden Gesamtspielzeit boten. Dazu wurde der Tonkopf auf einem Schlitten in einer Stahlbandführung und mit einem Rastmechanismus geführt. Wie naheliegend, gab es auch eine Stereo-Version mit der halben Gesamtspielzeit. Große Erfolge waren dem music-center nicht beschieden – anstelle des Originalpreises von DM 1248 wurde es 1968 für DM 490 angeboten –, immerhin ist es heute eine gesuchte Rarität.²⁷⁶⁰

Das 1952 so benannte VEB Funkwerk Leipzig war aus der 1939 gegründeten Firma Oswald Ritter AG, Körting Radio, hervorgegangen (ihr Ursprung war die 1925 gegründete Firma Dr. Dietz & Ritter, Leipzig O 27, die seit 1932 den Markennamen „Körting-Radio“ führte). Oswald Ritter, 1948 als „Volksfeind entlarvt“,²⁷⁶¹ setzte sich mit einigen Mitarbeitern nach Marquartstein in Bayern ab und baute 1949 in Grassau am Chiemsee den später nicht gerade vom Glück begünstigten Körting-Betrieb neu auf, der bis etwa 1964 auch Heimtonbandgeräte fertigte.²⁷⁶²

Nicht mit dem VEB *Funkwerk* Leipzig (FWL) zu verwechseln ist das VEB *Fernmeldewerk* Leipzig, ehemals VEB Stern-Radio Leipzig und Opta-Radio AG, Werk Leipzig. Hier fand sogar eine doppelte politische Zwangsumtaufe statt, denn vor 1942 gehörte der Betrieb unter dem Namen Radio A.G. D. S. Loewe dem bekannten Radio- und Fernsehponier Siegmund Loewe (wegen seiner jüdischen Abstammung 1936 in die USA ausgewandert) und seinem Bruder David. 1941 bis 1944 fertigte die Leipziger Opta-Radio AG ausschließlich Rüstungsgüter. Noch im März 1945 musste ein Teilbetrieb nach Küps in der Nähe von Kronach verlegt werden; er sollte die Keimzelle der neuen Loewe-Opta-Werke bilden, als Siegmund Loewe 1948 seinen Betrieb wieder übernehmen konnte. – Das VEB Fernmeldewerk Leipzig fertigte zwischen 1957 und 1961 drei Versionen des beliebten Heimtonbandgeräts KB 100 (Seite 380). Um die Zusammenhänge weiter zu komplizieren, wurde das VEB *Funkwerk* Leipzig dem Fernmeldewerk Leipzig im Rahmen einer „Spezialisierung“ der nachrichtentechnischen Industrie im Raum Leipzig im Jahr 1964 zu einem VEB (K) Elektrogerätebau Leipzig (EGB) einverleibt; die Sparte Elektroakustik ging an den VEB (K) Elektrogerätebau Leipzig (EGB), 1966 in VEB Elektroakustik umbenannt.²⁷⁶³

Beim VEB Messgerätewerk Zwönitz (MGW, auch MWZ), sicher dem bekanntesten Namen dieser Aufstellung, handelt es sich um den Nachfolger eines Berliner Siemens-Betriebs, der 1944 nach Zwönitz, 32 km südlich von Chemnitz, verlagert wurde (der Teil „Magnetton“ der Entwicklungsabteilung des VEB Funkwerks Köpenick fungierte übrigens später als Außenstelle des MGW). In seinen besten Zeiten beschäftigte das MGW etwa 2.500 Mitarbeiter; sie bauten außer Tonbandgeräten Fernschreiber und Geräte für die Medizin- und Messtechnik. Als sich das MGW nach 1990 auflöste, entstanden hier einige mittelständische Unternehmen, die das wissenschaftlich-technische Erbe weiterführen.²⁷⁶⁴

BG 19 und seine Produktionsgeschichte

Das erste serienmäßig gefertigte DDR-Heimtonbandgerät hatte, und zwar in seiner Freizeit, Friedrich Knochenhauer aus dem VEB Funkwerk Köpenick als BG 190 entwickelt. Unter dieser Bezeichnung wurde es 1951 auf der Leipziger Frühjahrsmesse (4. bis 11. März) vorgestellt und im Juli 1952 in einem detaillierten Bericht der Zeitschrift „Nachrichtentechnik“ beschrieben, als dessen Verfasser Bernhard Vinzelberg zeichnete.²⁷⁶⁵

Das VEB Funkwerk Leipzig (FWL) übernahm von Knochenhauers Team – Hans-Georg Fuchs, Günter Löffler und Kurt Senglaub – die Berliner Vorarbeit,²⁷⁶⁶ entwickelte sie unter dem Namen BG 19 zur Fertigungsreife weiter und nahm im Dezember 1951 die Produktion auf; sie lief mit 40 – 50 Geräten pro Tag (bei 25 monatlichen Arbeitstagen gut 1.000 Geräte; ebenso viele KL 15-Apparate produzierte seinerzeit der AEG-Magnetophongerätebau in Hamburg). Nachdem das FWL etwa 6.000 BG 19 erzeugt hatte, übernahm Mitte 1952 der VEB Messgerätewerk Zwönitz die Fertigung. Anfangs vorwiegend als Unterrichtshilfe geplant, etwa für den russischen Sprachunterricht, reifte das BG 19 gewissermaßen zum Heimtonbandgeräte-Standard, nachdem es ab 1952 auch Privatpersonen kaufen konnten – viele Jahre freilich auch mangels Alternativen.²⁷⁶⁷

Unverkennbar am BG 19 ist seine individuelle, wenn nicht einmalige Bandführung in der Form eines großen W. Die Wendepunkte bilden drei leichtgängige Umlenkrollen mit Bandspannhebeln, wobei die mittlere unter einer Abdeckung zwischen dem Kombi-Tonkopf und der Tonrolle sitzt. Der Tonmotor wog beachtliche 4,5 kg und drehte mit 750 Upm; er übernahm auch das Rückspulen des Bandes. Um auf eine Spielzeit von 2 x 45 min zu kommen, sind bei der Bandgeschwindigkeit 19,05 cm/s 545 m Standardband erforderlich, die mit Schichtlage „außen“ auf Spulen von 22 cm Durchmesser gewickelt sind. Bei einem Frequenzumfang von 60 bis 7.000 Hz ± 5 dB wurde ein Fremdspannungsabstand über 40 dB erreicht. Die Laufwerkssteuerung erfolgte rein mechanisch über drei markante Drucktasten, mit entsprechenden Kontaktsätzen für den Motor. Auffällig ist, dass die doppelt kugelgelagerte Gummiandruckrolle von der Schichtseite her an das Band gedrückt wurde. Mit den Koffer-Maßen 33 x 29 x 19 cm blieb das BG 19 ein recht kompaktes Gerät.²⁷⁶⁸

BG 19 ist ein anschauliches Beispiel dafür, wie konsequent eine Konstruktion auf ihre Grundfunktionen reduziert werden kann, wenn ein Gerät zu einem einigermaßen erschwinglichen Preis auf den Markt zu bringen ist. So fehlte ein Löschkopf; neben einer netzbetriebenen Löschdrossel als Zusatzgerät, die natürlich das ganze Band erfasste, gab es als Nachrüstteile von zwei Privatfirmen (Band-Ton Sachsenfunk, Leipzig und Willy Koch, Halle) keramische Permanentmagnet-Löcher zum Anschrauben auf das Gehäuse beziehungsweise zum Auf-schieben auf einen Bandspannhebel, mit denen eine oder beide Spuren bis in die Sättigung magnetisiert wurden – nicht eben vorteilhaft für die Aufzeichnungsqualität. Auch im elektrischen Teil beschränkte sich die Ausstattung aufs Notwendigste: zwei Röhren EF 12 reichten aus, um die von einem Rundfunkgerät gelieferten Signale zu verstärken und die HF-Vormagnetisierung zu erzeugen. Das Aufleuchten einer Glühlampe signalisierte Übersteuerungen; zum Aussteuern musste der Lautstärkesteller des Rundfunkgeräts herhalten. Schließlich gab es beim BG 19 keine Möglichkeit, das Band schnell vorzuspulen, abgesehen von einer eher umständlichen und wenig betriebssicheren Ausweichlösung.²⁷⁶⁹



Abbildung 427: BG 19, das erste Heimtonbandgerät aus DDR-Produktion, gebaut von VEB Funkwerk Leipzig und dem Messgerätewerk Zwönitz.



Abbildung 428: BG 20-6, ebenfalls aus Zwönitz, abschließende Entwicklungsstufe der BG 20-Serie, gebaut 1962 – 1963.

Ungeachtet dieser Beschränkungen hat es das BG 19 in verschiedenen Varianten zu hohen Auflagen gebracht, allein die Zwönitzer Fertigung soll mehrere zehntausend Geräte umfasst haben.²⁷⁷⁰ Auch mehrere Sonderversionen sind bekannt. Aus Leipziger Fertigung stammt das „Magnetton-Abspielgerät R 80“ alias BG 19-1, das im DDR-Rundfunk zum Abspielen der Kassetten R 56c diente (mit denen die Klein-Reportagegeräte R 26 arbeiteten). Zumindest 1952 ist noch eine Ausführung BG 190a mit Plattenspielerenteil erwähnt, die in eine Musiktube eingebaut werden sollte. Abbildungen zeigen außerdem das Laufwerk der BG 19 in größeren Gehäusen mit umfangreicher Elektronik, genannt „Transportable Magnetbandanlage / Umschnittanlage“, vermutlich für semiprofessionelle Aufgaben. Der VEB Gerätewerk Leipzig baute das BG 19 auch in Ela-Anlagen für Betriebsfunk- und Theaterstudios, Sportzentren o. ä. ein.²⁷⁷¹

Auch in der DDR: Kombinationsgeräte für Schallplatten und Tonbänder

Zwischen 1952 und 1955 erschienen als MTG 20 bis MTG 25 Varianten eines Kombinationsgerätes aus Tonbandgerät und Schellackplattenspieler, Entwicklungen des VEB Stern Radio Stassfurt, in einzelnen Serien später auch vom Messgerätewerk Zwönitz gebaut. Damit die Tonrolle auch als Antrieb des Plattentellers dienen konn-

te, musste sie mit 78 Upm drehen; das bedingte einen Achsdurchmesser von nicht weniger als 47 mm für den Gummiandruckrollen-Antrieb mit der Bandgeschwindigkeit 19,05 cm/s. Da das Band die Tonrolle zu fast 180° umschlang, könnten durchaus erträgliche Tonhöenschwankungswerte erreicht worden sein. Wie das BG 19, war auch die MTG-Serie für 22 cm-Spulen ausgelegt; der Frequenzumfang ging nicht über 40 – 7.500 Hz hinaus (MTG 25 bis 10 kHz, 1956 vorgestellt). Ein Fortschritt gegenüber dem BG 19: zumindest ab MTG 23 hatten diese Geräte Hochfrequenz-Löschköpfe. MTG 21 nannte sich „Magnetton-Schatulle“, MTG 23 und 25 hießen „Topas“ – die drei Geräte waren in aufwendige Holzgehäuse eingebaut.

Zwar gab es auch im westlichen Bereich ähnliche Geräte nach diesem Bauprinzip (etwa den „Metz Musikus“, siehe Seite 274), oder den Plattenspieler-Adapter zum Magnetophon KL 15), doch konnten sie sich nur kurz halten: wie für die DDR-Pendants, kam mit der Langspiellplatte (33 1/3 Upm) auch das Ende dieser Gerätebauart.

Die BG 20-Serie: hochwertige Magnetongeräte aus Zwönitz

Sind beim BG 19 und der MTG-Serie technische wie ökonomische Kompromisse unverkennbar, ändert sich das Bild zum Besseren beim nachfolgenden Modell BG 20 (1956) und seinen Varianten BG 20-1 bis BG 20-6 (1962) mit dem funkelnden Namen „Smaragd“ (schon BG 19-2 war auch als „Rubin“, MTG 23 und 25 als „Topas“ bekannt). Im Design dem gleichaltrigen (1955 angekündigten, 1956 ausgelieferten) AEG-Magnetophon KL 65 durchaus verwandt, brachten auch die MGW-Produkte alle Komponenten eines gut ausgestatteten Heimtonbandgeräts einschließlich eines Abhör-Lautsprechers mit. Bemerkenswert war vor allem das aufwendige Laufwerk mit elektromagnetisch betätigten Kupplungen und Bandbremsen, so dass die Funktionen Halt – Wiedergabe – schneller Rücklauf auch kabelgebunden fernsteuerbar waren; mit den BG 20 ließen sich daher auch Diktate komfortabel abschreiben. Wie weit hier in Details westliche Patente einfallsreich und geschickt umgangen wurden, wäre noch im Einzelnen zu untersuchen.

Alle BG 20-Varianten sind für 18 cm-Spulen ausgelegt. Die Ur-BG 20 und BG 20-1 liefen nur mit der Bandgeschwindigkeit 19,05 cm/s und brachten es damit auf einen Frequenzumfang von 60 – 12.000 Hz. Seit BG 20-3 bis BG 20-6 (Abbildung 428) ermöglichten polumschaltbare Motore auch die Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s mit einem seinerzeit ordentlichen Frequenzumfang von 60 – 9.000 Hz. Ab BG 20-2 ist ein Bandzählwerk in Form einer Uhr eingebaut; anders als bei der überwiegenden Mehrzahl aller Heimtongeräte wird es nicht von einem Wickelteller, sondern von einer Gummirolle im Bandlauf angetrieben. Die Anzeige ist damit linear, das heißt, wenn auch nicht in Minuten und Sekunden ablesbar, so doch vom Wickeldurchmesser unabhängig. Beim Umspulen wird das Magnetband natürlich von den beiden Köpfen (Lösch- und Kombikopf, letzterer voll geschirmt) abgehoben; mit einem kleinen Hebel (rechts vom Tastensatz) lässt es sich kurzzeitig andrücken, womit beispielsweise Pausen zwischen zwei Aufzeichnungen leicht zu finden sind. – Die Serie lief mit dem 1962 vorgestellten BG 20-6 aus, bei dem die Verstärker erstmals als gedruckte Schaltung ausgeführt waren. Die Geräte galten als besonders zuverlässig und stabil; nach dem Urteil von Zeitzeugen waren sie vergleichbaren „West-Erzeugnissen“ zumindest ebenbürtig.²⁷⁷²

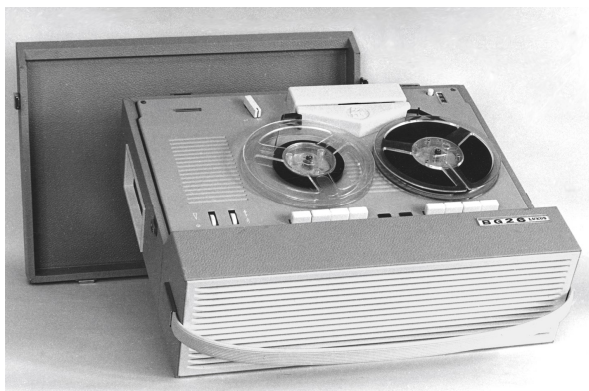


Abbildung 429 (LINKS): Das Tonbandgerät BG 26 des Messgerätekwerks Zwönitz mit seiner modernen Formgebung wurde ab 1963 gebaut. Die gute technische Konzeption litt unter einem anfälligen Tastensatz und zu geringer Materialstärke von Abdeckhaube und Gehäuse. Abbildung 430 (RECHTS): BG 26-Luxus, eine Weiterentwicklung des BG 26 im stabilen Holzgehäuse und zwei Breitbandlautsprechern, gebaut 1964 bis 1965. ²⁷⁷³

Von den Widrigkeiten der „sozialistischen Planwirtschaft“ blieb die Tonbandgeräte-Produktion nicht verschont, auch in Zwönitz waren komplizierte Ausweichlösungen und teure Improvisationen keine Ausnahme. Als besonders hartnäckiges Hindernis stellte sich die Magnetbandproduktion in Wolfen heraus, die leistungsfähige Bänder (etwa auf dem Stand von Scotch 200 oder BASF PES 26) erst mit Verzögerung entwickeln und dann häufig nur in viel zu kleinen Mengen liefern konnte. Charakteristisch dafür eine Beurteilung des BG 20-5 aus der Entwicklungsabteilung des VEB Funkwerks Köpenick:

Das Gerät hat Weltstand, reicht jedoch nicht an die Spitzenerzeugnisse im internationalen Maßstab heran. Das Haupthindernis für die Erreichung der technischen Daten von Spitzengeräten (Frequenzgang, Fremdspannungsabstand, Amplitudenmodulation, Klirrfaktor und Spieldauer) liegt im Fehlen eines geeigneten Bandes (Agfa Wolfen). Die Gestaltung

des Gerätes, dessen ursprüngliche Konzeption bereits fünf Jahre alt ist, entspricht nicht der modernen Linie. Auf Grund der bisher verfügbaren Bauelemente war es nicht möglich, im Gerät moderne Konzeptionsprinzipien anzuwenden sowie gewichts- und raumsparende Verhältnisse im Gerät zu erreichen.²⁷⁷⁴

Stereo- oder Viertelspurausführungen des BG 20 sind nicht gebaut worden. Eine semiprofessionelle Halbspur-Weiterentwicklung mit UKW-Qualität mit der vorgesehenen Bezeichnung BG 22 sollte als Hauptmerkmale drei Magnetköpfe (Hinterbandkontrolle!) und Bandtransport in beiden Laufrichtungen aufweisen. Als schon ein Labormuster zeigte, dass diese BG-20-„Oberstufe“ unverhältnismäßig teuer würde, stellte man das Projekt ein.²⁷⁷⁵

Abgesehen von einigen teils gescheiterten, teils aufgegebenen Projekten entstand in Zwönitz seit 1963 das BG 26 (vier Röhren, unter anderem EM 84; 9,5 cm/s), ein durchaus ansehnliches, im Design an die damals führenden Braun-Geräte erinnerndes Produkt,²⁷⁷⁶ dessen kritische Schwachstellen ein mechanisch instabiler Tastensatz und zu geringe Materialstärken von Gehäuse und Abdeckhaube blieben. Von diesem Modell und einer verbesserten Variante, BG-26 Luxus (unter anderem mit zwei Breitbandlautsprechern) wurden zwischen 1963 und 1965 etwa 60.000 Stück gefertigt, obwohl der Preis mit 1.100 – 1.200 DM alles andere als günstig war.²⁷⁷⁷ Mit diesen Geräten lief die Zwönitzer Fertigung aus, als Tesla die Heimtonbandgeräte-Lieferung für den RGW-Bereich übernehmen konnte.

Die KB 100-Serie des VEB Fernmeldewerk Leipzig

Als um 1957 die Bandgeschwindigkeit 4,75 cm/s auch auf Heimtonbandgeräten halbwegs ansprechende Resultate erlaubte, konnte die DDR-Fertigung gleich ein entsprechendes Gerät präsentieren, nämlich das KB 100 aus der Konsumgüterproduktion des VEB Fernmeldewerks Leipzig (nicht zu verwechseln mit dem VEB *Funkwerk* Leipzig). Das Äußere des KB 100 war mit seinen fließenden Formen und dem klaren Absatz zwischen Bedien- und Spulenbereich damals kein schlechtes Stück Design, was nicht zuletzt das „Amt für Industrielle Formgestaltung“ im Vorstellungsjahr mit einer Auszeichnung als „Gute Form“ honorierte.²⁷⁷⁸

Technisch waren die drei äußerlich gleichen KB 100-Varianten etwas einfacher gehalten als etwa die BG 20-Serie: maximaler Spulendurchmesser 15 cm und rein mechanische Schaltung der Laufwerksfunktionen. Die Bandgeschwindigkeits-Wahl erfolgte allerdings durch Drehzahlumschaltung des Tonmotors (nicht, wie bei Geräten dieser Klasse sonst üblich, über Stufenradgetriebe oder dergleichen), so dass auch die Umspulgeschwindigkeit von der Bandgeschwindigkeit abhängig war. Als Frequenzbereich werden für KB 100 und KB 100 II (1959) bei der Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s 60 – 10.000 Hz, bei 4,75 cm/s 80 – 5.000 Hz genannt. Das mechanisch verbesserte KB 100 III (1960) brachte es bei 9,5 cm/s immerhin auf einen Frequenzbereich von 50 – 15.000 Hz.²⁷⁷⁹ Fremd- oder Geräuschspannungsabstandswerte sind nicht bekannt. (Die ausführliche Reparaturanleitung gibt Grenzwerte vor: zum Beispiel Störpegel -32 dB relativ bei Wiedergabe eines vorher aufgenommen und anschließend gelöschten Bandes.)

Damit sind die wohl charakteristischsten Vertreter der umfangreichen DDR-Heimtongeräteproduktion vorgestellt. Darüber hinaus gab es freilich eine Vielzahl weiterer Hersteller. Neben noch verbliebenen Privatfirmen wie dem Berliner Betrieb Gülle & Piniek, der zwischen 1952 und 1958 vorwiegend semiprofessionelle Geräte für 1.000 m-Wickel mit der Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s produzierte, taucht auch der Schwermaschinenbau „Karl Liebknecht“, Magdeburg, mit zwei eher preiswerten Modellen namens „Tonmeister“ auf, deren Mechanik im Carl-Zeiß-Stammwerk Jena entwickelt worden war. Auch der Ost-Zweig der Firma Sander & Janzen versuchte sich 1954 auf dem Heimtonsektor mit einem Modell SJ 155, dessen Variante SJ 155/02 immerhin einen eingebauten 4 W-Verstärker aufwies. Mehrere Kleinhersteller suchten Erfolge auch im Tonbandgeräte-Bau, etwa die Firma Joachim Wetzels und der „Band-Ton-Spezialist Sachsenfunk“, Alfred Donner, beide in Leipzig, weiter die Firmen Dimafon Gerhard Dittmar in Potsdam und Flohr in Oberlungwitz/Sachsen.



Abbildung 431: KB 100 aus dem VEB Fernmeldewerk Leipzig (1957).



Abbildung 432: Tesla B93-Stereo, ein Viertelspurgerät aus tschechoslowakischer Produktion (1973 – 1976) mit eigenwilligem, „diagonalem“ Design – und Schiebereglern!

Eine ost-westliche Tonbandgeschichte: Herbert Brause

Eine der erfreulicheren deutsch-deutschen Geschichten handelt von Herbert Brause. Zunächst bei Zeiss Ikon in Dresden angestellt, machte sich der Ingenieur gegen Ende der 1940er Jahre selbständig (vermutlich als Zeiss verstaatlicht und enteignet wurde ²⁷⁸⁰) und begann unter anderem mit der Produktion von Tonbandgeräten, die 1952 vier Modelle A, B, C und D umfasste. Etwa doppelt so teuer wie eine BG 19, waren sie vorwiegend für semi-professionelle Zwecke gedacht. Ein Modell E war ausgewiesen als Studiomaschine mit Drucktastensteuerung und der Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s.

Herbert Brause ging ein kalkuliertes Risiko ein, als er zusammen mit etwa 20 Mitarbeitern die DDR verließ und in Weikersheim nahe Würzburg am 1. April 1956 die Firma Elektron OHG gründete. Maßgeblich für den Erfolg seiner Firma waren nicht zuletzt Tonbandgeräte, die das Versandhaus Neckermann vertrieb, sowie Lohnaufträge für namhafte westdeutsche Firmen. 1961 sah Elektron den künftigen Markt Sprachlehranlagen mit ihrer zentralen Rolle für Tonbandgeräte richtig voraus und schaffte bis 1969 den Aufstieg zum Marktführer dieses Sektors. Eine Weiterentwicklung, die für jeden Schülerplatz Videokamera und Monitor vorsah, brachte Elektron eine Geschäftsverbindung mit der Conrac, Inc., spezialisiert auf hochwertige Monitore. Das kalifornische Unternehmen übernahm den Elektron-Betrieb, der seit 1969 als Conrac-Elektron GmbH firmiert. Mit dem für die Bundeswehr „maßgeschneiderten“ Kassetten-Recorder C3-20 konnte Elektron den letzten Tonschreiber, das Magnetonphon 36, ablösen.²⁷⁸¹ Conrac konzentrierte die Produktion nach und nach immer stärker auf Monitore; der Bereich Tonbandgeräte wurde verkauft. Eine Nachfolgefirma der Conrac wurde 2013 von dem Unternehmen Data Modul übernommen und produziert am Standort Weikersheim hochauflösende Monitore und professionelle Anzeigevorrichtungen.²⁷⁸²

TESLA übernimmt die Heimtonbandgeräteproduktion für die DDR

Warum die DDR seit 1965 Heimtonbandgeräte nicht mehr selbst baute, sondern aus tschechoslowakischer Produktion einfuhrte, konnte der DDR-Industriehistoriker Ingo Pötschke aufklären. Um 1963 sahen sich die Tonbandgeräte des VEB Messgerätewerk Zwönitz, aus welchen Gründen auch immer, scharfer Kritik staatlicher Stellen ausgesetzt. Bedeutendere Zwönitzer Produktionsbereiche, wie Messtechnik und Medizinelektronik, arbeiteten weitgehend problemlos, und so ist es bis zu einem gewissen Grad verständlich, dass man sich der Tonbandgeräte-Produktion einfach entledigen wollte. Das ging nach DDR-Regeln jedoch nur, wenn die zuständigen Stellen entsprechende Beschlüsse verabschiedeten, was nachweislich auch 1965 der Fall war: die DDR stellte Entwicklung und Produktion der Heimtonbandgeräte ein und schlug die freiwerdende Forschungs- und Produktionskapazität dem „Staatsthema Datenverarbeitung Magnetspeichertechnik“ zu. Zunächst nicht ganz glücklicher Gewinner dieser Entwicklung wurde der tschechoslowakische Betrieb Tesla, denn seine Produktionskapazität war in den 1960er Jahren für eine derartige Marktausweitung noch zu klein. Um hier keinen Angriffspunkt für Kritik zu öffnen, wurde der ganze Vorgang als eine politische Entscheidung der übergeordneten Instanz ausgegeben, also des Rates für gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW, im Westen bekannt als COMECON, Council of Mutual Economic Assistance).

Die 1946 als Nachfolger einer von 1932 bis 1945 zum Philips-Konzern gehörenden Firma „Elektra“ gegründete tschechoslowakische Firmenverbund Tesla begann erst um 1956 mit dem Bau von Tonbandgeräten, brachte aber bereits 1958/59 ein fernbedienbares, relaisgesteuertes Autoreverse-Gerät MF 2 heraus, das mit seinen zwei Bandgeschwindigkeiten (19,05 cm/s und 9,5 cm/s), vier Köpfen und den 18 cm-Spulen etwa die gleichen Hauptkennzeichen aufweist wie das gleichaltrige Saba-Gerät TK 75 – freilich schaffte das Tesla-Gerät auch bei 19 cm/s nur einen Frequenzumfang von 60 – 10.000 Hz. Die großen Export-Erfolge der Tesla begannen 1966 mit der Baureihe B4, volltransistorisierten Geräten mit den Bandgeschwindigkeiten 4,75 cm/s und 9,53 cm/s (bei einer Ausführung auch 2,38 cm/s), überwiegend als Viertelspur-Ausführung angeboten (B41 in Halbspur-Technik). Das bestausgestattete Modell, B43, war der Stereo-Erstling der Tesla; bei der höchsten der drei Bandgeschwindigkeiten (4,75; 9,53; 19,05 cm/s) wurden als obere Grenzfrequenz 18 kHz erreicht. Als erstes Gerät, das insgesamt zu Recht „Hifi“-fähig genannt werden konnte, gilt das B73, gebaut zwischen 1979 und 1981, ein Dreikopf-Gerät. Bis zum Auslaufen der Heimtonbandgeräte-Produktion 1986 mit dem Modell B116 – wieder ein Dreikopf-Viertelspurgerät – ging die tschechoslowakische Produktion jedoch nicht über die Spulengröße 18 cm hinaus, ebenso wenig sind Drei-Motoren-Geräte bekannt. – Tesla-Geräte in Export-Ausführung, z.B. das B41, waren auch im Versandhandels-Angebot der Bundesrepublik Deutschland anzutreffen (z.B. unter dem Namen „Revue“).

Weitere Heimtongeräte-Fertigungen im RGW-Bereich

Auch die UdSSR, Polen (hier teilweise als Lizenzbau der Grundig-Werke) und Ungarn verfügten über Industriebetriebe, die Heimtonbandgeräte in großen Serien produzierten. Nennenswerte technische Innovationen dürfte es hier jedoch nicht gegeben zu haben, so dass auf spezielle Publikationen zu verweisen ist. Festzuhalten wäre allenfalls, dass der Bau von Heim-Spulentonbandgeräten in Russland erst im Oktober 1999 mit einem Gerät namens „Olimp MPK 005 S-1“ auslief,²⁷⁸³ einer, wie Sachkundige eher amüsiert feststellten, erkennbar von der damals schon ein Vierteljahrhundert alten Revox A700 inspirierten Kopie.²⁷⁸⁴

Typklassen: Heim-Tonbandgeräte 1950 ... 1960

Eine unübersehbare Vielfalt kennzeichnet die Endverbraucher-Tonbandgeräte; sie wurden freilich in Stückzahlen gebaut, die um Zehnerpotenzen über denen der professionellen Geräte lagen. Das vielleicht wichtigste Gruppierungs-Kennzeichen blieb die Auslegung als Halb- oder Viertelspurgerät (viele Gerätemodelle in beiden Versionen angeboten), denn die Spurkonfiguration ließ keinen Bandaustausch zu. Diese Abgrenzung zieht sich vom einfachsten bis zum hochwertigen Modell. Tendenziell waren Viertelspurgeräte mit einer einzigen Bandgeschwindigkeit am weitesten verbreitet, Halbspurgeräte wiesen meist zwei Bandgeschwindigkeiten auf.²⁷⁸⁵ Freilich gab es auch hier „Grenzgänger“: einige wenige Halbspur-Modelle besaßen einen Viertelspur-Wiedergabekopf; das Uher-Gerät Variocord 263 stereo (Abbildung 435, Seite 383) war so konstruiert, dass der Kopfträger (Bandführungen, Lösch-, Aufnahme- und Wiedergabekopf) mit nur wenigen Handgriffen tauschbar war.

Nicht Heim-, sondern eher „Feld-Tonbandgeräte“ wären batteriebetriebene Apparate zu nennen, die klein und leicht sein und sich durch niedrigen Energieverbrauch auszeichnen mussten; die Mehrzahl dieser Geräte bot nur die Spulengröße 13 cm und arbeitete bevorzugt mit der Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s; 4,75 cm/s oder 19,05 cm/s waren ebenfalls zu finden. Nur diese netzunabhängigen Ausführungen ermöglichten im Regelfall Außenaufnahmen; sie waren daher überwiegend bei „Tonjägern“ oder Naturfreunden anzutreffen, die sich auf das Konservieren von Schallereignissen in freier Natur oder im Alltag spezialisiert hatten.

Vorreiter beim Bau erschwinglicher mobiler Geräte waren Hersteller wie die Radiotechnische Fabrik Viktor Stuzzi, Wien, die seit Frühjahr 1958 die batteriebetriebene Stuzzi Magnette anbot, das weltweit erste Transistor-Tonbandgerät,²⁷⁸⁶ und seit Mitte 1959 die Firma Josef Burger und Söhne KG aus dem Schwarzwaldort Schonach mit ihrem zweimotorigen, für Netz- und Batteriebetrieb ausgelegten Butoba-MT4 (4,75 cm/s und 9,5 cm/s).²⁷⁸⁷ Nach dem Batterie-Tonbandkoffer Grundig TK 1 Luxus (1960), dem kofferradio-ähnlichen Philips EL 3585 mit obenliegenden 10-cm-Spulen, dem Universaltonbandgerät Optacord 412 von Loewe-Opta (1961) war es vor allem das ebenfalls 1961 vorgestellte Uher 4000 report, „ein Zwischenglied zwischen den preiswerten Amateurausführungen und den hochgezüchteten Modellen der Rundfunkreporter“,²⁷⁸⁸ das geradezu als Synonym für diese Gerätegattung gelten kann. (Die „hochgezüchteten Modelle“, beispielsweise die Nagra von Kudelski und die Stellavox-Modelle von Quellet, beides Schweizer Firmen, ebenso das englische EMI-Model RE321,²⁷⁸⁹ gehörten in der Tat aufgrund ihrer technischen Leistungen und Preise zum professionellen Sektor, ebenso Weiterentwicklungen des Uher report, etwa das Uher 1000 Report Pilot, von 1966²⁷⁹⁰).



Abbildung 433: Uher 4200 Report Stereo IC (ca. 1977), eine der stereofonen Halbspur-Weiterentwicklungen des Uher report 4000 von 1961 aus der wohl bekanntesten Familie von netzunabhängigen Tonbandgeräten für den Endverbraucher-Bereich.



Abbildung 434: Die Profigeräte von Uher (von unten nach oben): Das Vollspur-Reportagegerät Report V, die erste Pilottonversion 1000 Report Pilot mit nur einem Mikrofoneingang und die letzte Pilottonversion 1200 Report Synchro, die über zwei Mikrofoneingänge verfügt. Zum synchronen Überspielen auf Magnetfilm lieferte Uher einen Synchronizer.

Gemeinsam waren diesen Geräten kompakter Aufbau, niedriges Gewicht, recht kleine Spulen (zum Beispiel Uher 4000: 2,9 kg, Spulen max. 13 cm Ø) und die zwangsläufig kurze Spieldauer. Hier lag Abhilfe sozusagen auf der Hand: die Bandproduzenten hatten ein nochmals schlankeres Band zu entwickeln, das mit etwa 18 µm gerade noch ein Drittel der Standardband-Dicke haben durfte. So konnte auf jede Spule, verglichen mit Standardband, die dreifache Länge Magnetband gewickelt werden – daher auch der Name „Dreifachspielband“.

Netzbetriebene Tonbandgeräte lassen sich grob einteilen in Einfachst-, Heimtonband-, Hifi- und semiprofessionelle oder Kleinstudio-Geräte.

Einfachstgeräte wurden in der Regel für die Spulengröße 15 cm und die Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s ausgelegt. Sie waren durchweg mit einem Kombi-Magnetkopf für Aufnahme und Wiedergabe sowie einem einzigen Motor bestückt, das Laufwerk war ohne Raffinessen kostengünstig nur für die Grundfunktionen gebaut.

Seit etwa 1962 nahmen (teils abschaltbare) Automaten dem technisch weniger versierten Benutzer das oft unverständene Aussteuern ab.

Heimtonbandgeräte hatten ebenfalls Ein-Motoren-Antrieb, boten aber zwei bis drei Bandgeschwindigkeiten, als Spulendurchmesser findet sich meist 15 cm, maximal 18 cm. Meist waren Anschlussmöglichkeiten für verschiedenste Quellen vorhanden, von denen sich gelegentlich zwei mischen ließen. Unterschiedlich aufwendige Konstruktionen sollten den Bandzug stabilisieren; das Umspulen dauerte meist ziemlich lang, weil der Tonmotor für diese Aufgabe nicht optimiert werden konnte. Aussteuerung von Hand war die Regel, wobei zur Kontrolle zunächst ein „magisches Auge“ diente (ein eigentlich als Abstimmhilfe bei Rundfunkgeräten gedachter Röhrentyp mit Leuchtschirm), später ein VU-Meter genanntes Zeigerinstrument. Typische Heimtonbandgeräte waren für Kombiköpfe ausgelegt, das heißt, ein Magnetkopf diente sowohl zur Aufnahme wie zur Wiedergabe. Nur eine relativ kleine Modellzahl besaß drei Magnetköpfe, was entsprechend höheren Aufwand, unter anderem separate Verstärker für Aufnahme und Wiedergabe und, im Röhrenzeitalter, größere Volumina und Gewichte bedingte, dafür aber bessere Aufnahmequalität und den Komfort der „Hinterbandkontrolle“ versprach.

HiFi-Geräte waren, zumindest dem Sprachgebrauch nach, Stereo-Tonbandgeräte; sie mussten zumindest die Anforderungen der im April 1966 etablierten „Hifi-Norm“, DIN 45 500, Blatt 4, „Mindestanforderungen an Magnetbandgeräte für Schallaufzeichnung in Spulen- und Kassettentechnik“, erfüllen und waren ansonsten enge Verwandte der Heimtonbandgeräte. Sie erlaubten die immer wieder propagierten Aufnahmetricks wie Playback, Multi- oder Synchroplay (siehe unten) sowie das Vertonen von Diaserien oder Schmalfilmen, Anwendungen, die mit Sicherheit nur von einer Minderheit erprobt oder praktiziert wurden.

Die Oberklasse bildeten **Kleinstudio-Geräte**, die mit steigendem Aufwand und technischer Perfektion in die **semiprofessionellen Geräte** übergingen. Seit etwa 1965 zeichnete sich diese Gerätekategorie durch Drei-Motoren-Antrieb und weitere geeignete Mittel zur Konstanthaltung des Bandzugs und damit der Bandgeschwindigkeit aus. Eine radikale Neuerung brachte die elektronische Messung und Regelung der Tonmotor-Drehzahl, die auch feinste Abweichungen erfassen und ausregeln konnte, was die zunächst verblüffend kleinen Tonhöhen-schwankungen solcher Maschinen auch bei niedrigen Bandgeschwindigkeiten erklärt. Darüber hinaus konnte diese „Oberliga“ auch zügig umspulen, was bei Bandlängen von 1.280 m auf 26,5-cm-Spulen unbedingt erforderlich war, und besaß entsprechend dimensionierte Bandbremsen. Insgesamt war der Aufbau deutlich stabiler als bei den einfacheren Heimgeräten, was ihrer Lebensdauer zugute kam. Diverse Anschluss- und Mischmöglichkeiten, in der Regel auch sorgfältig auf Rauscharmut getrimmte Mikrofoneingänge, erlaubten anspruchsvollere Aufnahmen, etwa von Chören oder größeren Instrumentalgruppen. Zur Aussteuerungskontrolle dienten überwiegend VU-Meter, gelegentlich unterstützt von Leuchtdioden, die bei Pegelspitzen aufblinkten. Wie bei professionellen Studiotonbandgeräten fanden sich hier drei hochwertige Magnetköpfe, so dass der Dynamikspielraum der mittlerweile rauscharmen Lang- und Doppelspielbänder gut ausgenutzt werden konnte. Das wiederum setzte besonders rauscharme Wiedergabeverstärker voraus, und diese in doppelter Zahl wie bei Kombikopf-Geräten (kein Wunder, dass die Stereo-Kleinstudio-Geräte erst richtig zum Zuge kamen, als Transistoren Gewicht und Volumen des Elektronikteils deutlich schrumpfen ließen).



Abbildung 435 (LINKS): Das Tonbandgerät Variocord 263 stereo (Uher Werke München) bot drei Bandgeschwindigkeiten und war mit auswechselbaren Kopfträgern für Halb- und Viertelspurtechnik lieferbar – das richtige Gerät, um dem Formate-Wildwuchs im Heimtonbandbereich zu begegnen.



Abbildung 436 (RECHTS): Saba 600 SH, das Spitzenmodell der Firma aus Villingen / Schwarzwald: drei Motoren (Papst, St. Georgen), Vier-Kanal-Mischpult mit Schieberegler, Halbspurausführung mit zusätzlichem Viertelspur-Wiedergabekopf (Umschalter in der Mitte des Kopfträgers), Autoreverse-Betrieb bei Monoaufnahmen. Leider waren die 22 cm-Spulen nicht mehr zeitgemäß, als das Gerät Ende der 1960er Jahre erschien – ein Schicksal, das die 600 SH mit der Braun-TG-Serie teilte.

Typische Repräsentanten dieser Gerätekategorie waren das Revox-Modell A77, von dem zwischen 1967 und 1977 über 350.000 Stück gebaut wurden, und sein Nachfolger B77. In Sonderausführungen waren beide auch in Tonstudios und Rundfunkanstalten anzutreffen, was ihre solide Bauart und ansprechende elektroakustische Leistungen beweist.

Eine etwas verkannte Nebenklasse bildeten hochwertige Tonbandgeräte aus deutscher Produktion, die als Kompromiss zwischen Spielzeit und Platzbedarf „nur“ für den Spulendurchmesser 22 cm ausgelegt waren. Hier sind zu nennen die auch vom Design her vorbildlichen Braun-Maschinen TG 1000 (1970) bis TG 1020 (1974) und die leider kaum noch bekannte Saba 600 SH,²⁷⁹¹ ein großzügig ausgestattetes Gerät, das, von Haus aus in Halbspurtechnik, auch mit einem Viertelspur-Wiedergabekopf zum Abspielen entsprechender Bänder ausgestattet war. Die Mitte 1967 erschienene Maschine sollte DM 1.998 kosten (die im Oktober 1967 vorgestellte Revox A77 für Spulendurchmesser bis 26,5 cm etwa DM 1.500²⁷⁹²) und wurde als Amateurgerät nur bis etwa 1970 gefertigt. Das Laufwerk war auch in verschiedenen Spezialversionen anzutreffen.

Zu den immer wieder in der Fachpresse diskutierten Tonband-Themen gehörten Wünsche nach verlässlichen Aussteuerungsinstrumenten und brauchbaren Bandlängenzählwerken. Die vorgeblich für den USA-Export notwendigen VU-Meter – oder was sich in oft problematisch vereinfachter Form so nannte – waren genaugenommen Abschätzhilfen für die subjektive Lautstärke von Rundfunkprogrammen, keineswegs also das Optimum für die Tonbandaussteuerung, wo es auf Ausnutzung und Einhaltung der Vollaussteuerung ankam, sollte die ohnehin etwas enge Dynamik sinnvoll ausgenutzt werden. Aus gutem Grund hatte ja der deutsche Rundfunk schon 1936 den „Tonmesser“, ein Gerät mit (Quasi-) Spitzenspannungsanzeige, als Voraussetzung für sachgerechtes Aussteuern eingeführt (Seite 174), doch blieben solche spezialisierten Instrumente für Amateure entschieden zu teuer. Auch hier bildeten schnell ansprechende Leuchtdioden einen vertretbaren Kompromiss, die verzögerungsfrei bei Vollaussteuerung des Magnetbandes aufblinkten, realisiert etwa im Gerät Revox B77.



Abbildung 437: Das 1967 von Revox vorgestellte Drei-Motoren-Tonbandgerät A77 (LINKS), zusammen mit dem Nachfolgetyp B77 (RECHTS) das erfolgreichste Modell dieses Produktsektors mit einer Auflage von mehreren hunderttausend Stück.²⁷⁹³



Abbildung 438: Braun TG 1000, Zweispurversion, Bandgeschwindigkeiten 4,75 cm/s, 9,5 cm/s, 19,05 cm/s, Spulendurchmesser 22 cm.

anzeige auf die Spieldauer zu schließen. Schließlich gab es für die Anzeige überhaupt keine Standardisierung, so dass die Ablesewerte allenfalls bei Geräten der gleichen Modellreihe übereinstimmten. Nur wenig Abhilfe

Hochwertige Compact-Cassetten-Recorder der 1980er Jahre zeigten sich hier manchen Spulen-Tonbandgeräten überlegen. Bezeichnenderweise waren praxisgerechte Aussteuerungsanzeigen häufig bei solchen Herstellern zu finden, die im eigenen Haus Magnetband produzierten (Sony) oder sich aufgrund ihrer Kenntnisse im Studiobereich für den entsprechenden Aufwand aufgeschlossen zeigten (Studer bzw. Revox).

Bandlängenzählwerke blieben meist auch nur Behelfe. Anders als die sekundengenauen „Banduhren“ der Studiogeräte waren das einfache, meist drei-, seltener vierstellige Rollenzählwerke mit entsprechend grober bis brauchbarer Auflösung. Über Rundriemen von einem der Wickelteller angetrieben, war ihre Genauigkeit ohnehin beschränkt und die Anzeige nicht längen- oder zeitlinear, weil Kern- und Bandwickeldurchmesser der jeweiligen Spule in die Anzeige eingingen. Angesichts verschiedener Band-Geschwindigkeiten und -dicken war es daher so gut wie aussichtslos, aus der Zählwerksanzeige die Spieldauer zu schließen. Schließlich gab es für die Anzeige überhaupt keine Standardisierung, so dass die Ablesewerte allenfalls bei Geräten der gleichen Modellreihe übereinstimmten. Nur wenig Abhilfe

brachten auf die Spulenflanschen gravierte Skalen oder Bandlängen-Schablonen aus folienkaschierter Pappe oder dünnem Kunststoff, die genau angelegt werden mussten, um Fehlablesungen zu vermeiden.

Die Wünsche nach zuverlässiger Aussteuerungsanzeige und Realzeitmessung erfüllten im Allgemeinen erst DAT-Recorder, die ein regelrechtes Spitzenwert-Anzeigeeinstrument geradezu zwingend brauchten; die Echtzeit-anzeige ergab sich gewissermaßen organisch aus den Voraussetzungen der Digitalaufzeichnung.

Modeströmungen in der Tonbandgeräte-Technik

Unverkennbar ist die Tendenz vieler Tonbandamateure, dem (in den 1950er Jahren noch unangefochtenen) großen Vorbild Rundfunk nachzueifern. Das Einblenden von Ansagen „über die Musik“, am Studiomischpult ohne weiteres möglich, blieb für den Amateur ein unerfüllbarer Wunsch, bis Tonbandgeräte mit „Tricktaste“ angeboten wurden. War nun in eine vorhandene Aufnahme eine Ansage oder dergleichen einzufügen, drückte man an passender Bandstelle die Tricktaste. Daraufhin blieb zwar der Löschkopf außer Betrieb, es floß aber außer dem NF-Signal ein reduzierter HF-Strom durch den (Aufnahme-) Magnetkopf, was die vorhandene Aufzeichnung teilweise löschte (sie war letzten Endes noch mehr oder weniger laut hörbar), und so konnte jetzt „die Ansage darübergelegt werden“. Kritisch bei dieser Manipulation war natürlich, dass die „Ansage“ auf Anhieb klappen musste, sonst war die Ur-Aufnahme verloren oder die Arbeit begann von vorn.

Eine Modeerscheinung war auch das „Echo“, ein akustischer Effekt, den Tonbandamateure von Schallplatten- oder Rundfunk-Produktionen gelernt hatten, wo die Zugabe halbwegs natürlich – oder mittels „Hallplatte“ oder „Hallraum“ künstlich – erzeugten Nachhalls gang und gäbe war. Mit Dreikopf-Heimtonbandgeräten konnte das ansatzweise simuliert werden, indem während der Aufnahme ein gewisser Teil des (um die Bandlaufzeit verzögerten) Original-Schallsignals wieder dem Aufnahmekanal zugeführt wurde. Dieser recht grobe Effekt verbrauchte sich verständlicherweise rasch. Stark propagiert von Herstellerseite wurden auch die lange Jahre unverzichtbaren „Playback“- und „Multiplay“-Schaltungen, über die jedes bessere Halb- und Viertelspur-Heimtonbandgerät verfügen musste, wenn auch nur ein Promille-Anteil ihrer Besitzer davon Gebrauch gemacht haben wird – hier war offensichtlich die professionelle Mehrspuraufnahme-Technik Vater des Wunsches. Die beiden Trickverfahren setzten voraus, dass das Tonbandgerät „stereotüchtig“ war, also erstens zwei Spuren bespielen beziehungsweise wiedergeben konnte und zwei Verstärker besaß, die unabhängig voneinander auf Aufnahme oder Wiedergabe geschaltet werden konnten. Handelte es sich um ein Dreikopf-Gerät, mussten sich auch die Systeme des Aufnahmekopfs an die Wiedergabeverstärker ankoppeln lassen (was bei Kombikopf-Geräten weniger Umschalt-Aufwand erforderte), um – ähnlich wie professionelle Mehrspur-Maschinen – den Zeitversatz zwischen Aufnahme- und Wiedergabekopf zu vermeiden. Diese Variante war als „Synchroplay“ bekannt.

Der eigentliche Zweck des „Playbacks“ bestand darin, gleichzeitig mit der Wiedergabe einer Magnetbandspur ein zweites Schallereignis „auf natürlichem Weg“ zu generieren, dieses auf der freien Tonbandspur aufzuzeichnen und schließlich beide Spuren gleichzeitig wiederzugeben. Anspruchsvoller war das „Multiplay“: die Erstaufzeichnung vom Tonbandgerät und das „neue“ Schallereignis wurden gemischt und dann auf der anderen Spur aufgezeichnet. Diese Prozedur ließ sich (technisch gesehen) so lange wiederholen, bis das unvermeidliche Anwachsen von Rauschen und Verzerrungen eine Grenze setzte. Playback und Multiplay setzten – neben musikalischen Fertigkeiten – ebensoviel handwerkliches Können wie beinahe unerschöpfliche Geduld voraus.

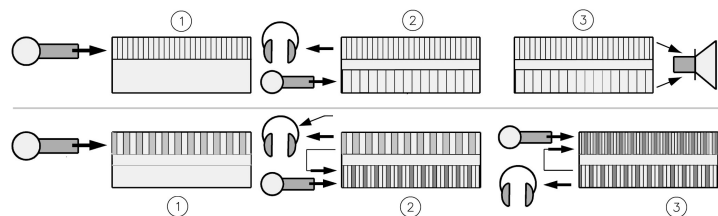
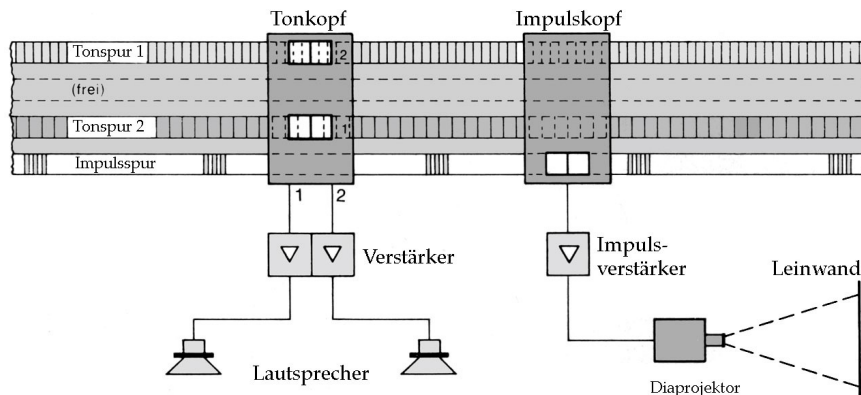


Abbildung 439: Schematische Darstellung von Playback und Multiplay beziehungsweise Synchroplay.– Playback (obere Zeile): ① Aufnahme auf Spur 1, ② Wiedergabe (Abhören) der Spur 1 bei gleichzeitiger Aufnahme auf Spur 2; ③ gemeinsame Wiedergabe der Spuren 1 und 2 über Lautsprecher. – Multiplay (unten): ① Aufnahme auf Spur 1, ② Wiedergabe (Abhören) der Spur 1, Aufzeichnen der Mischung von Spur 1 sowie der Neu-Aufnahme auf Spur 2, ③ Wiedergabe (Abhören) der Spur 2, Aufzeichnen der Mischung von Spur 2 sowie der Neuaufnahme auf Spur 1 usw.

Abbildung 440: Schematische Darstellung der Dia-Vertonung mittels Tonbandgerät mit Impulsspur sowie einem Steuergerät für den Diaprojektor, hier gezeigt für das Viertelspurverfahren. Beim Halbspur-Format wurden die Steuerimpulse in der „Leerspur“ in der Bandmitte aufgezeichnet.



Der „Endverbraucher“ und sein Tonbandgerät

Wozu „Endverbraucher“ ihre Heimtonbandgeräte tatsächlich benutzten, ist nur ungefähr zu beantworten. Schließlich spiegelt der Benutzerkreis ein soziales Umfeld wider, das vom Zufalls- über den Prestigekäufer bis zum ernsthaft Gestaltungswilligen reicht. Werbung – und dazu sind bestimmte modisch wechselnde Ausstattungsmerkmale zu rechnen – weckte Kaufwünsche, meist ohne das Versprochene auf Dauer halten zu können; ihr positiver Aspekt ist, dass, gemessen an ihren technischen Leistungen, die Preise vergleichbarer Geräte mit steigenden Auflagen und Umsätzen tendenziell sanken oder zumindest stagnierten.

Mittlerweile sind kaum noch verlässliche Untersuchungen zugänglich, die Auskunft über das Kauf- und Benutzerverhalten der Tonbandgerätebesitzer geben. Vermutlich zirkulierten solche Informationen ohnehin nur firmenintern, wie ein für Agfa-Gevaert erstellter Bericht von 1970, also zu einer Zeit, als das Heimtonbandgerät den Höhepunkt seines Produkt-Lebenszyklus²⁷⁹⁴ erreicht oder schon überschritten hatte. Befragt wurden 1039 Gerätebesitzer in Deutschland. Leider fehlen wichtige Kennzahlen, beispielsweise die Gerätepreise, eine Klassifikation der Geräte (wie oben skizziert) und die Marktsättigung (also der Anteil der Haushalte, die ein Tonbandgerät besitzen; 1962 soll er noch bei 25 % gelegen haben).

Unter hundert Geräten zählte man damals noch 87 Spulengeräte, also erst 13 Compact-Cassetten-Recorder; einem Viertel stereotüchtiger Geräte stand der große Rest der Mono-Ausführungen gegenüber. Drei Viertel aller Besitzer hatten das Gerät selbst gekauft (ältere Personen waren hier stärker vertreten), die anderen hatten es geschenkt bekommen. 70 % legten sich das Gerät für keinen bestimmten Verwendungszweck zu, nur 18 % gaben als Anschaffungsgrund Musikaufnahmen von Platten, Rundfunk oder Fernsehen an; jeder fünfte Geräteeigner nannte Aufnahmen im Familienkreis als (weiteren) Kaufgrund. Die überwiegende Mehrheit benutzte die Geräte kurz nach dem Kauf am häufigsten, später wenigstens einmal pro Woche.

Wie Urheberrechtsgesellschaften richtig vermuteten, dienten letztlich doch drei Viertel aller Geräte zum Aufnehmen oder Abspielen von Schallplatten- oder Rundfunkmusik, wobei klassische Musik mit etwa 20 %, Unterhaltungsmusik mit 70 %, Wortsendungen aber nur selten vertreten waren – merkwürdigerweise fehlt im Bericht jede Angabe über das Aufnehmen originaler Musikdarbietungen, einem beliebten Werbungsmotiv. Neun Zehntel aller Gerätebesitzer konnten sich weder für die Dia- noch für die Filmvertonung oder die Produktion von Hörspielen erwärmen – das heißt aber auch, das von 1.000 Geräten immerhin 100 zumindest gelegentlich diesen arbeitsaufwendigen Zwecken dienten.



Abbildung 441: Tonbandgerät und Diaprojektor, zumindest in der Werbung immer ein vielversprechendes Gespann. – Das Tonbandgerät Uher SG 560 Royal besaß einen eingebauten „Dia-Pilot“, einen Impulsgeber zum Aufzeichnen der Dia-Wechselimpulse für den Projektor und einen entsprechenden Steuer-Magnetkopf.



Abbildung 442: Komplizierter Aufbau und aufwendige mechanische Verkopplung von Filmprojektor und Tonbandgerät mittels biegsamer Welle und „Synchronkoppler“ (unten rechts) geben einen Eindruck vom Aufwand, den ein Schmalfilmamateur zu treiben hatte, sollte der Begleitton seines Films vom Tonbandgerät (unten links) kommen.

Abgespielt wurden Tonbänder zu 57 % (!) bei Festen, Familienfeiern oder Parties, nur 7 % dezidiert als Ersatz für nicht zusagende Radio- oder Fernsehprogramme. Gewerblichen oder Schulungs-Zwecken dienten nur 4 %. Aufschlussreich sind die Bestände an Spulentonbändern: 22 % der Eigner besaßen vier bis fünf Bänder, 24 % sechs bis neun, 20 % zehn bis 14, 17 % 15 Tonbänder und mehr. Allerdings ist über die Bandlänge nichts gesagt; vermutlich war die 15-cm-Spule am stärksten beteiligt, denn die maximale Spulengröße betrug bei 14 % der Geräte 13 cm; 15 cm Ø waren mit 43 %, 18 cm Ø mit 25 % vertreten. Dass sich die Compact-Cassette noch nicht voll durchgesetzt hatte, zeigen die entsprechenden Bestände: 31 % Eigner besaßen zwischen 1 und 3 Stück, 43 % zwischen 4 und 6, 25 % zwischen 7 und 29 Exemplare.

Der zitierte Bericht endet mit einer durchaus relativierenden Zusatzinformation: zwei Drittel aller Tonbandgeräte-Besitzer verfügten auch über Plattenspieler; 21 % besaßen „relativ wenige“, nämlich 1 – 24 Platten, ein knappes Drittel gab eine mittelgroße Sammlung an, nämlich 25 bis 74, und immerhin 11 % nannten ihren Bestand „umfangreich“, das sind mehr als 75 Platten.

Sonderanwendungen für Heimtonbänder

Die wohl seriöseste und anspruchsvollste Anwendung fand das Tonband in Blindenhörbüchereien. Die teils literarischen, teils aktuellen und informativen Texte waren vor allem für Spät-Erblindete, die die komplizierte Braille-Schrift, im Gegensatz zu blind Geborenen, nicht mehr oder nicht ausreichend erlernen konnten, neben dem Rundfunk eine nicht zu unterschätzende Bildungs-, Erfahrungs- wie Unterhaltungsquelle. Die meist auf Landesebene angesiedelten Blindenhörbüchereien (wie die erste deutsche, 1953/1954 in Marburg gegründete „Deutsche Blinden-Hörbücherei GmbH“²⁷⁹⁵) gehörten außerdem zu den bevorzugten Kunden der Bandproduzenten, weil von diesem Anwenderkreis relativ schnell auch zuverlässige Qualitäts- und Fehlermeldungen zu erhalten waren.²⁷⁹⁶

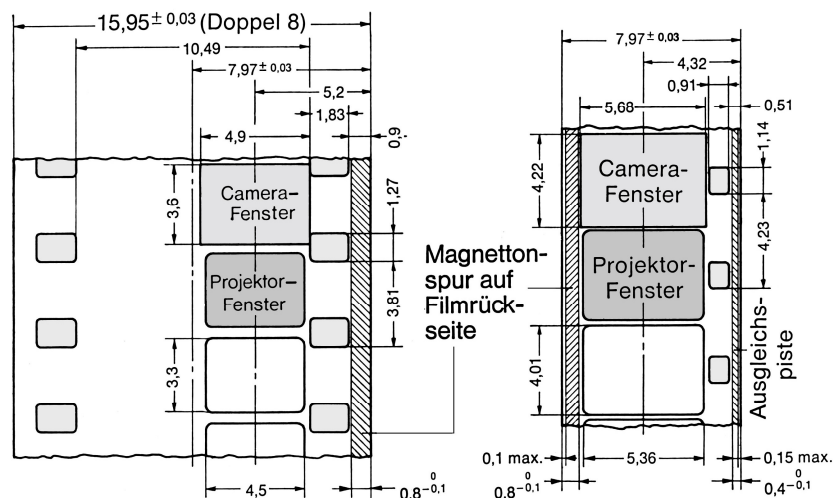
Wie schon Professor Arthur Weber in den 1930er Jahren propagiert hatte (Seite 113), eignen sich charakteristische Ton-Aufzeichnungen von normalen oder krankhaften Herztönen oder Atmungsgeräuschen besonders für die Schulung oder Weiterbildung von Medizinnern. Anlass genug für den Medicus-Verlag Berlin, ab Herbst 1959 eine „Medizinische Tonbandzeitung“ herauszugeben, und zwar als Einstunden-Programm auf Magnetband. Die Tonbeispiele waren in die Vorträge eingebettet, die die jeweiligen Autoren selbst sprachen. Der Verlag nutzte dafür eine Batterie von zwanzig „Magnetophonen“, um die entsprechende Auflage – hier also in Form von Tonbandkopien – zu produzieren. Der Gedanke war vielversprechend und zukunftsweisend, nur ist heute nicht mehr nachzuverfolgen, welchen Erfolg beziehungsweise welche Lebensdauer diese ambitionierte Publikationsform erreicht hat.²⁷⁹⁷

Nicht zu vergessen sind auch viele, oft bewundernswert engagierte Vereine und Vereinigungen von Tonbandfreunden, die nahezu Jahr für Jahr gut besuchte Wettbewerbe veranstalteten, ihre Produktionen vorführten und neue Anregungen sammelten. Wo es nicht um dokumentarische Aufnahmen ging (Vogelstimmen und andere Tierlaute waren beliebte Sujets), wurde oft versucht, den Hörspielproduktionen des Rundfunks nachzueifern, vor allem mit Themen, die reichlich Gelegenheit zum Einsatz von Geräuscheffekten und dergleichen boten. Wie das Resultat auch ausgefallen sein mag: in der Regel werden die Ausführenden auch die Mehrzahl der Hörer gestellt haben.

Folgt man der einschlägigen Werbung, muss vor allem das Vertonen von Dia-Serien und selbstgedrehten Schmalfilmen attraktiv gewesen sein. Technisch überschaubar war noch am ehesten die Diavertonung. Wer ein zweispuriges Tonbandgerät und ein Diasteuergerät besaß, zeichnete die Bildwechselsignale für den Projektor auf der einen Bandspur, auf der anderen den Begleitton auf. Zunächst war dafür ein Zusatzgerät namens Tonkoppler erforderlich, das an der rechten Seite des Tonbandgeräts zu installieren war; das Magnetband passierte ihn auf seinem Weg von der Tonrolle zur Aufwickelspule. Weiterentwickelte Geräte besaßen eingebaute Magnetkopfsysteme und entsprechende Beschaltungen (Abbildung 441). Aber schon der pure Zeitaufwand – angefangen vom Schreiben eines einigermaßen sprechbaren Manuskripts, dem Aufzeichnen dieses Kommentars, weiter mit dem Unterlegen von Begleitmusik und -geräuschen, ganz abgesehen von praktischen und technischen Randproblemen – dürfte in keinem rechten Verhältnis zum Ergebnis gestanden und schließlich auch die größte Begeisterung gedämpft haben.

Abbildung 443: Bildgrößen und Magnetton-Spurbreiten (LINKS) beim Normal- beziehungsweise Doppel-Acht-Schmalfilm und beim Super-8-Film (RECHTS). Die Magnettonspuren sind jeweils auf der Rückseite des Bildfilms aufgetragen. – Beim Super-8-Film war eine zusätzliche Ausgleichspiste vorgesehen; sie verhinderte, dass sich größere Filmlängen tellerförmig aufwickelten.

Alle Maße in Millimetern.



Schmalfilm-Amateure, die ihre Arbeiten mit Ton zeigen wollten, hatten sich vor allem damit abzufinden, dass lippensynchroner Realton, also Originalton zum Originalbild, mit ihren Mitteln technisch kaum zu machen war, jedenfalls nicht zu erschwinglichen Preisen. So blieb nur das nachträgliche Vertonen des ansonsten vorführfertigen Films. Doch ein BASF-Werbeslogan wie „Die Freude wird verdoppelt, sind Bild und Ton verkoppelt“ war ebenso holprig wie das Versprochene nur mühsam erreichbar.

Die überschaubarste, wenn auch teure und teils problematische Lösung war das „Einbandverfahren“, so genannt, weil sich Bild und (Magnet-)Ton auf gemeinsamem Träger befanden und daher einen Schmalfilmprojek-

tor mit Magnettonteil (zum Be- wie zum Abspielen) voraussetzten. Auf den fertig geschnittenen Bildfilm brachten spezialisierte Firmen eine „Magnettonpiste“ auf, die nicht breiter als 0,6 mm (Normal-8-Film) bis 0,8 mm (Super-8-Format) sein konnte; dazu wurde eine Nut in den Film gefräst und das Magnetbandstreifen hineingeklebt. 16^{2/3} Bildern pro Sekunde, die übliche Bildwechselfrequenz beim Normal-8 mm-Film, entsprach die recht niedrige Vorschubgeschwindigkeit 6,1 cm/s. Nun wird aber der Film an der Bildprojektionsstelle bekanntlich schrittweise transportiert, soll aber zur Tonabtastung gleichmäßig, also „stetig“, laufen. Das war nur mit einem Abstand von 56 Bildern zu erreichen, also etwa 20,5 cm Versatz zwischen Bild und Ton. Doch selbst gut ausgewuchtete Rollen und Schwungmassen schafften es kaum, den Film auf dieser Laufstrecke so weit zu beruhigen, dass sich die Tonhöhenschwankungen mit denen selbst einfacher Heimtonbandgeräte hätten vergleichen lassen. Das steife Filmmaterial erzwang recht hohe Andruckkräfte auf die Magnetköpfe, die ein entsprechend kurzes Leben hatten. Blieb als Hauptvorteil der relativ einfache Aufbau: war der Projektor aufgestellt und an ein Rundfunkgerät oder dergleichen angeschlossen, konnte die Vorführung auch schon beginnen; Ton- und Bildträger waren „unverlierbar“ miteinander gekoppelt.

Angeichts dieser Hindernisse lag es nahe, den Ton zum Bild von einem Tonbandgerät abzuspielen. Bei ganz geringen Ansprüchen genügte es vielleicht, Film und Magnetband gleichzeitig zu starten, aber das war kaum praxisgerecht: es blieb von Zufälligkeiten (vor allem Bandschlupf oder Banddehnung) abhängig, wie lange Bild und Ton einigermaßen zusammenblieben. Also mussten beim „Zweibandverfahren“ Projektor und Tonbandgerät verkoppelt laufen, und damit war eine klassische Steuerungsaufgabe zu lösen: den gleichzeitigen Start von Bildfolge und Begleitton einmal vorausgesetzt, sollten Bild und Ton inhaltsgleich oder deckend, also synchron bleiben. Fiel das Bild gegenüber dem Ton zurück, musste der Projektor so lange etwas schneller laufen, bis die Verzögerung eingeholt war; lief er voraus, musste er für eine bestimmte Zeit verzögern. In der Amateur-Praxis folgte daher stets der Projektor dem Tonbandgerät, denn beim Bild fallen selbst mehrere Prozente Abweichung von der Sollgeschwindigkeit kaum auf, während Tonhöhenschwankungen schon im Zehntelprozent-Bereich störend hörbar sind.

Lösungen für diese konstruktive Herausforderung gab es „in einer erschreckenden Zahl von Varianten“, angefangen von starr mit einer Welle gekoppeltem Tonbandgerät und Projektor über halb mechanisch, halb elektrisch arbeitende Tonkopplersysteme (Abbildung 442) bis hin zu elektrischen und elektronischen Lösungen, wie etwa dem 1963 vorgestellten „Einheits-Tonsystem“.²⁷⁹⁸ Erste Systeme wurden um 1953 bekannt, doch nicht vor 1956 in nennenswertem Umfang eingeführt.²⁷⁹⁹ Es hat nicht an teils aufwendigen Gerätschaften gefehlt – eine der zuverlässigsten benutzte perforiertes 6,3 mm-Tonband –, doch alle Anläufe sind samt und sonders bald wieder versandet, auch wenn es immer Unentwegte gab, die diesem Hobby frönten (siehe auch Seite 492). Wer sich aber einen Eindruck verschaffen konnte, welchen Aufwand Film- und Fernsehstudios trieben, um ebenso rationell wie qualitativ hochwertig zu arbeiten (Seite 483 ff.), musste allen Amateurbemühungen eher skeptisch gegenüberstehen, ganz zu schweigen von der „kreativen Überforderung der Zielgruppe“,²⁸⁰⁰ wie sie der satirische Realist Lorient in seinem Sketch *Das Geschenk* („Ein Klavier, ein Klavier!“) karikiert hat.

Sowohl für die Dia- wie die Schmalfilmvertonung fertigten BASF und andere Hersteller besondere Magnetbänder wie z.B. die Signiertonbänder PES 40 und PES 55, auf deren gelber Rückseitenmattierung Bleistiftmarkierungen oder dergleichen anzubringen waren. – Magnetband für die Filmbespurung hat BASF nicht produziert; dies war eine Domäne vor allem der Agfa-Gevaert AG, Leverkusen, die als Hersteller von 8- und 16-mm-Bildfilm natürlich andere Möglichkeiten und überlegene Sachkenntnis hatte. Diese Technik scheint bereits 1959 / 1960 ausgereift gewesen zu sein.²⁸⁰¹

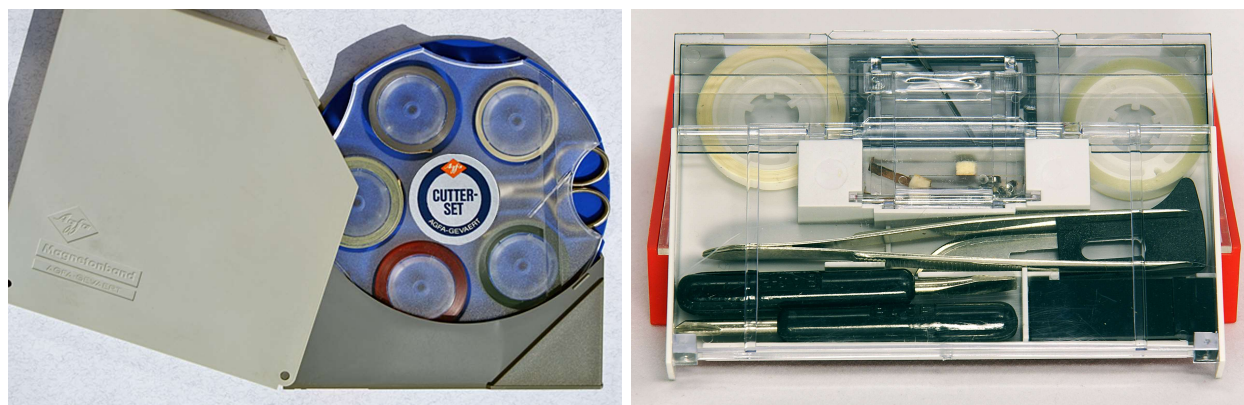


Abbildung 444: Das klassische Zubehör: „Alle erforderlichen Utensilien, wie Klebeband, Vorlaufband, Nachlaufband, Pauseband, Schaltband, Schere und Klebeschiene, enthält das neue Cutter-Set (LINKS) von Agfa-Gevaert in einer runden Spezialdose, die in einer normalen Aufbewahrungskassette wie eine 15-cm-Tonbandspule ihren Platz in jedem Tonbandarchiv einnehmen kann.“²⁸⁰² (RECHTS): Eine pfiffige Design-Idee für nützliches Zubehör: alles für Montage oder Reparaturen bei Compact-Cassetten Erforderliche in einer Box von der Größe einer „snap pack“ (BASF, um 1970).

Kein Hobby ohne Zubehör

Ein kleiner, dafür umso bunterer Markt war das Zubehör zum Heimtonbandprogramm. Wer einigermaßen „zünftig“ schneiden und montieren wollte, kam ohne eine „Cutterbox“ mit unmagnetischer Schere, Klebeband, Klebelehre (!) und einem Sortiment von rotem, grünem, weißem und blauem Vorspannband sowie Schaltband nicht aus. Bandklammern, Archivierungssysteme (denen man natürlich die umfangreiche, Konsequenz erfordernde Arbeit zunächst nicht ansah), Leerspulen, Leerkartons oder –Kassetten rundeten das Programm ab. Dieser Sektor verlangte jedem Anbieter viel Kleinarbeit ab, aber als wichtige „Kundenbindungsmaßnahme“ durfte ihn kein Anbieter vernachlässigen oder umgehen.

Tonband-Sprechbriefe

Wenn auch Tonbandgeräte im privaten Bereich vor allem dazu dienten, aus Rundfunk- und Schallplatten-überspielungen individuelle Musikkonserven zusammenzustellen, ist an die zeitweise stark propagierten „Tonbandbriefe“ zu erinnern. Als diese Marketing-Kreation 1963 auf den Markt kam, war noch keineswegs in beinahe jedem Haushalt ein Telefon installiert, das den Wunsch oder die Vorstellung, die Stimme des Absenders zu hören anstatt seine Handschrift zu entziffern, vielleicht etwas attraktiver machte. Zudem waren seinerzeit Telefonate noch teuer und umständlich, Selbstwählfertgespräche keineswegs überall möglich. Mehrere Magnetbandhersteller haben daher kleine Bandspulen beworben, die zu moderaten Portokosten versandt werden konnten. Es muss sich aber bald gezeigt haben, dass der Aufwand größer war als für einen herkömmlichen Brief, zumal ja auch beim Empfänger ein passendes (!) Tonbandgerät, Kenntnisse seiner Bedienung und zum Anhören wie zum Beantworten (außer einem Mikrofon) auch relativ viel Zeit vorauszusetzen war.

„Briefband-Spulen“ hatten einen Durchmesser von 6 cm (wie der Kern einer 18-cm-Spule) und fassten ganze 45 m Langspielband, entsprechend einer Spielzeit von 7 ½ min pro Durchlauf. Der Verpackungskarton eignete sich auch für den Versand, zu frankieren war mit moderaten 15 Pfennig anstelle des Briefportos von 0,20 DM.²⁸⁰³ Dass die Compact-Cassette auch das Briefband be- und letztlich verdrängte, ist anzunehmen.

Heim-Magnettonbänder: Reife Produkte

Von Low-Noise- zu Low-Noise-High-Output-Heimtonbändern (1967 – 1969)

Nach den ersten stürmischen Entwicklungsjahren zwischen 1950 und 1960 reifte die Heimtonbandgeräte-Technik bis 1967 / 69 eher verhaltener und gleichmässiger, bis sie gegen 1970 auf ihren Höhepunkt zusteuerte,²⁸⁰⁴ gekennzeichnet auf der Geräteseite von jetzt zu erschwinglichen Preisen angebotenen Drei-Motoren-Geräten, auf der Magnetbandseite zunächst von LH-Tonbändern und ihrer Weiterentwicklung zu semiprofessionellen Tonbändern mit Rückseitenmattierung. Die höchstaussteuerbaren Tonbänder der LHS-Klasse (1974) fallen schon in eine Zeit, die mehr von der Compact-Cassette als vom Spulentonband bestimmt war. Schließlich signalisieren die 1981 / 82 mit großem Aufwand als markanter Fortschritt präsentierten, aber erfolglosen hochkoerzitiven EE-Tonbänder das Ende der Heimton-Bänder und -Geräte.

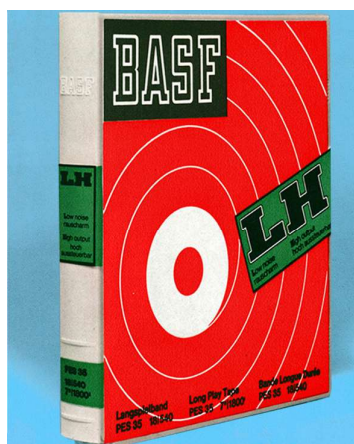


Abbildung 445: Die erste Version des Low-Noise-Tonbands (hier PES 35 LH), das 1968 für eine Produktionskrise sorgte.



Abbildung 446: Langspielband LP 35 LH hifi, überarbeitete Version von 1969. Der Zusatz „hifi“ unterschied diesen Typ von seinem Vorgänger.



Abbildung 447: Das Agfa Magnetonband PE 36, ebenfalls ein Hifi-Low-Noise-Typ

Bereits 1962 hatte 3M als Typ 202 „A New Magnetic Tape with Greater Dynamic Range“ angekündigt, ein Standardband auf Polyesterträger, alternativ einen Typ 201 auf Celluloseacetat, und als Typ 203 ein entsprechendes Langspielband.²⁸⁰⁵ Als diese Bänder um 1966 in Deutschland unter dem Namen Dynarange bekannt wurden, zeigte sich, dass ihnen das 4 – 5 dB niedrigere Rauschen (Schlagwort „low noise“) zwar einen Dynamikgewinn

gegenüber dem betagten 3M 111 sicherte, freilich nur, in einer Art Interessensabwägung, im Tausch gegen einen stärkeren Kopiereffekt, der 4 – 6 dB schlechter war als der von BASF-Bändern.²⁸⁰⁶

Hochwertige Tonbandgeräte zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass ihre Wiedergabeverstärker „ohne Band“ deutlich weniger rauschen als beim Abspielen eines gut gelöschten Magnetbandes; sinngemäß Gleiches gilt für den Aufnahmeverstärker. Anders gesagt: sollten Verstärker die Band-Dynamik nicht durch eigene Zutaaten einengen, musste ihr Eigenrauschen etwa 10 dB unter dem des Magnetbandes liegen. So lange dies nur wenige High-Fidelity-Tonbandgeräte leisteten, konnten die „low-noise“-Bänder keinen Boden gewinnen.

Das änderte sich Mitte der 1960er Jahre. Als 1965 dreimotorige Kleinstudiogeräte eine neue Oberklasse definierten, gab es auch einen lohnenden Marktsektor für hochwertige „Amateur-Tonbänder“, vor allem auf Spulen mit den Durchmessern 22 und 26,5 cm (seltener 25 cm). Lange Spielzeiten bei 19,05 cm/s und 9,5 cm/s waren schon immer eine Domäne der Drei-Motoren-Geräte, denn bei Spulengrößen über 18 cm sind konstanter Bandzug und tragbare Umspulzeiten mit den Reibkupplungen der Ein-Motoren-Geräte nicht mehr zu erreichen.

August 1967 wurde bekannt, dass Philips das Heimtonband-Sortiment auf Low-Noise-Ausführung umstellen würde²⁸⁰⁷ (wahrscheinlicher Bandproduzent: 3M United Kingdom²⁸⁰⁸). Zur gleichen Zeit hatten BASF und Agfa, nicht zuletzt auf Drängen Grundigs,²⁸⁰⁹ die Arbeit an einer neuen Generation von Magnetbändern aufgenommen. Zur Funkausstellung 1967 zeigte BASF erste Muster des Tonbandes PES 35 LH (ab 1968: LP 35 LH),²⁸¹⁰ das nicht nur im Rauschen mit den amerikanischen Vorbildern gleichzog (darauf deutet das „L“, low noise), sondern auch eine um 3 dB erweiterte Aussteuerbarkeit besaß (das „H“ für „high output“), wenn auch bei etwas stärkerem, aber noch unkritischem Kopiereffekt. Auf einfachen Geräten kam zumindest der nach „oben“ erweiterte Aufzeichnungsspielraum zur Geltung, High-Fidelity-Geräte mit rauscharmen Verstärkern konnten sogar einen Dynamikgewinn von 7 – 8 dB realisieren²⁸¹¹ – der größte Entwicklungssprung in der Heimtonbandtechnik.

Die Produktionsumstellung der BASF-Langspiel-Heimtonbänder auf die LH-Ausführung war bereits im Mai 1968 im Gang,²⁸¹² neue, entsprechend gekennzeichnete Verpackungen sollten aber erst ab Spätsommer in den Handel kommen.²⁸¹³ Mittlerweile hatte auch Agfa mit dem vollständigen Sortiment der „Hifi Low Noise“-Heimtonbänder PE 36, PE 46 und PE 66 Triple Record (alle auf Polyester-Folie) technisch gleichgezogen.²⁸¹⁴

Kaum waren die ersten PES 35 LH-Orders an professionelle Kunden wie Sprachlabors, Kopieranstalten und Blinden-Hörbüchereien ausgeliefert, hagelte es derartig viele Beschwerden wegen verschmierter Magnetköpfe,²⁸¹⁵ dass Mitte Juli 1968 die Auslieferung gestoppt und die generelle Umstellung auf die LH-Rezeptur auf unbestimmte Zeit verschoben wurde,²⁸¹⁶ denn auch interne Tests zeigten, dass die Reklamationen begründet waren.²⁸¹⁷ Agfa-Bänder liefen überwiegend problemlos (abgesehen von einer kurzen Periode, während der Grundig mit der Oberflächenglätte dieser Bänder nicht zurecht kam²⁸¹⁸), so dass Leverkusen erheblich von der werblichen Vorarbeit der BASF profitierte.²⁸¹⁹

Tabelle 8: Vergleich BASF Magnetophonband LGS 26 (1958) mit BASF Tonband DP 26 LH hifi (1971) ²⁸²⁰

Band	Bandgeschwindigkeit / Entzerrung	Dynamik	Spurbreite	remanenter Bandfluß	Vollaussteuerung über Be- zugspegel 333 Hz / 10 kHz	
DP 26 LH hifi, C 264 Z Bezugsbandleerteil ab Juni 1969	9,5 cm/s / 90 + 3180 µs 19,05 cm/s / 50 + 3180 µs	60 dB 62 dB	2,2 mm	127 mT	+9,0 dB +10,0 dB	-5,0 dB +5,5 dB
LGS 26, 110 211 Bezugsbandcharge bis 1969	9,5 cm/s / 90 + 3180 µs	52,5 dB	2,2 mm	86 mT	+5,0 dB	-8,0 dB
Gewinn von DP 26 LH hifi gegenüber LGS 26	9,5 cm/s / 90 + 3180 µs	+7,5 dB		47,7 %	+4,0 dB	+3,0 dB

Nach und nach zeichnete sich ab, dass die LH-Krise zwei Ursachen zugleich hatte. Von Grundig vorgegebene, teils sehr zeitaufwendige Feucht-Wärme-Tests erwiesen sich als mehrdeutig und hatten während der ohnehin beschleunigten Entwicklung keine Schwächen der Magnetschicht-Rezeptur signalisiert.²⁸²¹ Zudem führten die Magnetkopfhersteller Telefunken und Wolfgang Bogen, Berlin (Lieferant der stark betroffenen Firma Uher) gerade zu dieser Zeit neue Modelle mit Zinkdruckguss- beziehungsweise Aluminium-Lauflächen ein, die auf Bänder der ersten LH-Rezeptur mit bedenklichen Korrosionserscheinungen reagierten: „*Bandstaub frisst sich ein bzw. verursacht pickelartige Erhebungen auf Tonköpfen, Bandführungen, Tonwellen und Tonkopffplatten. Klebrige, wie Rost aussehende Masse setzt sich ab.*“²⁸²² Daraufhin musste allein Telefunken deutlich über 1.000 Magnetköpfe austauschen²⁸²³ und zu Sinterbronze übergehen.²⁸²⁴

Zum Jahresende 1968 konnte BASF die Feucht-Wärme-Probleme des LP 35 LH mit einer neuen Rezeptur aus der Welt schaffen,²⁸²⁵ Mitte Januar 1969 zeigte sich sogar, dass der neue Ansatz Dauerlaufeigenschaften brachte, die denen der Agfa-Low-Noise-Bänder überlegen waren.²⁸²⁶ Als die immer schwierige Übertragung aus dem Labor in die Produktion gelang, waren Schmieren und Korrosion überwunden.²⁸²⁷ Dieser Erfolg war vor allem dem Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer VAGH der Dow Chemical Company ²⁸²⁸ zu verdanken, mit dem sich „*bei guten physikalischen Eigenschaften auch gute elektroakustische Werte erreichen lassen.*“²⁸²⁹ Die hauseigene Rezeptur von Anfang 1968 war damit natürlich obsolet; zur klaren Unterscheidung bekamen aus der neuen LH-Rezep-

tur gefertigte Bänder (auf Polyesterträger!) den Namenszusatz „hifi“. Diese Bandtypen – also LP 35 LH hifi, DP 26 LH hifi und TP 18 LH hifi – wurden endgültig im zweiten Halbjahr 1969 eingeführt und erzielten trotz etwas angehobener Preise rasch gute Umsätze.²⁸³⁰ Wie erwähnt, erhielt im Juni 1969 das Doppelspielband DP 26 LH, Charge C 264 Z der BASF als neuer DIN-Bezugsbandleerteil Heimtonband die quasi-amtliche Krönung. Für das Ansehen des LH-Bandes spricht auch das Ergebnis einer Untersuchung der niederländischen Verbraucherorganisation Mitte 1973, die LP 35 LH als „best buy“, also besonders empfehlenswert beurteilte; den ersten Rang bei den Doppelspielbändern teilten sich Agfa PE 46 und BASF DP 26 LH, und selbst beim Dreifachspielband stand das BASF TP 18 LH an der Spitze. Im Test waren 21 Tonbänder von neun Herstellern vertreten.²⁸³¹

Der Fortschritt, den die LH-Bänder brachten, ist in Tabelle 8 anhand von Messergebnissen aus dem Jahr 1971 dokumentiert.²⁸³² Zu beachten ist, dass 1969 bei der Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s die Wiedergabeentzerrung von 120 µs auf 90 µs zurückgenommen werden konnte (LGS 26 / 110 211 hätte, rein formal, bei 120 µs gemessen werden müssen),²⁸³³ was das Grundrauschen bereits um etwa 2 dB absenkt. Die höhere Aussteuerbarkeit ist im Wesentlichen der um fast 50 % gewachsenen Remanenz zu verdanken, Resultat neuer Verarbeitungsmethoden (unter anderem Verdichten des Pigments). Für die BASF-Entwickler, während der LH-Krise teils von anderen Projekten abgezogen, und die Bandproduzenten brachten die Leistungen der LH hifi-Bänder eine kleine Genug-tuung: jetzt waren, schlicht gesagt, die Magnetbänder besser als die Tonbandgeräte, und so waren wieder die Gerätehersteller in der Pflicht.²⁸³⁴

Rückseitenbeschichtete Heimtonbänder

Mit etwa zwölf Jahren Verzögerung holte der Heimtonband-Sektor nach, was beim Studioband seit 1956 Stand der Technik war: die Rückseitenmattierung für bessere Wickeleigenschaften. Es hatte zwar immer eine kleine Nische für semiprofessionelle Drei-Motoren-Geräte gegeben, aber diese mussten entweder mit den üblichen Magnetbändern auskommen oder auf Studiobänder ausweichen, was wegen des notwendigen höheren Band-zugs meist nur als Notlösung durchging. Als jedoch seit 1967 auch eine nennenswerte Zahl von „Amateuren“ Drei-Motoren-Geräte betrieb, lohnte es sich, rückseitenmattierte Lang- und Doppelspielbänder herauszubringen, die auch beim schnellen Umspulen feste und ebene Bandwickel gewährleisten sollten. Bänder mit glatter Rück-seite neigen nämlich dazu, dass einzelne Wickellagen auf einer Art Luftkissen aufschwimmen und gegen die Spulenflansche laufen; gut verständlich, dass solche vorstehenden Bandkanten leicht geknickt und beschädigt werden. Allerdings konnte man nicht ohne weiteres die Studioband-Rückseitenmattierung verwenden, da ihre Rauigkeit (beziehungsweise die Eindrücke auf der Schichtoberfläche der anliegenden Bandwindung) zwar bei Aufzeichnungen mit größerer Wellenlänge, also höheren Bandgeschwindigkeiten, kaum Schwierigkeiten unter anderem mit dem Modulationsrauschen machte, aber eben deshalb für die niedrigeren Bandgeschwindigkeiten untauglich war.

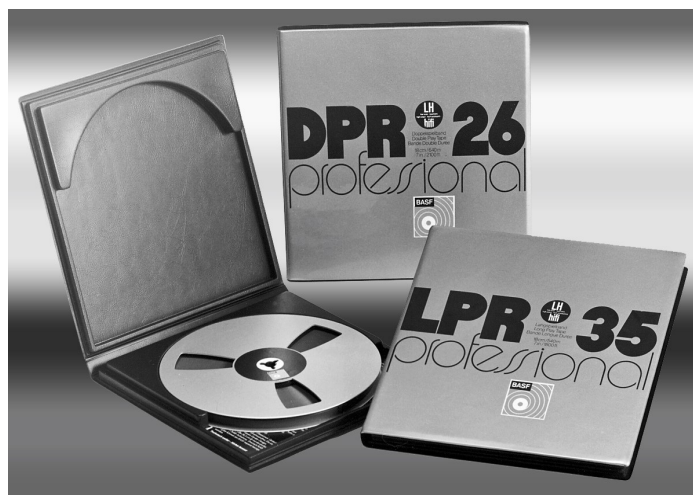


Abbildung 448: LPR 35 und DPR 26 LH HiFi, schwarz rückseitenmattierte Magnetbänder für Drei-Motoren-Heimtonbandgeräte (1973).



Abbildung 449: Auf einer imposanten Metallspule von 26,5 cm Ø: das Doppelspielband DPR 26 in der Ausführung 1982 / 1984.

Die ersten Chargen des BASF Tonband LPR 35 LH hifi und BASF Tonband DPR 26 LH hifi – also ein Lang- und Doppelspielband – hatten eine gelbe Rückseitenmattierung, wohl eine Variante der LR- und PES-40-Mattierung, und wurden im Spätjahr 1971 auf Spulen mit Durchmesser von 22, 25 und 26,5 cm ausgeliefert.²⁸³⁵ Die gelbe Rückseitenmattierung sorgte zwar für die gewünschten Wickeleigenschaften, allerdings um den Preis beträchtlichen (Rückseiten-)Abriebs und elektrostatischer Aufladung des Bandes, die beim schnellen Umspulen zu kräftigen Funkenüberschlägen und Knistern führten, besonders, wenn das Band auf die „in Mode“ gekommenen Aluminiumspulen gewickelt war und diese keine leitfähige Verbindung zum Chassis des Tonbandgeräts hatten. „Ent-Spannung“ brachte hier ein neuentwickelter, leitfähiger schwarzer Rückguss, der kaum noch Staub anzog, gleich gute Wickeleigenschaften wie der gelbe Vorgänger aufwies und zudem ein Mattierungsmittel ent-

hielt, mit dem sich die unumgängliche Rauigkeit der Rückseite reduzieren ließ, was wiederum dem Modulationsrauschen zugute kam. Leicht angehobene Aussteuerbarkeit und höhere Kopierdämpfung rundeten die Qualitäten dieses neuen Bandtyps ab, der seit Mitte 1973 als BASF Tonband LPR 35 LH professional und BASF Tonband DPR 26 LH professional verfügbar war.²⁸³⁶ Auf der Spule 26,5 cm boten 1.100 m Langspielband 96 min Spielzeit bei 19,05 cm/s, 1.280 m Doppelspielband bei 9,5 cm/s 224 min, knapp 3½ Stunden. Theoretisch hätte das Doppelspielband 1.480 m lang sein, bei 9,5 cm/s also 259 min Spielzeit bieten müssen. Die Rückseitenmattierung machte das Band allerdings auch dicker. Wie beim Langspielband zur Kompensation eine dünnere Trägerfolie zu wählen, schien beim Doppelspielband zu riskant.²⁸³⁷

Mit der Heimtonband-Generation ferro super LH professional HiFi DPR 26 und ferro super LH professional HiFi LPR 35 war (ungeachtet ihrer überlangen neuen Produktnamen) der Höhepunkt der Heimtonband-Entwicklung erreicht, was technische Daten und Einsatzbreite angeht. Als Audio Professional LPR 35 fand sich das Langspielband noch 1996 im Sortiment der BASF Magnetics G.m.b.H., es dürfte aber nur zu einem unbedeutenden Bruchteil an „Amateure“ geliefert, überwiegend im institutionellen Bereich eingesetzt worden sein.

Agfa-Gevaert hatte 1973 / 74 mit zwei gleichwertigen Parallel-Typen geantwortet, PEM 268 Professional (Doppelspielband) und PEM 368 Professional als Langspielband, die ebenfalls neu entwickelte, höher verdichtbare Pigmente und natürlich eine schwarze, leitfähige Rückseitenmattierung besaßen.²⁸³⁸ Auch PEM 368 wurde noch nach 1991 gefertigt.

Letzte BASF-Heimtonbandtypen: LHS und EE

Die vorletzte Heimtonband-Generation der BASF, TP 18 LH Super, DP 26 LH Super und LP 35 LH Super (kurz LHS), war 1973 in der Absicht entwickelt worden, Fortschritte in der Magnetpigment-Entwicklung auch einfachen Heimtonbandgeräten zugute kommen zu lassen, also gewissermaßen den Sprung von LGS zur Generation LP 35 LH zu wiederholen.²⁸³⁹ Gegenüber den LH-Bändern waren die LH Super-Spulenbänder in der Tat ca. 2 dB höher aussteuerbar (bei gleichem Störrauschen),²⁸⁴⁰ ihr stärkstes Verkaufsargument waren indessen die funktional wie optisch ausgezeichnet gestalteten Spulen und Archiv-Kassetten: die Flansche der Spule fast geschlossen, lediglich von einem Einfädelschlitz und einem Griffloch, dazu einer ausgesparten „1“ oder „2“ zur Kennzeichnung der Spulenseite durchbrochen, der Kassettenkörper aus schwarzem Kunststoff gefertigt mit einer rauchgrauen, durchsichtigen Klappe. Während die aufwendige Kassette der LPR- und DPR-Bänder nicht unbedingt praxisfreundlich war (heruntergefallene Vorspannbandwindungen wurden regelmäßig gequetscht und geknickt), hätte die LHS-Bandserie einen Designpreis verdient.

Abbildung 450: BASF Tonband DP 26 LH super, ein besonders hoch aussteuerbares 6,3 mm-Tonband (ohne Rückseitenmattierung), hier zusammen mit der gleichnamigen, jedoch mit einem anderen Magnet-Pigment gefertigten Compact-Cassette LH super C 60



Die Produktgeschichte des Magnetbandtyps LH super ist auf Seite 507 dargestellt. – LH Super-Spulentonband litt bald unter ähnlichen Problemen wie die LHS-Compact-Cassetten, nämlich Quietschen und, zumindest chargenweise, starkem Abrieb an den Magnetköpfen. Nachdem im August 1976 die LH Super-Compact-Cassetten-Rezeptur praktisch zugunsten einer Neuentwicklung aufgegeben werden musste,²⁸⁴¹ hielten sich auch die LH Super-Spulentonbänder nur noch bis 1978 im Sortiment.²⁸⁴²

Das Ende des Produkts Heimtonband kam spätestens im Jahr 1976 in Sicht, als (dem Wert nach) dreimal mehr Compact-Cassetten abgesetzt wurden. Zwischen 1978 und 1981 halbierte sich die Zahl der verkauften Heimtonbänder, gleichzeitig stieg der Anteil der „teuren“ Bänder (DM 30 und mehr), der 1973 noch bei 8,5 % gelegen hatte, auf 50 % – deutliches Zeichen dafür, dass die Bänder auf 26,5 cm-Spulen für Drei-Motoren-Geräte den Hauptumsatz brachten. Das bestätigt auch der hohe (Wert-)Anteil der Langspielbänder, der 1981 bei knapp zwei Dritteln lag; Dreifachspielband war mit 1 % nur noch marginal beteiligt. Im Sommer 1978 machten Viertelzollbänder weniger als zehn Prozent der Willstätter Produktion aus (und dabei sind vermutlich die Studiobänder eingeschlossen).²⁸⁴³ Bezeichnenderweise sind seit 1982 keine Marktdaten für Heimtonbänder mehr auffindbar. Schon

eine grobe Extrapolation der Umsatzzahlen zwischen 1973 und 1981 zeigt, dass die Umsätze, zumindest bei BASF, spätestens 1983 annähernd auf Null gesunken sein müssen.²⁸⁴⁴

Ein letzter Impuls, die Lebensspanne des Heim-Spulentonbands zu verlängern, kam Ende 1981/Anfang 1982 aus Japan. Die Firmen Maxell und TDK präsentierten „Extra Efficiency“- (EE) Magnetbänder (ohne Rückseitenmattierung!) mit kobaltdotierten Eisenoxiden, unverkennbar abgeleitet aus der Compact-Cassetten-Entwicklung für den Typ IEC II mit Koerzitivfeldstärke-Werten um 45 kA/m (Eisenoxid-Bänder lagen meist bei 27 kA/m). Gleichzeitig erschienen drei passende Geräte, ein Teac-Modell und die beiden Akai-Maschinen GX-77 und GX-747, bezeichnenderweise alles Viertelspurgeräte. Extra Efficiency, am ehesten mit „besondere Leistungsfähigkeit“ wiederzugeben, sollte höhere Dynamik signalisieren, die mit 4 – 5 dB im oberen Frequenzbereich freilich mit hohem Aufwand erkaufte sein wollte.²⁸⁴⁵ Die Dynamik war ja immer der schwache Punkt der Viertelspurtechnik, zumal wegen des Gegenspür-Übersprechens (Seite 356) höhere Bandgeschwindigkeiten als Ausweg versperrt blieben.²⁸⁴⁶ Auch die Firma Sony schloss sich dem Trend an, und zwar mit der Anwendung des „Ferro Chrom“-Prinzips für rückseitenmattierte Heimtonbänder.²⁸⁴⁷

Sollten die japanischen Bandhersteller gehofft haben, BASF mit den „EE“-Typen überraschen zu können, sahen sie sich getäuscht: in Willstätt lag ein 6,3 mm-Band auf Chromdioxid-Basis gewissermaßen in der Schublade, und zwar aus dem noch laufenden Unisette-Projekt (Seite 520). Mit passender Rückseitenmattierung, ebenfalls als „Baustein“ vorhanden, erschien innerhalb kürzester Zeit 1982 das EE-Langspielband BASF chromdioxid super HiFi LPR 35 CR.²⁸⁴⁸ Mit seiner goldfarbenen Präzisions-Aluminiumspule und dem Archivkarton mit Prägefolien-Druck war es das aufwendigste und optisch eindrucksvollste Heimtonband, das BASF je gefertigt hat.

Es ist, aus Anwendersicht, allerdings nie recht klar geworden, was sich die Hersteller – BASF eingeschlossen – von der EE-Aktion versprochen haben (Agfa ignorierte den Bandtyp ohnehin). Grundsätzlich setzten ja die EE-Bänder neuentwickelte Magnetbandgeräte mit (von Hand!) umschaltbarer Entzerrung voraus, denn mit der aktuellen Gerätegeneration war EE-Band weder im Arbeitspunkt noch in der Wiedergabe-Entzerrung kompatibel. Der Dynamikgewinn im Höhenbereich (zu dem die vorgeschlagene Entzerrung mit 50 + 3180 µs bei 9,5 cm/s beitrug) war sicher ein Fortschritt, aber nicht attraktiv genug, um das Interesse an Heimtongeräten wiederzubeleben. Als in Europa weder Studer / Revox noch Philips, geschweige denn Grundig, entsprechende Modelle auch nur ankündigten, war klar, dass der EE-Anlauf, wie schon die Elcaset-Kampagne, im Sand verlaufen würde, zumal der geringe Qualitätsgewinn nur wenigen Anwendern die notwendige Investition plausibel erscheinen ließ.

Höherkoerzitive Magnetbänder auf Basis Chromdioxid oder kobaltdotiertes Eisenoxid verhalten zwar der Compact-Cassette zur HiFi-Reife und waren geradezu die technische Voraussetzung der Video-Cassetten. Dem Heimtonband verschafften sie aber kaum mehr als eine letzte, schnell verflackernde Aufmerksamkeit.



Abbildung 451 (LINKS): BASF chromdioxid super HiFi LPR 35 CR (EE), letzter technischer Innovationsversuch im Heimtonband-Bereich, 1982.



Abbildung 452 (RECHTS): AKAI GX-747, ein für EE-Band geeignetes Tonbandgerät als Abschluss der Heimtonbandgeräte-Entwicklung (1982)

Heimtonbandgeräte laufen aus

Sieht man sich derzeit noch (2020) im Internet in spezialisierten Foren und Versteigerungs-websites um, ist kaum zu glauben, dass das faktische Ende der Heimtonbandgeräte deutlich länger als ein Vierteljahrhundert zurückliegt. Schon um 1968 / 1970 waren Stagnationszeichen unverkennbar; bei AEG Berlin lief das letzte Spulen-Magnetophon am 30. Juni 1975 vom Band,²⁸⁴⁹ das Revox B77 hielt sich fast zehn Jahre länger, nämlich bis 1984.²⁸⁵⁰ Bei anderen Herstellern verschwanden Spulen-Geräte wie -Bänder nach und nach still aus den Katalogen – vergleiche dazu die Tabelle 9, Seite 394.

Das kurze zweite Leben eines Schüller-Patents: Cross-field-Vormagnetisierung

Als wollte man am Ende der Lebenskurve einfacherer Tonbandgeräte auf eine Entwicklung vom Anfang der 1930er Jahre zurückgreifen, kam der Grundgedanke einer besonderen Ausführungsform aus Eduard Schüllers Magnetkopf-Patent DE 660 377 vom 24. Dezember 1933 zu späten Ehren. Schüller hatte darin – vielleicht schon, um sein Patent abzusichern – eine Anordnung aus zwei gegenüberstehenden Magnetköpfen vorgeschlagen.

Derjenige Kopf, der die Magnetschichtseite berührte, sollte sie mit dem eigentlichen Tonfrequenz-Signal magnetisieren, während der gegenüber stehende Kopf durch die Trägerschicht hindurch das Vormagnetisierungsfeld beisteuern sollte. Schüller hatte natürlich nur ein Gleichfeld im Auge. In der Beschreibung heißt es: „[...] Die Gleichstrommagnetisierung dient ... nur dazu, um den an sich durch den permanenten Magnet 8 (in der Abbildung: 7) festgelegten Arbeitspunkt genau einzuregulieren.“ Im zweiten Anlauf zwischen etwa 1965 und 1972 sollte selbstverständlich ein Hochfrequenzfeld die Vormagnetisierung übernehmen (unwahrscheinlich, dass sich damals noch jemand an DE 660 377 erinnert hat).

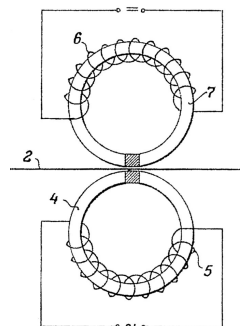


Abbildung 453: „Abbildung 2“ aus Eduard Schüllers Patent DE 660 377.

Zumindest der japanische Hersteller Akai und sein norwegischer Mitbewerber Tandberg stellten einige Geräte mit dieser „cross field“-Vormagnetisierungsvariante vor.²⁸⁵¹ Die Diskussion war und blieb kontrovers, Tandberg konnte gewisse Vorteile demonstrieren,²⁸⁵² aber kein anderer Hersteller zog nach, weil die Probleme offensichtlich waren: die beiden Kopfspalte mussten sich exakt – und zwar justierbar – gegenüberstehen, was angesichts von Spaltbreiten zwischen 7 µm und 3 µm bedenklich viel verlangt war. Wie groß der Abstand zwischen den Kopfspiegeln sein sollte, ob Bänder verschiedener Dicke verwendbar waren und wie sich die Anordnung auf das Bandeinlegen, Klebestellen oder Verschmutzungen der Bandoberfläche(n) auswirken würde, kam allenfalls am Rand zu Sprache. Letztlich schaffte es auch diese anfänglich so viel versprechende Neuheit nicht über einen schmalen Marktanteil und kurze Aufmerksamkeit hinaus.

Ein alles in allem würdiger Abschied

Schließlich schlug auch der letzte Heimgeräte-Wiederbelebungsversuch mit EE-Band fehl (Seite 392). Eine ehrenwerte Ausnahme machte auch hier die Firma Akai im Herbst 1985. Die Fachzeitschrift FUNK-Technik würdigte das Ereignis in einem Beitrag, der alle Aspekte dieses Abschieds – und Übergangs – zusammenfasst:

Nachdem Akai 31 Jahre erfolgreich Spulentonbandgeräte gebaut und verkauft hat, zieht man sich jetzt aus diesem Bereich zurück und stellt die Produktion ein. Zwei der letzten Jumbo-Maschinen vom Typ GX-747 bleiben aber der Nachwelt erhalten. Sie wurden Museen geschenkt und zwar dem Deutschen Rundfunk-Museum in Berlin und dem Deutschen Museum in München.

Das Marktvolumen für Spulentonbandgeräte zeigte in den letzten Jahren stark fallende Tendenz. Wurden z.B. in 1981 noch für 40 Millionen Mark Geräte gekauft, so werden für 1985 nur noch 12 Millionen erwartet und 1986 bleiben schließlich ganze 8 Millionen übrig.

Der Abwärtstrend der Spulengeräte ist durch die stetigen Verbesserungen bei Cassettendecks zu erklären, deren Tonqualität der von Spulengeräten heute [1985] in nichts nachsteht. Hinzu kommt noch die einfachere Bedienung. Ein weiterer Punkt für das veränderte Kaufverhalten ist in der Marktführung der HiFi-Videorecorder zu sehen. Mit ihnen kann man nicht nur Fernsehsendungen aufzeichnen, sie ermöglichen auch „nahtlose“ Rundfunk-Mitschnitte über mindestens 180 min in höchster Qualität. Während der Übergabefeier in Berlin sagte Akai-Geschäftsführer Kohzo Sumi: „Der Ausstieg scheint auf den ersten Blick nicht verständlich, aber Erfolg verlangt Freiraum für neue, zukunftsorientierte Wege“. Es sei daher nicht wirklich ein Endpunkt erreicht, sondern die hochentwickelte Technologie der Spulengeräte wird bereits erfolgreich bei Cassettendecks eingesetzt.²⁸⁵³

Nachzutragen ist, dass es sich beim Akai GX-747 (wahrlich einem „Jumbo“ seiner Klasse, wie Abbildung 452, Seite 393, zeigt) um eine auch für EE-Band geeignete Maschine gehandelt hat – und dass diese Geräte heute nicht nur in den beiden Museen zu finden sind, sondern auch zu den gesuchten Sammler-Raritäten gehören.

Tabelle 9: Tonbänder und Compact-Cassetten 1972 – 1981²⁸⁵⁴

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Verkaufte Cassetten (BRD)*	21,2	27,0	36,4	37,2	40,4	44,3	51,9	51,5	55,6	60,9
Wert in Mio DM	87,2	108,6	145,1	149,9	170,5	196,6	239,8	249,1	274,6	306,0
- BASF-Anteil in %	30,1	35,1	33,6	35,5	35,2	35,8	32,4	35,7	33,4	32,8
Verkaufte Tonbänder (BRD)*	3,9	3,6	3,0	3,1	3,1	2,5	1,5	1,4	1,1	-.-
Wert in Mio DM	67,3	66,2	54,7	53,3	59,9	50,8	34,5	30,4	24,4	-.-
- in % des CC-Werts	77,2	60,9	37,7	35,6	35,1	25,8	14,4	12,2	8,9	-.-
- BASF-Anteil in %	48,7	50,7	44,8	37,3	31,7	37,7	44,6	39,9	33,3	-.-
* in Millionen Stück										

VIERTES BAND: Magnetton für Studio und Rundfunk

Magnetbandgeräte bei Schallplatten- und Rundfunk-Gesellschaften

Bei Rundfunk- und Schallplattengesellschaften waren Magnetbandgeräte – zumindest seit 1949 – das ausschließliche Mittel, um verkaufsfähige Musikproduktionen oder Sendungen (Programme) zu produzieren. Dass nämlich das Magnetband die unbedingt notwendige Voraussetzung für die Langspielplatte gewesen ist (Juni 1948, Peter Goldmark bei Columbia, rauscharme, füllstoff-freie Pressmasse aus Polyvinylchlorid und Polyvinylacetat, 33 $\frac{1}{3}$ Upm und Spielzeit bis ca. 25 min pro Plattenseite), ist unbestreitbar, spielt aber in der Schallplatten-Technikgeschichte so gut wie keine Rolle. Ohne Zweifel brauchte die Magnettontechnik damals noch Jahre bis zur technischen Reife. Die Geräte-Ausstattung war dem jeweiligen Verwendungszweck immer so weit angepasst, wie es technischer Stand, realisierbare Anregungen aus der Praxis und erlaubter (finanzieller) Aufwand rechtfertigten. Denn so hoch auch der Aufwand getrieben wurde: vom idealen Aufnahmesystem, das keine „Eigenleistungen“ (Rauschen, Verzerrungen, Gleichlaufschwankungen und anderes mehr) beisteuert, blieben die analogen Magnetbandgeräte selbst in professionellen Studios immer (beziehungsweise stets weniger) hörbar entfernt. Erst mit digitalen Systemen gelang ein großer Schritt nach vorn, freilich ohne Konsens darüber, ob das Ideal ganz erreicht wurde oder ob man sich ihm zumindest wesentlich genähert habe.



Abbildung 454: Studer A27, erstes professionelles Tonbandgerät Willi Studers von 1951, bereits damals mit den beiden Bandgeschwindigkeiten 38,1 cm/s und 19,05 cm/s. Alle Funktionen waren relaisgesteuert.



Abbildung 455: Studer C37 (1961) demonstriert die Fortschritte, die die Schweizer Firma innerhalb eines Jahrzehnts erreichte. Die C37 war nicht nur eine ausgesprochen elegante Maschine (was Abbildung 456 besser zeigt), sondern auch übersichtlich und raumsparend konstruiert, so waren Aufnahme- wie Wiedergabeverstärker eingebaut. Die Glühlampe (rechts, Mitte) diente keineswegs zur Beleuchtung, sondern als Regелеlement für den Aufwickelmotor!

Wie die Produkte für den Endverbraucher, lassen sich auch professionelle Tonbandgeräte sinngemäß in drei Gruppen aufteilen: zunächst die großen **Studiotonbandgeräte**, Standard-Versionen für die tägliche Arbeit in entsprechend robuster, zuverlässiger und langlebiger technischer Ausstattung (einige klassische Vertreter sind Magnetophon T 9, Magnetophon M 10, Studer C37 sowie A80). Sie hatten grundsätzlich Drei-Motoren-Antrieb, der Bandzug wurde mit zusätzlichen Mitteln konstant gehalten. Ebenso gehörte die Drei-Kopf-Anordnung zum Standard. Rundfunk- und Fernseh-Anstalten, ebenso Schallplatten- wie Film Produktionsfirmen, kamen seit 1950 ohne professionelle – und das heißt, in erster Linie für Dauerbetrieb ausgelegte – Magnettonbandgeräte nicht mehr aus. Finanzkraft und vor allem die Betriebsbedingungen dieses Kundenkreises liefen auf möglichst zuverlässige, von geschulten Mitarbeitern ohne vermeidbaren Zeitaufwand zu bedienende wie zu wartende Geräte bestmöglicher elektroakustischer Qualität hinaus. Schließlich entstanden hier ja „Masterprodukte“, die auch nach dem Durchlaufen diverser Produktionsprozesse (was mehrere Kopiengenerationen einschließt) „am Markt“ qualitativ überzeugen mussten. Größe und Gewicht spielten eine eher untergeordnete Rolle. Seit Anfang der 1960er Jahre waren alle Studiotonbandgeräte in der Regel zweispurig, das heißt, stereotüchtig.

Aus dieser „¼-Zoll“-Geräteklasse entwickelten sich Anfangs der 1950er Jahre die **Mehrspur-Maschinen**, die zunächst mit 1 Zoll = 25,4 mm breitem Band, ab etwa 1970 vorzugsweise mit 2-Zoll-Band (50,8 mm) arbeiteten.

Neben diesen schon abmessungs- und gewichtshalber stationären Geräten finden sich eher raumsparende oder nicht unbedingt für kontinuierlichen Betrieb ausgelegte Baureihen, deren *elektroakustische* Leistungen sich aber kaum von denen der großen Vетtern unterschieden. Zum Beispiel liefen in Übertragungswagen, in Theatern und Opernhäusern, Blindenhörbüchereien und Werbeagenturen Magnetbandgeräte, die in der Regel deutlich zuverlässiger, qualitativ besser und variabler zu handhaben waren als gute (Einmotoren-Kombikopf-) Heimtonbandgeräte, die ja keineswegs für derartige Ansprüche gedacht und ausgelegt waren. Auf diesen, im Vergleich mit Rundfunkanstalten eher gestückelten, aber keineswegs unattraktiven Markt zielte eine Gerätegruppe, die als „semiprofessionelle“ oder „Kleinstudio“-Maschinen angesprochen wurden. Sie sollten ohne besondere Qua-

litätsabstriche dort arbeiten, wo große Geräte zu aufwendig gewesen wären. Sie erforderten also eine etwas andere Konzeption: preislich zwischen guten Heimton- und einfachen Studiogeräten angesiedelt, wesentlich leichter und kleiner, damit auch transportabel. Wo Studiogeräte praktisch den ganzen Tag im Einsatz waren, konnte hier stundenweise Arbeit angenommen werden. Charakteristisch allerdings waren auch hier der Drei-Motoren-Antrieb (zumindest mit getrenntem Antrieb für Wickelteller und Tonrolle) sowie ein mit drei Magnetköpfen bestückter Kopfträger – Hinterbandkontrolle war unerlässlich. Beispiele sind das Magnetophon M 5 mit Zwei-Motor-Antrieb, Magnetophon M 12 sowie Studer B67.

Als dritte Gruppe erscheinen **Kleintonbandgeräte** für Filmtone-Aufzeichnung und Reportage, etwa die (zuerst federwerksgetriebenen) Geräte der Hamburger Firma Maihak, Max Ihles R 85 und die schweizerischen Erzeugnisse Stellavox und Nagra.

Studio-Tonbandgeräte wurden nicht zuletzt so gebaut, dass alle Handgriffe, die zum Schneiden und Montieren erforderlich sind, möglichst ergonomisch ausführbar sind. Beim Magnetbandschnitt von Wortproduktionen wird es sich meist um untergeordnete Korrekturen wie das Heraustrennen von Versprechern oder das Arrangieren von Einzelaufnahmen handeln. Dagegen kann beispielsweise bei Hörspiel-Produktionen solchen Eingriffen durchaus vergleichbare künstlerische oder dramaturgische Bedeutung zukommen wie dem „Schnitt“ beim Spielfilm. Der Schnittvorgang selbst schafft sich eine eigentümliche Geräuschkulisse: das Suchen der Schnittstelle, bei dem die Bandwickel teils von Hand gedreht werden, die Veränderungen von Tempo und Tonhöhe des aufgezeichneten Materials, die schlagartige Unverständlichkeit beim Rückwärts-Abspielen. Schließlich folgt der immer wieder verblüffende Augenblick, wenn das „geschnittene“ Material in neuer Zeitabfolge, gewissermaßen im Zeitsprung, hörbar wird.



Abbildung 456: Studer C37 in ihrer Konsole, die genug Platz für einen zweiten Verstärkerzug bot; nach Austausch des Kopfträgers war die Maschine also stereotüchtig.

Ähnliche, aber anders gewichtete Bedeutung hat der „Schnitt“ bei Musikproduktionen. In dem verständlichen Bestreben, fehlerfreie Aufnahmen zu produzieren – wer will schon bei jedem Abspielen einer Schallplatte die gleichen Unvollkommenheiten hören? –, wird bei Studioproduktionen eine misslungene Passage wiederholt, bis eine einwandfreie Teilaufnahme vorliegt, die dann die fehlerhafte Version ersetzt. Aufnahmen korrigieren zu können, bedeutet eine enorme nervliche Entlastung für Musiker, Dirigenten und auch Tonmeister. Freilich war die, zumal von sachkundigen Konsumenten aufgeworfene, Frage schwer zu beantworten, ab welcher Grenze eine solche Musikproduktion nicht leblos oder synthetisch klingen würde. Das „Material“ scheint aber robuster zu sein als gemeinhin angenommen. Verschiedene Aufzeichnungen der NEUNTEN SYMPHONIE von Ludwig van Beethoven lassen erkennen, dass 1962 im Mittel alle 48 Sekunden ein Schnitt folgte (Gesamtzahl in allen vier Sätzen: 97). Bis zum Jahr 2000 – jetzt standen bereits leistungsfähige Digitalschnittsysteme in den Studios – stieg die Schnittzahl auf 267, die mittlere Segmentlänge sank auf 13 Sekunden.

Künstlerische Fragen, die sich daraus ergeben, können und sollen hier nicht diskutiert werden.²⁸⁵⁵

Nur die Magnetbandtechnik erlaubte übrigens, Schallplatten im „Füllschriftverfahren“ zu schneiden. Es erlaubte wesentlich längere Spielzeiten, indem es die Rillensteigung variabel an die jeweilige Rillenauslenkung anpasste (mehr dazu auf Seite 211).

Magnetband und „elektronische Musik“

Einige ausgefallene Schall-Ereignisse konnten mittels Tonband schon um 1950 mit wenig Aufwand erzeugt werden, etwa Geschwindigkeits- und Tonhöhen-Transpositionen beim Abspielen mit anderer Bandgeschwindigkeit als bei der Aufnahme oder, mit größerem Einsatz von Feinmechanik, die zeitliche Raffung oder Dehnung bei konstanter Tonhöhe mittels rotierender Köpfe, Erbe des Tonschreibers b. Was Schnitt, Mischung, Montage und Transposition ermöglichen, regte die Phantasie technisch aufgeschlossener Künstler an, die im Kombinieren und Variieren bisher unbekannte und unvorstellbare Möglichkeiten zur Organisation akustischer Ereignisse erkannten. „Musique concrète“, wie eine Gruppe um den französischen Musiker-Ingenieur Pierre Schaeffer ihre Produktionen nannte, bediente sich seit 1948 ungewöhnlichster Montagen auch von Alltagsgeräuschen, teils verfremdet mit den Mitteln, die Spezialtonbandgeräte namens „phonogènes“ an die Hand gaben: intervallartige oder gleitende Veränderung der Tonhöhe oder auch bei konstanter Dauer. Die „phonogènes“ baute die französische Firma Tolana, wohl auch das „morphophone“, eine Maschine mit zwölf Wiedergabeköpfen zum echoartig versetzten Wiedergeben einer Aufzeichnung.²⁸⁵⁶ Bandschleifen erlaubten das unbegrenzte Wiederholen eines bestimmten Geräusches oder einer Tonabfolge; Zusammenmischen verschiedener Quellen erzeugte Klangfolgen, die auf „natürlichem Weg“ nicht zu realisieren waren.

Einen Schritt weiter gingen technisch versierte Musiker, die als Grundmaterial ihrer Kompositionen Schallquellen wie spezielle Generatoren, elektronische Musikinstrumente und komplexe Filter einsetzten. Im Kölner Studio für Elektronische Musik des Nordwestdeutschen Rundfunks, Köln, gegründet 1951, arbeiteten Komponisten wie Herbert Eimert und Karlheinz Stockhausen bevorzugt mit elektronisch erzeugten Schwingungen,

anfangs mangels anderer Generatoren sogar mit relativ faden (weil obertonlosen) Sinusschwingungen als Ausgangsmaterial. In dieser Periode bekamen Magnetband und Magnetbandgerät annähernd den Rang eines Musikinstruments, solange nämlich die Organisation der Klangelemente durch ein beinahe mosaikartiges Zusammenfügen teils kürzester Magnetbandstücke verwirklicht wurde.²⁸⁵⁷ Diese sehr aufwendige (und kaum archivsihere) Produktionsmethode wurde recht bald aufgegeben zugunsten der Aufzeichnung auf Mehrspur-Geräten, was deutlich komplexere Kompositionsverfahren erlaubte (dass in Partituren dynamische Hüllkurven als Pegeldarstellung erschienen, führte gelegentlich zur Annahme, es handele sich immer noch um zusammengefügte polygone Magnetbandschnitzel²⁸⁵⁸). Zunächst besaß das Studio für Elektronische Musik eine behelfsmäßige Mehrspureinrichtung aus zwei verkoppelten – und deshalb synchron laufenden – 35 mm-Zweispur-Magnetfilmläufern der Berliner Firma Wilhelm Albrecht. Als vielseitig verwendbar erwies sich ein modernisierter Tonschreiber b mit seinem breiten Bandgeschwindigkeits-Bereich (9 – 120 cm/s); ob der rotierende Vierfachkopf im Einsatz war, ist nicht überliefert. 1956 kam dann eine Vierspur-Ausführung des Magnetophon T 9 hinzu,²⁸⁵⁹ nach 1973 acht- und sechzehnkanalige Magnetophone M 15.²⁸⁶⁰ Als schließlich Synthesizer und Computer erlaubten, komplizierteste Klangbilder zu *programmieren*, musste sich das Magnetband wieder mit seiner traditionellen Rolle als Speicher begnügen. – Etwas unglücklich wurde diese Kunstrichtung „elektronische Musik“ genannt, was bei unvorbereiteten Hörern, die sich von „Musik“ eher ein Kangerlebnis herkömmlicher Art versprochen, gelegentlich Irritationen auslöste. Dem Komponisten bot sie die kaum anders realisierbare Möglichkeit, seine Schöpfungen selbst definitiv und unveränderlich zu interpretieren, was die Wortprägung „authentische Komposition“ ausdrückte.²⁸⁶¹ So ist es zu verstehen, dass manche Rundfunkanstalten und Universitäten entsprechende Studios aufbauten und deren Produktionen bei spezialisierten Festivals vorstellten, etwa der Südwestfunk Baden-Baden bei den jährlich stattfindenden Donaueschinger Musiktagen, zumal auch das Fachpublikum großes Interesse an dieser Kunstform zeigte.

Telefunken-Magnetophone (Wedel, 1955 – 1964)

Wedel, Hafenstraße 32

Als die AEG 1954 ihre Magnetophonsparte an Telefunken abgab, sah die Zukunft sehr erfolgversprechend aus; das Ereignis wurde gefeiert (Abbildung 457). Die T 8-Familie hatte mehr Erfolg gehabt als erwartet, die Nachfolgemodelle T 9 und T 9u versprochen, diesen Erfolg noch zu übertreffen. Die aus dem AW 1 hervorgegangen Ü-Wagen-Magnetophone R 65 und R 65a verkauften sich gut, und die ersten Heimgeräte KL 15 und KL 25 waren vom Markt mit überragendem Erfolg angenommen worden. Ein universell einsetzbares Studio-Koffergerät – das spätere M 5 – war marktreif, das KL 35 in der Entwicklung. In großen Stückzahlen wurden ebenfalls Verstärker für Magnetophone verkauft, nach 1945 immer häufiger als Einschübe gebaut. Für alle diese Produkte war das Werk in der Kanalstraße zu klein, und die zwei externen Fertigungsstätten waren einmal zu primitiv, zum anderen ebenfalls zu klein – abgesehen davon, dass die Verzettlung zusätzliche Nebenkosten verursachte.



Abbildung 457 (LINKS): Offizielle Feier zur Übernahme der Magnetophon-Sparte durch Telefunken. Das Bild zeigt von links Carl Dethlefsen, Rudolf Bormann und Harald Harkensee von Telefunken.

Abbildung 458 (RECHTS): Feier zum 25. Dienstjubiläum Eduard Schüllers am 1.9.1958. Von links der Wedeler Bürgermeister Heinrich Gau, Eduard Schüller sowie von Telefunken in Hannover Direktor Kurt Nowack (mit dem Rücken zur Kamera), Rudolf Mantz und Ernst Klotz.

Versuche, in Hamburg geeignete Räume zu finden, waren nicht erfolgreich.²⁸⁶² Insbesondere scheiterten auch Anläufe, von der Firma Vielhaben weitere Etagen im gleichen Gebäude zu mieten. Eduard Schüller benötigte einen nennenswerten Anteil seiner Arbeitskraft für die Suche nach geeigneten Produktionsstandorten. Verschiedene Angebote wurden zusammen mit der Konzernleitung überprüft und verworfen, darunter auch ein Umzug nach Berlin. Der wurde auch nicht länger diskutiert, unter anderem, weil man mit militärischen Aufträgen rechnete, die als „n.z.-Geräte“ nur verklausuliert erwähnt wurden.²⁸⁶³ Immerhin plante man Mitte 1955 noch 150 Mit-

arbeiter für derartige Geräte ein, die jedoch unter den damaligen politischen Verhältnissen in Berlin nicht hätten gebaut werden dürfen.

Letztlich erwarb Telefunken im August 1955 die Gebäude der ehemaligen „Puddingfabrik“ Aromax, Hafenstraße 32, am Wedeler Hafen im Ortsteil Schulau (Abbildung 460). Was die Räumlichkeiten angeht, lag die Entscheidung nahe: Aromax hatte gleich nach Kriegsende eine Erfolgsgeschichte mit der Produktion von Aromastoffen, Puddingpulver und besonders von Nahrungsmitteln zu verzeichnen, die es ihr ermöglichte, schon 1947 und 1948 – also zur Zeit der Währungsreform – einen völlig neuen, soliden Gebäudekomplex hochzuziehen, der auch heute noch steht und industriell genutzt wird. Während der Berliner Blockade landeten Sunderland-Flugboote der Luftbrücke direkt vor dem Werk auf der Elbe und wurden dort mit Nahrungsmitteln für Berlin beladen. Aber schon 1952 musste die Firma schließen, und seitdem stand das Gebäude zum Verkauf. Da es modern und zum Teil noch möbliert war, auch eine Heizungsanlage und eine kleine, aber feine Kantine hatte, war von dieser Seite betrachtet die Entscheidung einfach.



Abbildung 459 (LINKS): Sylvester 1955, Eduard Schüller ist schon mit einer „Vorhut“ in die neue Fertigungsstätte Wedel eingezogen.
Abbildung 460 (MITTE): Teilansicht des Wedeler Magnetophon-Werks, gesehen vom Süden, von der Elbe aus. Dieser Industriekomplex wurde in den Jahren 1947 / 1948 von der Nahrungsmittelfabrik Aromax gebaut und im August 1955 von Telefunken erworben.
Abbildung 461 (RECHTS): Dr. Heinz Wehde bei einer Ansprache während der Firmen-Weihnachtsfeier 1957

Das eigentliche Problem war die damalige Wohnungsnot. Der Zweite Weltkrieg war ja gerade erst zehn Jahre vorbei, Westdeutschland hatte am 5. Mai 1955 wieder gewisse Hoheitsrechte bekommen, z. B. die Lufthoheit. Viele Wehrmachtsangehörige waren noch in sowjetischer Kriegsgefangenschaft und wurden erst gegen Ende 1955 entlassen. Schleswig-Holstein war besonders stark mit Flüchtlingen belegt, Wedel selbst hatte bei einem Bombenangriff 1943 unter anderem 40 % seines Wohnraums verloren,²⁸⁶⁴ hatte trotzdem in großen Barackensiedlungen außer den Flüchtlingen noch ausgebombte Hamburger und Vertriebene aus Helgoland aufnehmen müssen. Insgesamt wohnten mehr als 4.000 von 19.000 Einwohnern in Notunterkünften. Gewiss würde Telefunken leicht Arbeitskräfte für einfache Tätigkeiten finden – aber was war mit den qualifizierten Erfahrungsträgern, die man in Hamburg hatte und in Wedel brauchte? Vom Hamburger Werk bis in die Wedeler Hafenstraße musste man für die einfache Fahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln mindestens 1½ Stunden rechnen. Telefunken wollte nur etwa 130 seiner 250 Mitarbeiter von Hamburg nach Wedel mitnehmen und dort dann auf 500 aufstocken. Man hat sogar ernsthaft erwogen, das KL 25 in Hamburg auslaufen zu lassen und in Wedel mit dem KL 35 zu starten, nur damit man die KL 25-Spezialisten nicht benötigte. Natürlich war dies nicht zu realisieren; noch im Geschäftsjahr 1955/56 wurden 5.720 KL 25 verkauft. So organisierte man erst einmal einen Fahrdienst mit Bussen, die zwischen altem und neuem Werk pendelten. Um eine dauerhafte Lösung zu schaffen, hatten sich Schüller und sein Personalchef Emil Schubert intensiv um Wohnraum in Wedel bemüht. Von Vorteil war, dass die Stadt damals das teuerste und risikoreichste Bauvorhaben des Landes Schleswig-Holstein bearbeitete, das Projekt „Gartenstadt Elbhochufer“.²⁸⁶⁵ Schon vor der Entscheidung für Wedel nahm Schüller Verhandlungen mit den Bauträgern, der Landesregierung und besonders mit dem rührigen Wedeler Bürgermeister Heinrich Gau auf, mit der Zielsetzung: Telefunken stellt Wedel qualifizierte Arbeitsplätze, Wedel stellt Telefunken Wohnraum zur Verfügung.²⁸⁶⁶ Dieses Vorgehen zeigte Erfolg, wenn es auch noch Herbst 1957 wurde, bis 144 Wohnungen in den „Telefunkenhäusern“ hinter der Schiffsbegrüßungsanlage „Willkommhöft“ bezogen werden konnten.

Der Umzug des Werks begann im Dezember 1955, Sylvester wurde in den noch weitgehend leeren Räumen gefeiert (Abbildung 459), aber ab dem März 1956 wurden alle Magnetophon-Typen in der Hafenstraße gefertigt (Abbildung 462). Der Beginn sah wieder einmal erfolversprechend aus. Das Magnetophon-Geschäft lief gut – das Problem mit der Konkurrenz im eigenen Hause war noch nicht evident, und die Wedeler hätten es auch nicht zu vertreten gehabt. Alle Voraussagen zeigten nach oben. So wurde dann auch Schüllers 25. Dienstjubiläum am 1. September 1958 gebührend gefeiert; die Werksleitung aus Hannover war zugegen, genauso der beliebte Wede-

ler Bürgermeister Gau, den Schüller beim Kampf um Wohnraum für seine Mitarbeiter kennen und schätzen gelernt hatte (Abbildung 458).

Das Jahr 1955 brachte auch einige für die Magnetophon-Technik wichtige Fortschritte und Änderungen: Die Rundfunkanstalten entschieden sich, die Bandgeschwindigkeit von 76,2 auf 38,1 cm/s zu reduzieren, was für die Übergangszeit natürlich die Nutzung beider Geschwindigkeiten bedeutete. Die Schallplattenindustrie lieferte 1955 die ersten Schallplatten mit Stereo-Aufzeichnung, so dass die für die Plattenherstellung erforderliche Magnetbandtechnik zur Verfügung stehen musste. Dagegen brauchten die Rundfunkanstalten noch bis 1963, um ihr kodiertes Stereo-Konzept in die Praxis umzusetzen, das den „kompatiblen“ Mono-Empfang von Stereo-Sendungen mit den bisherigen Radios ohne Einschränkung zuließ.



Abbildung 462: Endmontage des „Wedeler Kleinmagnetophons“ KL 35, stehend Herr Hillner, Leiter der Endmontage KL 35.



Abbildung 463: Serienfertigung von Magnetköpfen in Wedel, links stehend Günter Adebahr, Leiter der Kopffertigung.

Die Aufstockung der Belegschaft geschah zum Teil mit Ortskräften, zum Teil über Verbindungen der Mitarbeiter. So holte Eduard Schüller einen ehemaligen Mitarbeiter aus der FDS nach Wedel, nämlich Dr. Heinz Wehde (Abbildung 461), der viele Jahre als verschleppter Wissenschaftler in der Sowjetunion gewirkt hatte; in Wedel wurde er später Entwicklungsleiter. Auch Bruno Röder, ursprünglich selbständig, kam aus Berlin und wurde als Konstrukteur für spezielle Kundenwünsche beim Vertrieb unter Kurt Ressel eingestellt, arbeitete daher auch intensiv mit der Konstruktionsabteilung unter Georg Nentwig zusammen. Auch Schüller schätzte Röders Mitarbeit, etwa beim Konzept für die ersten Video-Geräte mit Schrägspuraufzeichnung und deren Realisierung ⁵⁶⁹). Die Belegschaft wuchs in Wedel auf über 700 Mitarbeiter im Jahre 1959. Deshalb hatte man schon 1957 eine neue Fertigungsstätte hinter dem „roten Gebäudekomplex“ geplant; am 1. Oktober 1958 lief die Fertigung in der geräumigen zweistöckigen Shedhalle an (Abbildung 464). Nach dem Auszug der Studio- und technischen Magnetophone im Jahre 1960 kam es nochmals zu einem Anstieg der Mitarbeiterzahl auf 700 bis zum Geschäftsjahr 1961/62, der allerdings deshalb erforderlich wurde, weil Telefunken anstelle der Studio-Magnetophone ab Ende 1960 für das Werk Hannover Radios baute und dafür sogar noch mehrere hundert Arbeitskräfte einstellte.

Das als typisches Wedeler Studiomagnetophon bezeichnete M 5 war noch in Hamburg entwickelt worden und 1955 serienreif – im Frühjahr 1955 waren sogar schon 19 Vorseriengeräte nach Finnland geliefert worden, was der Telefunken-Vorstand am 4. Juli 1955 rügte, weil die verfrühte Auslieferung neu entwickelter Geräte ins Ausland gegen interne Vorschriften verstieß.²⁸⁶⁷ Das T 9u ebenso wie das T 9a, in Wedel weiter gefertigt und sogar für Tonaufnahmestudios auf vier und acht Spuren (1 Zoll breites Band, Abbildung 381, Seite 339) erweitert, zeigte unversehens Probleme, die man vorher nicht kannte: Die Wickelmotoren liefen nicht richtig an, starteten dann aber abrupt unsanft und zeigten weitere Laufunruhe, die naturgemäß auch die Aufzeichnungen störte. Versuche, dies zu beheben, führten zu keiner überzeugenden Lösung. Man entschloss sich, das T 9 durch ein neuartiges Studio-Magnetophon zu ersetzen, das spätere M 10. Als Nachfolger von Rudolf Goetze hatte Carl Dethlefsen die Entwicklung übernommen. Zusammen mit seinem Mitarbeiter Rudolf Bormann (beide in Abbildung 457) meldete er in völlig neues Konzept zur Bandberuhigung zum Patent an,²⁸⁶⁸ dieses neue „Antriebskonzept mit zwei Tonwellen“ war die technische Basis, die im M 10 realisiert wurde. Das Bandberuhigungs-„Filter“, so die offizielle Bezeichnung, unterdrückte tieffrequente, longitudinale Bandzugschwankungen.

Die in Wedel gebauten Studiogeräte waren sehr erfolgreich. Die Kunden – nicht nur die aus den Rundfunkanstalten – gingen ein und aus, hatten eigene Vorstellungen und Wünsche, die zu Sonderentwicklungen führten. Dazu gehörten etwa die damals wieder aktuell werdende Stereoaufzeichnung (Abbildung 467), das Pilotonverfahren zur Synchronisation von Bildfilm und Magnetband, Geräte zu Anlagen in Studios, Ü-Wagen, Schulfunkanlagen in Schulen (zur Aufnahme und Wiedergabe der damals üblichen Schulfunksendungen) und so weiter, was erheblichen Aufwand erforderte. Auch die Konstrukteure suchten weitere „Diversifikationen“ für die Magnetophone, was neben einer Flut neuer Patente zu ungezählten Entwicklungen führte, wie etwa

Magnetophone für Mess- und Registrieraufgaben und Steuerung sowie als Datenspeicher und viele weitere Aufgaben. Auch das Studio-Koffer-Magnetophon M 5 wurde umentwickelt und als Messmagnetophon M 5M beworben, das an unterschiedlichste Aufgaben angepasst werden konnte. Es gab auch Versuche, Videosignale aufzuzeichnen (Seite 569). Diese Entwicklungen belasteten den Etat erheblich, ihre Ergebnisse konnten aber nur zum kleinen Teil kostendeckend am Markt abgesetzt werden. Letztlich entstand hier eine neue Produktgruppe, die unter dem Begriff „technische Magnetophone“, von Telefunken in Hannover auch „Instrumentations-Magnetophone“ genannt, zusammengefasst wurde. Auch die Rundfunkanstalten hatten es sich angewöhnt, technische Forderungen zu stellen, die immer wieder Entwicklungskosten verursachten, die dann aber von den verkauften Studiogeräten nicht in voller Höhe gedeckt wurden. Leider fehlte in Wedel eine „melk cow“ wie etwa die preiswerten beziehungsweise kostengünstigen Magnetophone aus Berlin, mit deren Hilfe man solche Entwicklungskosten hätte „wegstecken“ können. So kam es, dass die ursprüngliche Gewinnquelle Studio-Magnetophone eine immer schmalere Kostendeckung aufwies.

Da preisgünstige Heimgeräte in Berlin gebaut werden sollten, hatte man in Wedel das „Kleinmagnetophon“ KL 35 neu konzipieren müssen und entwickelte es zu einem anspruchsvollen Gerät, das in seinen Möglichkeiten das spätere Berliner Magnetophon 85 übertraf, sich aber dennoch nicht am Markt durchsetzen konnte (Seite 323). Trotzdem wollte man die Erfolge der Studiogeräte nutzen für ein Marktsegment, das sogar noch dichter an den Studio-Magnetophonen lag und noch aufwendiger sein sollte als das KL 35: das der „Kleinstudio-Geräte“.



Abbildung 464: Die neue Shedhalle (1958), vorn die Fertigung des M 10.

Deren Technik sollte auf der beherrschten Studiogerätetechnik aufbauen; als Kundschaft hatte man Schulen, Musikschulen, Tanzschulen, aber auch einzelne Kunden wie anspruchsvolle Instrumentalisten, Sänger und so weiter ausgemacht und rechnete für drei Jahre mit einem Absatz von 10.000 Geräten pro Jahr.²⁸⁶⁹ Bei einem Treffen am 13. Januar 1955, auf dem sich Entscheidungsträger über zukünftige Magnetophon-Projekte abstimmten, war allerdings gerade dieses Gerät „von den meisten Herren nicht als notwendig und in den Verkaufszahlen nicht als vertretbar erachtet“ worden.²⁸⁷⁰ Dennoch entwickelte man für die genannte Zielgruppe das M 23, das jedoch so viele Probleme machte, dass man von einem Flop sprechen muss. Man konnte gerade 1.200 Stück im ersten

Jahr absetzen, von denen die Hälfte reklamiert wurde. Darauf startete man sofort eine verbesserte Variante, das M 24, das dann wohl zum Besten gehörte, was Amateuren geboten werden konnte – aber nicht nur ihnen: auch im (semi-) professionellen Bereich arbeitete manches M 24, etwa bei Filmproduktionen und in Opern- und Schauspielhäusern. Dennoch erreichte Telefunken auch mit diesem Magnetophon bei weitem nicht die geplanten Absatzzahlen – für Marktpreise von 1.500 bis 1.900 DM (je nach Ausstattung) gab es in Zeiten, in denen selbst ein Ingenieur etwa DM 600 bis 700 im Monat verdiente, nicht genügend viele Käufer. Es ist auch durchaus möglich, dass dem M 24 eine andere Geräteserie in die Quere kam, nämlich die schweizerischen Revox-Maschinen C36 (1958, CHF 990, ca. 1.000 DM) und die bereits stereotüchtige D36 (1960, CHF 1045, ca. DM 1.100), die ebenso wie die E36 und F36 bereits mit 25 cm-Spulen arbeiteten (1961 / 1962, um CHF 1200 / DM 1.300), 1963 die erstmals für 26,5 cm-Spulen ausgelegte G36 (um CHF 1300, ca. DM 1400).²⁸⁷¹

Letztlich führten die hohen Entwicklungskosten und die fehlenden Märkte für viele Entwicklungen über Jahre zu einer wirtschaftlichen Schieflage, was Reaktionen der Konzernleitung zwingend machte. Sowohl das KL 35 wie auch die M 23/M 24-Geräte liefen deshalb im Herbst 1962 – also mit dem Ende der Wedeler Magnetophon-Fertigung – aus. Auch die süddeutsche Firma, die die Koffer für das M 24 baute, war in den Konkurs gerutscht, so dass die Koffer für das letzte Fertigungslos noch aus der Konkursmasse herausgelöst werden mussten.²⁸⁷²

Hohe technische und kommerzielle Bedeutung hatte die Wedeler Magnetkopfabteilung, wenn sie auch nicht so ins Auge sprang wie die Fertigung der Laufwerke und Verstärker (Abbildung 463). Das Team um Werner Dziekan (Abbildung 269, Seite 268) entwickelte im Laufe der Jahre die unterschiedlichsten Modelle, von den „einfachen“ Kombiköpfen für die preisgünstige Berliner Serie (Herstellpreis DM 10) bis zu den hochwertigen Studioköpfen sowie die unterschiedlichsten Köpfe für Sonderentwicklungen, etwa für Schmalfilmgeräte, für technische Magnetophone und für die Aufzeichnung von Videosignalen. Da sämtliche Telefunken-Magnetköpfe in Wedel nicht nur entwickelt, sondern auch in Serie gebaut wurden, konnte man auch die Erfolge der Berliner Heimgeräte-Serie sehr genau verfolgen. Der Umsatz mit den für Berlin gefertigten Köpfen überstieg den Umsatz mit den eigenen Nicht-Studio-Magnetophonen.²⁸⁷³

Im Geschäftsjahr 1956/57 war der Produktionswert des Wedeler Werks 4,3 Mio DM, davon im Bereich Heim-Magnetophone 1,05 Mio DM und Technische Magnetophone 3,25 Mio DM. Bei den Heim-Magnetophonen stan-

den 780 Geräte des Typs KL 35 gegenüber Magnetköpfen für ca. 40.000 Berliner Kleinmagnetophone. In den technischen Magnetophonen enthalten waren 80 Studio-Geräte der T 9- und 497 der M 5-Familie.

Im Geschäftsjahr 1958/59 war der Produktionswert auf 6,9 Mio DM gestiegen, davon Heim-Magnetophone 1,6 Mio DM und Technische Magnetophone 4,1 Mio DM. Von dem Wert der Heim-Magnetophone waren 44 % KL 35-Ergebnisse, 50 % die der Berliner Magnetköpfe.

Im Lauf der Jahre gewann eine Abteilung volle Selbständigkeit, die schon in Hamburg für die Inbetriebnahme der Magnetophone gegründet worden war und später zum Servicezentrum aufstieg.²⁸⁷⁴ Sie hatte in Wedel erst nur einen Korridor im Haus Hafenstraße belegt, wurde aber bald zum norddeutschen Servicezentrum (TDI Technischer Dienst Innen, südliche Einsatzgrenze etwa Kassel), das im Oktober 1960 in die Rissener Straße 100 / 102 in Wedel zog. Leiter war schon in Hamburg Karl von Appen, der dem Vertrieb unter Kurt Ressel zugeordnet war. Nach dem Umzug wurde Heinz Neumann zum Leiter des Service ernannt und dem Werk in Konstanz unterstellt. Die Kontakte zwischen dem Wedeler Service und Konstanz waren sehr intensiv, zum einen, weil die Service-Mitarbeiter natürlich für alle neuen Produkte geschult werden mussten, zum andern, weil auch neue Kunden in Konstanz häufig vom Wedeler Service betreut und in die Geräte eingewiesen wurden. Obgleich der Service nur etwa sechs Spezialisten beschäftigte, war er in der Lage, „nebenbei“ 250 Magnetophone M 28 (eine Nachauflage des eigentlich ausgelaufenen Modells) für die Olympischen Spiele 1972 in München betriebsfertig zu montieren, einzumessen, an die Abnehmer zu übergeben und während der Zeit der Spiele zu betreuen.

1960 hatte sich Telefunken in Berlin wieder so weit etabliert, dass die Firmenleitung in das neue Hochhaus am Ernst-Reuter-Platz – damals das höchste Haus in Berlin – einzog. Zur selben Zeit begann das langsame Ende der Magnetophonfabrik in Wedel, das sich zwischen 1960 und 1964 abspielte und sich den Mitarbeitern völlig anders eingepreßt hat, als es die Dokumente der Firmenleitung belegen.²⁸⁷⁵ Einerseits gingen die Mitarbeiter davon aus, dass das Werk in Konstanz die technischen Magnetophone übernehmen wollte, dass aber die Studio-Magnetophone weiter in Wedel gefertigt werden sollten; erst kurz vor dem Umzug 1960 sei plötzlich entschieden worden, beide Sparten nach Konstanz zu verlagern. Andererseits belegen die Unterlagen der Geschäftsführung, dass schon spätestens seit 1957 die Firmenleitung (mit Hans Heyne und Werner Nestel) sehr kritisch auf die Geschäftszahlen des Werks geschaut hatte und für das finanzielle Dilemma in Wedel verschiedene alternative Lösungsmodelle – auch mit den lokalen Direktoren in Hamburg (Carl Müller, AEG Hamburg) und Hannover (Kurt Nowack, Telefunken) – erarbeitet und geprüft hatte.²⁸⁷⁶ Dabei wurde auch darauf hingewiesen, dass das Werk seine Fertigungskapazität mit den zu erwartenden Magnetophon-Aufträgen allein nicht auslasten könne. Weshalb dann allerdings ein Teil der Radiofertigung von Hannover zur besseren Auslastung nach Wedel verlegt wurde und praktisch zur gleichen Zeit ein neues Werk für Tonband-, Diktier- und Phonogeräte in Celle errichtet wurde – *„zur Entlastung des Werkes in der Berliner Schwedenstraße“*²⁸⁷⁷ – konnten die Betroffenen nicht verstehen: *„Weshalb hat man nicht die Radios in dem nahe bei Hannover gelegene Celle gebaut und die Magnetophone in Wedel, wo nicht nur die Fachleute saßen, sondern auch ein geeigneter Maschinenpark zur Verfügung stand? Dieses Vorgehen hätte auch nicht die ARD verärgert, wie es dann der Umzug nach Konstanz getan hat. Und der Verlust der Fachleute wäre zu vermeiden gewesen.“* Zumindest dürfte die Überlastung des Berliner Werks Ende 1959 der Firmenleitung bekannt gewesen sein, denn wenn man sich drei Jahre lang mit der zu geringen Auslastung in Wedel befasst hat, dürfte der sich gleichzeitig aufbauende Engpaß in Berlin mit Sicherheit erkannt worden sein. So aber fasste die Firmenleitung in einem Schreiben vom 15. März 1960²⁸⁷⁸ nochmals die in den vorhergehenden Jahren diskutierten Lösungsvorschläge zusammen und entschied unter anderem, dass die Bereiche der technischen und Studio-Magnetophone bis zum Herbst 1960 abschließend von Wedel nach Konstanz übergeleitet sein müßten,²⁸⁷⁹ dass aber neue Arbeiterinnen und Arbeiter für einfache Tätigkeiten in der Radiofertigung – als „verlängerte Werkbank“ für Hannover – eingestellt werden sollten. So geschah es – aber auch das war wieder nur eine zu kurz greifende Lösung; während jetzt gleichzeitig Radios zusammen mit den Magnetophonen KL 35 und M 24 gebaut und neue Mitarbeiter gesucht wurden, diskutierte die Firmenleitung schon die Nachfolgebelegung der Gebäude nach 1962.²⁸⁸⁰ Man brachte eine Nutzung durch die Neugründung „Teldix“ (Telefunken gemeinsam mit der U.S.-Firma Bendix, Arbeitsgebiete Luft- und Raumfahrttechnik) zur Sprache. Auch eine Unterstützung des AEG-Werke in Backnang wurde erwogen. Dann kam plötzlich eine unerwartete Wende: Der AEG-Bereich Schiffbau hatte schon begonnen, in Hamburg-Schenefeld ein neues Werk zu bauen, als ihm das Telefunkenwerk in Wedel angeboten wurde. Die Entscheidungen fielen so schnell, dass Schiffbau-Mitarbeiter bereits in der Shedhalle arbeiteten, während Telefunken dort noch Radios baute.²⁸⁸¹

Außer dieser schnellen Aktion der AEG zog sich das Ende der Wedeler Telefunkenzeit aber über Jahre hin. Es führte zu einem Verlust, der gerne übersehen wird, ein Verlust, der für die Technik der Magnetophone dadurch entstand, dass wichtige Erfahrungsträger *„das Spiel nicht mehr mitmachen“*. Selbst ein „know-how-transfer“ ist in den seltensten Fällen eingetreten, weil die Spezialisten in völlig neue Metiers wechselten – nur einige wenige blieben ihrem Arbeitsgebiet treu, indem sie in Technik-Abteilungen der Rundfunkanstalten eintraten. Es soll hier nicht von den vielen „einfachen“ Mitarbeitern, Ingenieuren und Servicetechnikern die Rede sein, die nicht umziehen wollten und deshalb in neue Arbeitsgebiete abwanderten, etwa zum neu gegründeten DESY (Deutsches Elektronen-Synchrozyklotron) in Hamburg oder natürlich zum Schiffbau der AEG, wo sie trotz ihrer relativ hohen Rentenansprüche mit Kussband genommen wurden. Einige, die zuerst mit nach Konstanz gegangen waren, kamen nach einem halben Jahr zurück und gingen dann meist auch zur AEG – ein für den Konzern teurer Ausflug. Aber wenn ehemalige Mitarbeiter über diese Zeit berichten,²⁸⁸² fallen immer wieder Namen

wichtiger Erfahrungsträger, die nach dem Umzug ein für alle Mal nicht mehr zur Verfügung standen – auch nicht für Fachgespräche mit Kunden. Um nur einige zu nennen: Als die Fertigung der Magnetköpfe Anfang 1960 für die Heim-Magnetophone nach Berlin, für Studio- und technische Magnetophone nach Konstanz verlegt wurde, weigerten sich die Spezialisten Dziekan und Harkensee, aus Wedel wegzuziehen. Deshalb musste zumindest die Kopfentwicklung noch bis 1964 in Wedel weitergeführt werden – in der angemieteten „Villa Kronlage“. Danach wechselten die Mitarbeiter dieser Abteilung zum Schiffbau, der seit Ende 1960 die von Telefunken genutzten Gebäude schrittweise und zum 1. Januar 1962 endgültig übernommen hatte. Auch Eduard Schüller fiel nach einem kurzen Intermezzo in Konstanz für die Magnetophone aus; er verlegte seinen Arbeitsplatz nach Hannover. Wenn er dort auch endlich für seine Schrägspuraufzeichnung arbeiten konnte, geschah das leider auch nur mit einer viel zu kleinen Gruppe, die der Bedeutung dieser Aufgabe angesichts starker internationaler Konkurrenz in keiner Weise gerecht wurde (Seite 569). Der Fertigungsleiter Herbert Knothe ging zum Schallplatten-Presswerk der Teldec (Telefunken Decca) nach Nortorf, der Leiter der Betriebstechnik, Adolf Uhe, wechselte zu einem Hersteller von Rasenmähern. Der Konstrukteur für besondere Aufgaben, Bruno Röder, bearbeitete ab jetzt die Kreiseltechnik bei der AEG in Hamburg. Auch der Qualitätsprüfer Siegfried Will und der Leiter der KL 35-Fertigung, Hillner, wechselten dorthin. Ein weiterer Prüfer, Dipl.-Phys. Günther Hartmann, wurde Dozent in Bremen. Der Entwicklungsleiter Dr. Heinz Wehde ging zu der inzwischen in Heidelberg neu gegründeten Firma Teldix, genau so wie Heinz Wlodarcak. Der Leiter der Tonkopffertigung, Günter Adebahr, wechselte zur DEBEG nach Hamburg, der kaufmännische Geschäftsführer Rainer Besch zur Lubeca in Wedel. Gerhard Jäckel, langjähriger Leiter des Magnetophonprüffeldes, leitete für kurze Zeit das Prüffeld der Radios in Wedel, bevor er 1962 zur AEG Wedel wechselte. Ein schweres Unglück traf Rudolf Bormann, der nach Konstanz umgezogen war: er und seine Familie verunglückten tödlich, als ein französischer Düsenjäger das Seil der Mont Blanc-Bergbahn kappte.

Von Entscheidern hört man bisweilen, dass „jeder ersetzbar ist“ – aber zu welchem Preis, zu welchem Markt- und Zeitverlust! „Der Umzug war ein Rückschlag“.²⁸⁸³

Koffer-Magnetophon M 5

Telefunken hatte sich mit dem M 5 das Ziel gesetzt, ein universell einsetzbares Magnetophon anzubieten, das Studioqualität mit guter Transportmöglichkeit und Autarkie verband, also ein „leichteres Reisestudiogerät“.²⁸⁸⁴ Das bedeutete, dass dieses Zweimotoren-Gerät in seinem Koffer das Laufwerk enthielt ebenso wie die Verstärker und Netzgeräte – und dennoch tragbar sein sollte, was bei einem Gewicht von gut 50 kg allein für die Mono-Variante manchem Toningenieur im Feldeinsatz zu erheblichen Rückenproblemen verhelfen haben soll. Dass das Chassis dann auch in „Truhen“ und Kleinstudios fest eingebaut wurde (wie in Abbildung 472), kennzeichnet eher das starke Interesse an diesem Magnetophon.

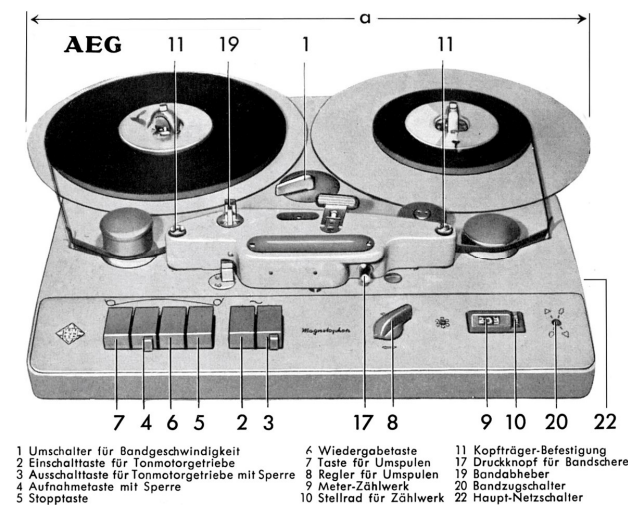


Abbildung 466 (LINKS): Blick auf M 5-Laufwerk, aus der AEG-Beschreibung für das Telefunken-Gerät. Zusätzlich zu den bezifferten Bauteilen ist noch auf die kleine Madenschraube zwischen 8 und 9 hinzuweisen, mit deren Hilfe die Bandgeschwindigkeit gebremst werden konnte. Das Maß a ist etwa 610 mm.



Abbildung 465: Ein Spezial-Kopfträger für das Magnetophon M 5 (R 93 bc) enthielt zwei Wiedergabeköpfe, jedoch keinen Aufnahmekopf. Am Platz des Löschkopfs saß eine Bandführung. Der im Bild linke Kopf hatte die bisherige deutsche, der rechte die 1954 festgelegte internationale Spurlage. Die Spaltneigung konnte für beide Köpfe getrennt mit den skalierten Schrauben verstellt werden.

Das M 5 wurde auf der Hannover-Messe 1955 vorgestellt.²⁸⁸⁵ Deutsche Rundfunkanstalten führten es 1956 ein,²⁸⁸⁶ die Braunbuch-Beschreibungen R 83 / R 83a (für M 5 mit den Bandgeschwindigkeiten 76,2; 38,1 und 19,05 cm/s) und R 84 / R 84 a (38,1; 19,05 und 9,5 cm/s) datieren allerdings erst vom Herbst 1957 (die „a“-Versionen waren für Pilotton-Aufnahme und -Wiedergabe ausgerüstet). Das M 5 arbeitete wieder mit der traditionellen deutschen Schichtlage „außen“, obgleich das AW 2 ja schon die internationale Lage „innen“ aufwies; das war den Wünschen der Anwender geschuldet, besonders den Rundfunkanstalten. Film- und Schallplattenindustrie bevorzugten die internationale Schichtlage.²⁸⁸⁷ Telefunken bot für das M 5 nicht weniger als sechs Kopfbestückungen an; nämlich Vollspur (Abbildung 384), auch mit zusätzlichem Pilottonkopf (Braunbuch-Bezeichnungen R 93 beziehungsweise R 93a), eine Stereo- sowie eine Zweispur-Konfiguration (bei letzterer war auch der Löschkopf).

kopf zweispurig) sowie Halbspur, diese sowohl mit der internationalen (R 93b) wie der älteren deutschen Spurlage (R 93c).²⁸⁸⁸ Schließlich ist noch ein mit zwei Wiedergabeköpfen bestückter Kopfräger bekannt (R 93 bc, Abbildung 465), bei dem ein Wiedergabekopf Aufzeichnungen mit internationaler, der andere mit „deutscher“ Spurlage wiedergeben konnte. Eine Generalversammlung der IEC hatte 1954 (Philadelphia, USA) die bisherige deutsche Praxis – „Halbspurlage unten“ – verworfen und sich für „Spurlage oben“ entschieden (das heißt, beim Durchlauf des Bandes von links nach rechts wird die obere Bandhälfte bespielt).

Diese Halbspur-Kopfräger dürften, ungeachtet der detaillierten Braunbuchbeschreibungen, nur für Sonderzwecke eingesetzt worden sein, im Rundfunkbetrieb etwa zum Aufzeichnen der laufenden Sendeprogramme zu Kontrollzwecken (auf Langspielband bei 9,5 cm/s) oder um halbspurig bespielte, von „außen“ angelieferte Aufzeichnungen abspielen zu können, vielleicht auch, um Kopien für berechnigte „Außenstehende“ anzufertigen.²⁸⁸⁹ Standard in den Funkhäusern waren die Vollspurversionen des M 5, die Stereo-Varianten dürften vorwiegend bei Film- und Schallplattengesellschaften, größeren Bühnen und dergleichen eingesetzt worden sein.

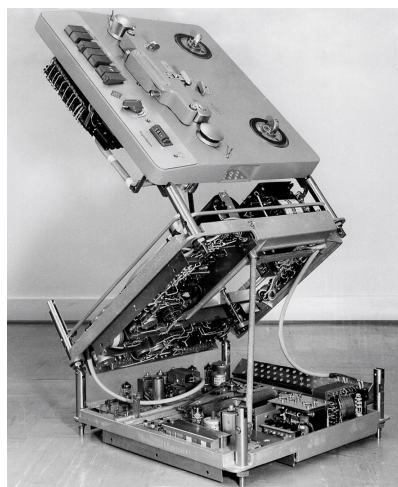


Abbildung 467: Die Stereo-Variante des Magnetophon M 5, aufgeklappt für den Service.



Abbildung 468: M 5, Mono-Variante, zum Service aufklappbar. Das Laufwerk ist von der Rückseite zu sehen. Abbildung 471 zeigt das gleiche Laufwerk ohne „Kabelbaum“.

Das M 5 war das letzte Studio-Magnetophon, das Rudolf Goetze zusammen mit Eduard Schüller konzipiert hatte. In vielen Details zeigte es eine Weiterentwicklung bewährter Techniken, allerdings sind auch viele Erfahrungen mit den bisherigen Geräten in neuen Ideen realisiert worden.²⁸⁹⁰ So ist das Grundprinzip (Abbildung 468) für den „Feldeinsatz“ sehr hilfreich: Das Laufwerk konnte als ganzes nach oben geklappt und in dieser Stellung mit einer Stange fixiert werden. Der Winkel war so ausgelegt, dass das Gerät in dieser Position betrieben und gleichzeitig gewartet werden konnte. In einer zweiten Ebene auf dem Boden des Koffers waren die Netzgeräte und die Verstärker angeordnet und zwar so, dass bei hochgeklapptem Laufwerk alle Röhren problemlos austauschbar und alle Einstellpunkte (Potis, Trimmer, Induktivitäten und so weiter) erreichbar waren, zusammengefasst zu sinnfälligen Baugruppen und deutlich gekennzeichnet (Abbildung 469).

Es wurde auch eine Stereo-Variante des M 5 angeboten, bei der eine weitere Ebene für die Verstärker des zweiten Kanals vorgesehen war. Um auch bei diesem Gerät einen einfachen Service zu gewährleisten, konnte diese zusätzliche Ebene ebenfalls um einen festen Winkel aufgeklappt werden (Abbildung 467). Die Verkaufszahlen dieser Stereo-Variante lagen Ende der 1950er Jahre allerdings noch bei nur wenigen Prozenten der Mono-Variante, weil vor allem die Rundfunkanstalten offiziell noch nicht stereofon produzierten.

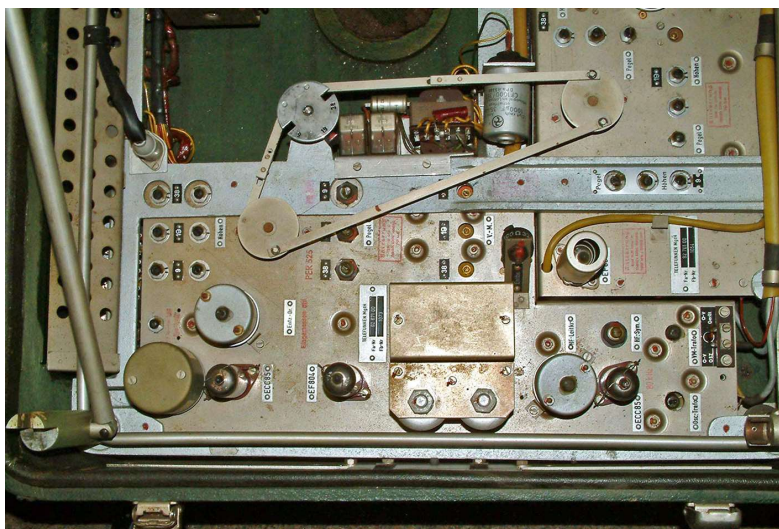
Die universelle Nutzung auch zum Kopieren, Umspielen von Reportagen, Cutten verlangte im Jahre 1955, dass das M 5 drei Bandgeschwindigkeiten bedienen konnte, und das sogar noch in zwei Gruppen (siehe oben). Beim Original, also der eigentlichen M 5, wurde die Geschwindigkeit in einem Umschaltgetriebe geschaltet, wobei gleichzeitig die erforderlichen Entzerrungs-Umschaltungen der Verstärker über eine Schaltwelle vorgenommen wurde. Nach dem Hochklappen des Laufwerks war allerdings ein automatisches Umschalten zusammen mit der Bandgeschwindigkeit nicht mehr möglich, weil die „Klauen“ der Schaltwelle jetzt getrennt waren. Das elektrische Umschalten der Tonrollendrehzahl über eine Umschaltung der Polzahlen des Tonmotors wurde geprüft und verworfen: der Motor – und damit die ohnehin schon gewichtige M 5 – wäre wesentlich schwerer geworden, auch wenn sich damit das Umschaltgetriebe hätte einsparen lassen. Erst als das M 5 in der Konstanzer Zeit neu konzipiert wurde, setzte man einen umschaltbaren Motor ein, der allerdings nur zwei Drehzahlen anbieten hatte (Abbildung 473).

Die Laufwerksansicht des M 5 ist weitgehend bekannt (Abbildung 466). Der Wunsch nach einem kleinen Koffer und ebenso nach den üblichen Bandwickeldurchmessern führte zwangsläufig zu Überständen der Bandteller. Auffällig ist das kleine Zählwerk, das in „Meter Band“ kalibriert war, was bei Einsatz von drei Bandgeschwindigkeiten sinnvoller schien als eine Kalibrierung in Zeiteinheiten. Dieses Zählwerk konnte in jeder Bandstellung

auf Null gestellt werden, aber nicht auf frei wählbare Werte, wie es bei den „Banduhren“ der meisten Studiogeräte möglich war. Erst beim M 5C findet sich ein in Minuten und Sekunden geeichtes Zählwerk.

Links vom Zählwerk lag etwas versteckt eine „Feineinstellung“ für die Drehzahl, bei der es sich um ein recht brutales, mechanisches Abbremsen der Schwungscheibe mit Hilfe eines Filzplättchens handelte, das mit einer Madenschraube gegen die Schwungscheibe gedreht wurde. Dabei setzte eine Blattfeder den Verstellweg der Madenschraube in eine Verstellkraft des Filzplättchens auf der Schwungscheibe um. Man bedenke, dass die Möglichkeiten der Drehzahlregelung von Motoren dieser Leistungsgruppe damals, also vor dem Zeitalter der Leistungstransistoren, doch recht beschränkt waren. Außerdem bevorzugte Schüller mechanische Lösungen gegenüber elektrischen.²⁸⁹¹ Die korrekte Drehzahl wurde wieder durch Vergleich mit der Netzfrequenz überprüft: Am Fuß der Tonrolle rotierte eine Lochscheibe, deren zwei Lochringe (Abbildung 476) so geteilt waren, dass die darunter angebrachte, netzbetriebene Glimmlampe bei Nenn Drehzahl ein scheinbares Stillstehen der Stroboskopteilung im Sichtfenster ergab. Um diesen Nennwert durch Abbremsen zu erreichen, musste natürlich die ungebremste Drehzahl sicher über der Nenn Drehzahl liegen, womit das Abbremsen in jedem Falle erforderlich wurde, was zur Konsequenz hatte, dass der Brems-Filzbelag etwa alle 300 Betriebsstunden ersetzt werden musste. Das Abbremsen war nur über einen Schlupf – und damit Verschleiß – innerhalb des Reibgetriebes zu realisieren, denn der Antriebsmotor lief als Synchronmotor natürlich trotz Abbremsung der Schwungscheibe mit unveränderter Drehzahl.

Abbildung 469: Magnetophon M 5, Verstärker-Ebene nach Anheben des Laufwerks. Links der Aufnahmeverstärker, rechts unten HF-Oszillator, rechts oben Teil des Wiedergabeverstärkers. Das Gestänge mit drei Drehpunkten griff beim Herunterklappen des Laufwerks in die Klauen der Schaltwelle, so dass mit der Bandgeschwindigkeit automatisch auch die Filter in den beiden Verstärkern umgeschaltet wurden.



Rechts vom Zählwerk ist ein „Bandzugschalter“ (Abbildung 466) zu sehen, der letztlich die Festigkeit des Bandwickels über die Strombegrenzung des Wickelmotors in zwei Stufen elektrisch bestimmte, gekennzeichnet mittels der Symbole für „Dreizackspule“ und „AEG-Kernaufnahme“. Diese Möglichkeit war erforderlich für die Universalität des M 5, denn je nach aufgeschraubter Mitnehmervorrichtung konnten vier Typen von Bandwickeln eingesetzt werden, nämlich:

„AEG-Kern“ für

freitragende Bandwickel mit 100 mm AEG-Kern und loseem Bandteller,

Bandwickel auf NARTB-Flanschspulen, Ø 26,5 cm mittels Adapter,²⁸⁹²

Bandwickel auf Dreizack -Flanschspulen mit 100 mm Wickelkerndurchmesser,

„Dreizackspule“ für

Bandwickel auf Dreizack-Flanschspulen mit 60 mm Wickelkern, Nenngröße 18 cm.

Für die ersten drei Einsatzmöglichkeiten war ein festes Wickeln erforderlich, für die vierte wurde weniger fest gewickelt, dazu wurde der Schalterschlitz „nach rechts“ verdreht.

Der Kopfträger hatte jetzt eine eindeutige Drei-Punkt-Auflage, die einzeln in ihrer Höhe justiert werden konnten; im Aussehen glich er der Abbildung 384, Seite 340.

Von unten betrachtet zeigt das Laufwerk (Abbildung 470, hier in einem weitgehend „freigeräumten“ Gerät) erstens die sorgfältig konstruierte Rippenstruktur der Platinenunterseite, zweitens, dass der Wickelantrieb offensichtlich vom AW-Antrieb abstammt, wobei das Wendegetriebe („Umsteuerkupplung“) hier direkt auf der Welle des Wickelmotors saß (Abbildung 474). Dieser AEG-Motor aus dem Motorenwerk Oldenburg war ein vierpoliger Asynchronmotor. Der bisherige Käfigläufer war durch einen (Eisen-) Rohrläufer ersetzt worden, der ein ruhigeres Laufverhalten zeigte, weil er die diskreten Drehmomentschritte der Käfigwicklungen nicht kannte. Die Schaltung war so ausgelegt, dass der Motor in der Haupt- ebenso wie in der Hilfswicklung 127 V Wechselspannung erhielt. Abbildung 470 zeigt noch die Zug- und Stoßstangen, die zum einen vom Schalterblock ausgehend die Schnellbremsung der Wickelteller steuerten, zum andern die Fühlhebel mit ihren Betätigungsorganen für den Spielbetrieb freigaben. Die Keilriemen waren gegenüber den AW-Geräten verfeinert worden und bestanden anfangs aus transparentem „Vulkollan“, später wurden auch gewebe-verstärkte Werkstoffe eingesetzt.²⁸⁹³

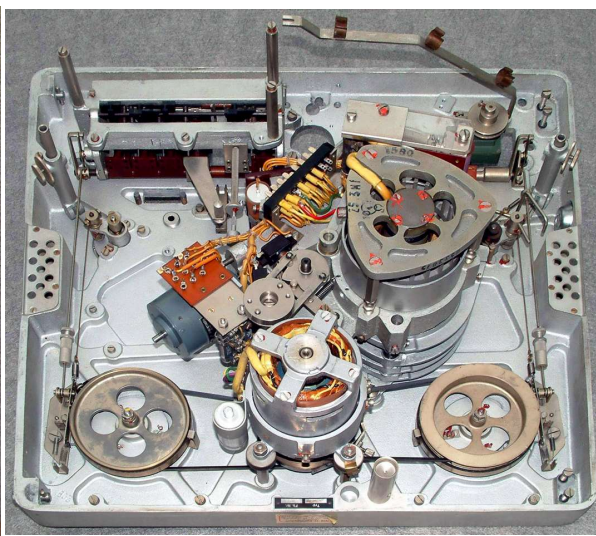
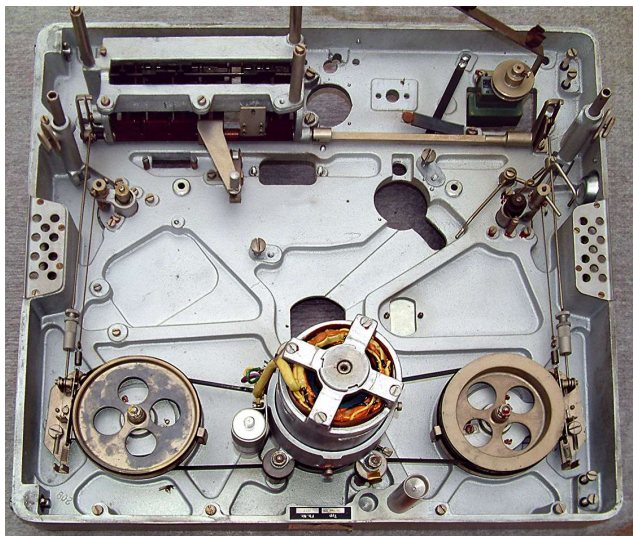


Abbildung 470 (LINKS): M 5, Laufwerk von Rückseite, Kabelbaum sowie alle damit verbundenen Komponenten, wie Schalter, Gleichrichter, Kondensatoren usw. entfernt. Es verbleibt der Wickelantrieb mit den mechanischen Bremsen, die einmal feinfühlig (von den Fühlhebelstellungen über Federn), einmal scharf (von der Halttaste über Dreh- und Zugstangen) auf die Bandbremsen der Wickelteller wirkten. Rechts im zweiten Drittel eine Kinematik, die vom Tonrollenhebel über einen geknickten Arm mitgenommen wurde und die Bremsen an der aufwickelnden rechten Rolle freigab. Direkt hinter der vom Tastensatz abgehenden Drehwelle ist die Filznoppe an einer Blattfeder zu sehen, welche die große Schwungscheibe abbremste.

Abbildung 471 (RECHTS): M 5 Laufwerk, Unterseite, wie Abbildung 395, aber mit integriertem Tonrollenantrieb. In der Bildmitte das untere Ende der Schaltwelle mit Rastgetriebe und Übergang auf die Klauenkupplung zum unteren Ende der Schaltwelle (zu den Verstärkern). Zwischen Tastensatz (links oben) und Antriebsblock die runde, einstellbare Stoßstange zur mechanischen Schaltung des Getriebes. Daneben der flache Hebel zum Lösen des Bandabhebers am Kopfträger.

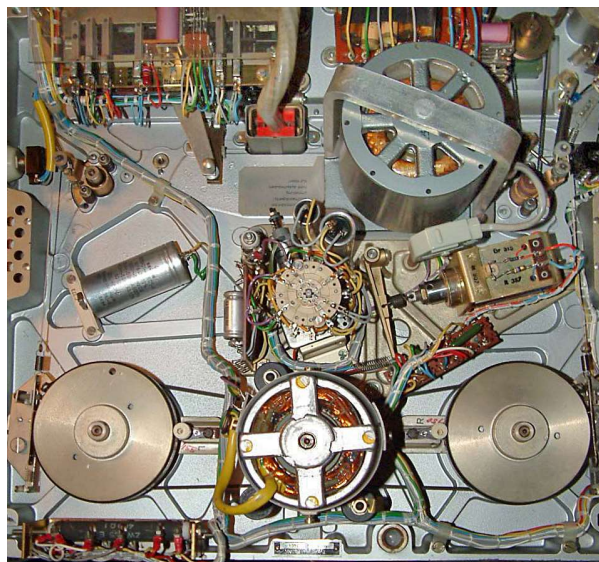


Abbildung 472 (LINKS): Einsatz des Magnetophon M 5 in privaten Tonstudios, hier bei Peter Frankenfeld.

Abbildung 473 (RECHTS): Blick auf die Rückseite des Laufwerks eines M 5C aus der Konstanzer Fertigung. Vieles entspricht dem M 5, der wesentliche Unterschied ist der elektrisch in zwei Stufen umschaltbare Außenläufermotor und dessen Drehschalter, etwa in Mitte des Laufwerks, anstelle des dreistufigen mechanischen Getriebes des M 5 (Abbildung 471).

In der Wedeler Zeit wurde erheblicher Aufwand zur Optimierung der Bremsen getrieben.²⁸⁹⁴ Von der Überlegung her, dass der Werkstoff Graphit keine Haft-Effekte zeigt, wurden Versuche mit Graphit-Bremsen, sowohl auf der rotierenden wie auch auf der stehenden Seite, erfolgreich durchgeführt. Den Rundfunkanstalten wurde sogar der Umbau der dort bereits arbeitenden Magnetophone auf Graphit-Bremsen angeboten.²⁸⁹⁵ Anscheinend ist davon aber kein oder nur sehr wenig Gebrauch gemacht worden. Für die neueren Magnetophone hatte diese Technik aber doch Bedeutung, so bestanden die M 5-Bremstrommeln zwar aus Aluminium, aber die Perlon-Samt-Bänder, an Bronzebänder genäht und so in ihrer Lage gehalten, waren mit einem Gemisch aus Graphitstaub und wässriger Salmiaklösung getränkt. Diese Technik verlangte ein aufwendiges „Einschleifen“: eine Aufgabe für Automaten, die in einem 24-Stunden-Zyklus die Bremsen schleifen ließen und dabei alle 15 Minuten die Drehrichtung umkehrten. Danach konnten die Bremsen – und auch die später eingesetzten Rutschkupplungen auf gleicher Technik – mit sehr guten Standzeiten und ohne Nachstellen betrieben werden. Öl – wie manchmal zu hören – wurde dazu nicht verwendet. Keinen Erfolg brachten auf die Bronzebänder geklebte Bremsbänder, weil

der Kleber durch die Bänder auf die Bremsstrommeln wanderte und dort zum Blockieren führte. Beim M 10 wurden dann tatsächlich auch Bremsen aus massivem Graphit (Seite 415) eingesetzt.

Der Tonmotor für das M 5 war von Anfang an ein Außenläufer (Abbildung 475) der Firma Papst, St. Georgen im Schwarzwald, ein vierpoliger Synchronmotor, der zusammen mit dem nachfolgenden Getriebe so ausgelegt sein musste, dass die drei wählbaren Bandgeschwindigkeiten oberhalb der genormten Werte lagen, damit sie über die genannte mechanische Bremse auf ihre Sollwerte herabgebrems werden konnten. Der Tonmotor erhielt 110 V in der Hauptphase und 90 V in der Hilfsphase.

Das Getriebe war als dreistufiges Reibradgetriebe aufgebaut: Auf dem Wellenstumpf des Motors saß eine dreistufige Antriebsscheibe. Gegenüber befand sich eine dazu passende dreistufige Schwungscheibe auf der Tonrolle (Abbildung 477). Gekoppelt wurden die beiden Stufenscheiben über gummibelegte Reibräder, die mit Steuergabeln (Abbildung 478) in den freien Raum zwischen den Stufenscheiben so eingeführt wurden, dass eine Kopplung stattfinden konnte (Abbildung 479). In der „Aus“-Stellung waren die Reibräder ohne mechanischen Kontakt, so wurden Druckstellen auf dem Gummi vermieden. Beim Einschalten des Gerätes wurde nicht nur die elektrische Versorgung eingeschaltet, sondern es wurde auch direkt von der entsprechenden Taste aus eine Steuerstange so in Richtung Getriebe gestoßen, dass sie jede Drehbewegung der Schaltwelle sperrte und die Federn an den Schaltgabeln freigab; so konnten diese die Gummiräder in Richtung ihrer Arbeitsstellung ziehen. Aber nur diejenige Gabel, deren „Nase“ in eine entsprechende Bohrung der Schaltwelle (Abbildung 480) fiel, konnte bis zum Arbeitspunkt gelangen und so die vorgewählte Bandgeschwindigkeit durchschalten.

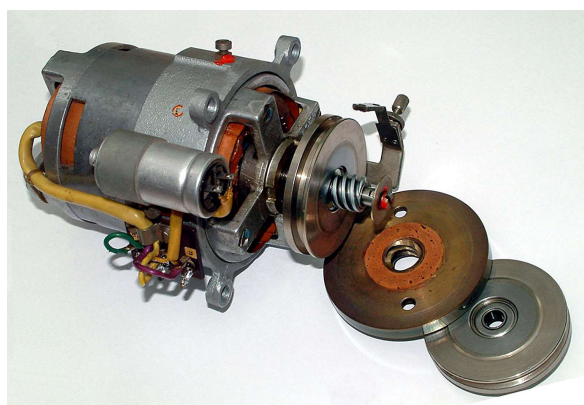


Abbildung 474 (LINKS): M 5, Wickelmotor mit Wendegetriebe („Umsteuerkupplung“) auf seiner Welle, teilweise demontiert. Fest verbunden mit der antreibenden Motorwelle war lediglich eine dreigängige Schraube. Auf dieser lief das Gegenstück in einem Messingschwungrad, das auf beiden Seiten eine Korkplatte als Kupplungsbelag hatte. An deren Außenumfang eine einstellbare Bremse. Die beiden außen liegenden Keilriemenräder liefen mit Kugellagern auf der Motorwelle, wurden also von dieser nicht mitgenommen. Je nach Drehrichtung des Motors drehte die Schraube das Schwungrad an die eine oder andere Riemenscheibe und bestimmte so Abtriebsseite (linker oder rechter Teller) und Drehrichtung.

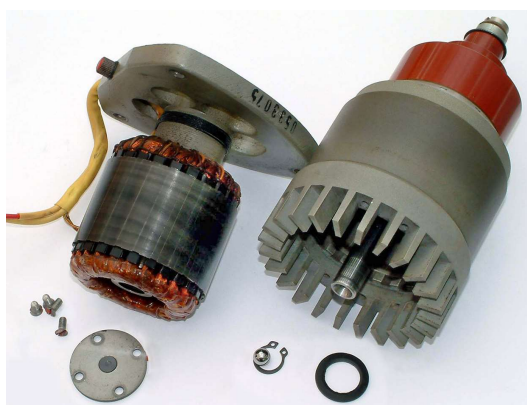


Abbildung 475 (RECHTS): M 5-Tonmotor, Außenläufer der Firma Papst. Motor demontiert. Lager: radial Gleitlager, axial die übliche einzige Kugel unter der Welle. Die Schmierung geschah von der Laufwerkoberseite nach Lösen der Schraube über den Stufenscheiben. Das Öl trat durch eine Querbohrung in die radiale Lauffläche der Mittelachse und sammelte sich in einem „Ölsumpf“ am Fuß der Welle - in Höhe der einzelnen Kugel.

Bei Aufnahme und Wiedergabe zog ein wechselstromseitig geschalteter Gleichstrommagnet (d.h., seine Wechselstrom-Versorgungsspannung wurde vor dem Gleichrichter geschaltet, siehe links in Abbildung 476) über eine Zugfeder und einen Betätigungsarm die Gummiandruckrolle gegen die Tonrolle. Zusätzlich löste der Betätigungsarm über einen Winkelhebel und einen Seilzug die Bandbremse des rechten Wickeltellers (Abbildung 470). Nach dem Abschalten zog eine Gegenfeder den Magnetkern in die Ruhelage zurück, dann fiel die Gummirolle zusammen mit ihrem Betätigungsarm ab und gab gleichzeitig eine Backenbremse frei, die den Tonmotor direkt an der Stufenscheibe abbremste (Abbildung 479). Auch die mechanischen Bremsen der Wickelteller wurden wieder freigegeben und stoppten diese; diese Bremswirkung wurde über ein Gestänge zwischen Taster und beiden Wickeltellerbremsen noch verstärkt, solange die Stopp-Taste gedrückt wurde (Abbildung 470).

Ein besonderes konstruktives Detail ist in Abbildung 479 zu sehen: Die senkrechte Stellung der Tonrolle – und ihre exakte Parallelstellung zur Andruckrolle – musste sorgfältig erfolgen. Das wurde mit zwei zueinander senkrecht stehenden Rändelschrauben am unteren Wellenlager gegen die Kraft einer Druckfeder auf dessen Rückseite eingestellt und anschließend mit gekonterten Schrauben und Lack gesichert. Dabei wurden auch Fertigungstoleranzen mit einigen dünnen Unterlegscheiben ausgeglichen. Oberhalb des Lagers befand sich ein kleiner Vorratsbehälter für das Lageröl. Auffällig war der vierkantige Schaumgummiring, der auf die Innenseite der Schwungscheibe geklebt war. Ein ähnlicher Ring war auch in den oberen Schwungscheibenteil geklebt (in Abbildung 477 zu sehen). Beide hatten Dämpfungsaufgaben: Die Schwungscheiben sahen nicht nur wie Glocken aus, sie konnten auch zu beliebig vielen Schwingungsformen angeregt werden, besonders wenn noch eine mechanische Bremse auf ihrem äußeren Umfang permanent für Anregungen sorgte (sie hat auch die Stirnfläche der Schwungscheibe in Abbildung 477 auf Hochglanz poliert). Erfahrungsgemäß lassen sich solche Schwingungen durch schallabsorbierende Beläge wie Schaumgummi zuverlässig vermeiden.

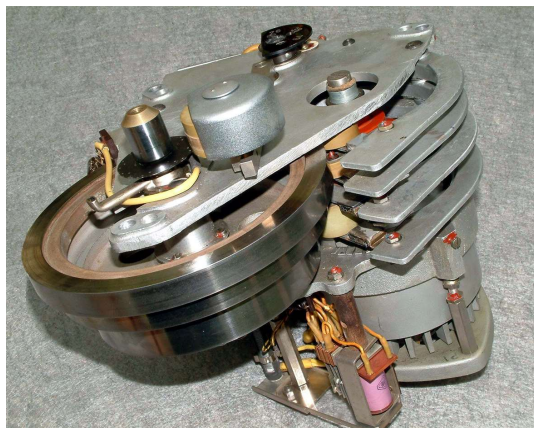
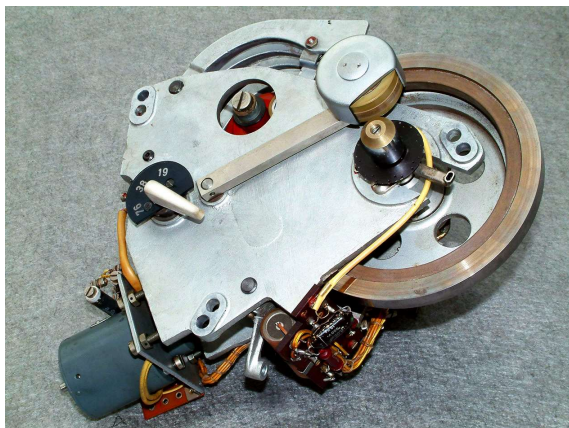


Abbildung 476 (LINKS): M 5, Bandantriebsseite des Stufengetriebes für 19 – 38 – 76 cm/s, ohne Laufwerksplatine. Schwungscheibe mit eingeklebtem Schaumstoffring, Tonrolle mit aufgeschraubtem Capstan, Lochscheibe des Stroboskops, darunter Glühlampe (an Stromkabel). Öler (mit ovaler Öffnung) des oberen Schwungscheiben-Lagers. Motor-Öler oben auf Stufenscheibe - als Schraube im runden Durchbruch zu sehen. Andruckhebel mit aufgeschraubter Gummirolle. Links Hubmagnet für den Andruckhebel. Neben dessen Lager die Steuerwelle mit Geschwindigkeitsanzeige und Schaltknebel. Der kurze Hebel unten in der Mitte wurde über eine Stoßstange mit dem Tastensatz verbunden, er sperrte die Steuerwelle und gab das vorgewählte Gummirad im Getriebe frei.

Abbildung 477 (RECHTS): M 5-Tonrollenblock, Motor mit Getriebe als Zusammenbau. Zwischen der Stufenscheibe des Motors und der Tonrolle saßen die drei Gummiräder, die zur Kopplung der Stufenscheiben mit Gabeln zwischen diese verlagert werden konnten.

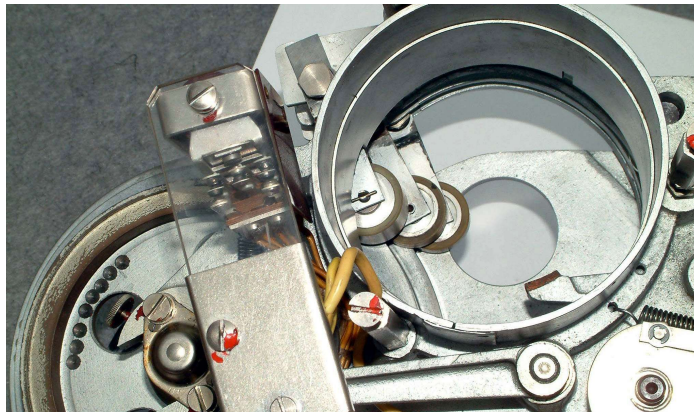


Abbildung 478 (LINKS): M 5, Getriebeblock. Gummiräder an ihren Gabeln, mit denen sie zwischen die Stufenscheiben gekoppelt werden konnten. Links die „Nasen“, deren Stellung zur Steuerwelle bestimmte, welche bis an die Stufenscheiben heran kam und so die Drehzahl der Schwungscheibe festlegte.

Abbildung 479 (RECHTS): M 5, Getriebeblock von unten. Der Motor ist entfernt, durch seine zylinderförmige Abschirmung können die drei Gummiräder gesehen werden ebenso wie die Backenbremse mit Korkbelag, die den Motor beim Abschalten bremste. Links die Schwungscheibe, auch auf der Unterseite mit Schaumgumi-Ring. Ebenfalls zu sehen ist das untere Lager mit der Feineinstellung der senkrechten Stellung der Welle. Der Hebel unter der Motorabschirmung wirkte auf den Andruckrollenarm: er zog den Arm über eine Feder (hinter der Plexi-Abdeckung) zurück. Rechts unten die untere Scheibe an der Schaltwelle für die Bandgeschwindigkeit mit zwei angekoppelten Kippschaltern.

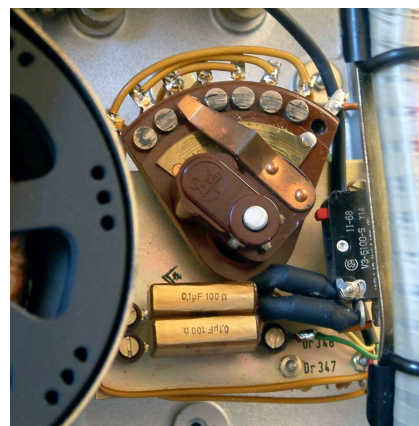
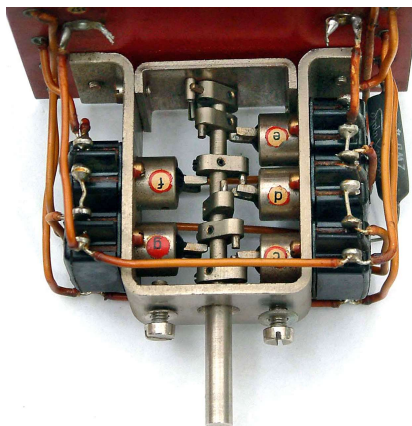
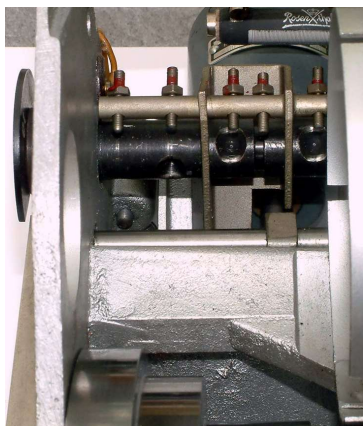


Abbildung 480 (LINKS): M 5-Schaltgetriebe, Blick in den Raum für die Schaltgabeln, diese sind allerdings entfernt. Man sieht hinten die Steuerwelle mit den Bohrungen für die Nasen an den Gabeln. Unten einen Teil der Reibflächen-Stufen an der Schwungscheibe. Links außerhalb des Blockes die Geschwindigkeitsanzeige an der Schaltwelle.

Abbildung 481 (MITTE): Realisierung der Rangierschalters beim M 5 und M 5A: fünf Kippwechschalter wurden über Nocken auf einer Schaltwelle nacheinander betätigt. (RECHTS): „normaler“ Rangierhebel am M 5C.

Abbildung 471 zeigt den im Laufwerk integrierten Getriebelock, allerdings fehlt der Kabelbaum mit seinen „Anhängen“. Gut zu sehen sind deshalb Details der Steuerwelle sowie der mechanischen Verbindung zwischen Bedienungstasten und Laufwerk.

Eine auffällige Besonderheit war die Ausführung des „Reglers Vor- und Rücklauf“, der ja vom Rangierhebel betätigt wurde. Seit dem Magnetophon K 7 war für diese Funktion ein einziger, mehrstufiger Schalter zuständig; im M 5 wurden fünf einzelne Kipp-Umschalter über eine Nockenwelle nacheinander betätigt (Abbildung 481). Warum diese eher nach einer technischen Spielerei aussehende Lösung gewählt wurde, die ja offensichtlich erheblichen technischen Aufwand bedeutete, konnte nicht sicher geklärt werden – sie galt allerdings als ungewöhnlich zuverlässig und langlebig.²⁸⁹⁶ Auch das M 5A hatte noch diese Schalterkombination, während das M 5C wieder mit einem einzigen Mehrstufenschalter (Abbildung 481) auskam.

Die elektrische Steuerung des Geräts zeigte die schon bekannten Maßnahmen zur Drehmomentensteuerung, insbesondere auch in dynamischen Phasen, beispielsweise beim Anlaufen oder Bremsen, die damals ja noch weitgehend über Leistungswiderstände und deren Änderungen vorgenommen werden mussten.²⁸⁹⁷

Die beiden im Koffer integrierten Verstärker AV (Aufnahme) und WV (Wiedergabe) waren als Baugruppen einfach austauschbar angelegt und noch in der klassischen Röhrentechnik, ausschließlich mit Röhren der Noval-Serie, ausgeführt; im AV drei Röhren mit fünf Funktionen, im WV drei Röhren mit vier Funktionen (Abbildung 469). Eine Pegeleinstellung war im Betrieb nicht vorgesehen – nur über Trimmer konnten grundsätzliche Einstellungen vorgenommen werden. Der Standard-Betrieb ging inzwischen davon aus, dass am Eingang des Gerätes ein Pegel von +6 dB anstand und der Ausgang den gleichen Pegel liefern musste; eine Übersteuerung war aber recht unkritisch – selbst bei 100 % Übersteuerung überschritt der Verstärker-Klirrfaktor nicht den Wert 0,5 %.

Die „Elektronik“ (Abbildung 469) war grundsätzlich die schon bekannte, und für großartige Lösungen war der Platz im Koffer zu klein. Dennoch wurden einige Verbesserungen vorgesehen:²⁸⁹⁸ Die Frequenz des Löschwie des Vormagnetisierungsstroms wurde auf 100 kHz heraufgesetzt; die Wärmeverluste in den Löschköpfen waren hinreichend klein, weil deren Werkstoff auf Ferrit umgestellt worden war. Nach kurzer Zeit zeigte sich allerdings, dass bei 75 kHz die Löschwirkung besser war, so dass die 100 kHz nach einigen hundert Geräten entsprechend abgesenkt wurden. Die HF-Ströme konnten symmetriert werden, da sich gezeigt hatte, dass bei asymmetrischer Vormagnetisierung Rauschen und Verzerrungen ansteigen und insbesondere keine knackfreien Band-Schnittstellen (vor allem beim Schnitt unter 90°) möglich sind.

Alle Einstellmöglichkeiten zur Frequenzgangkorrektur, also der normgerechten Entzerrung, mussten wegen der drei Bandgeschwindigkeiten dreifach angelegt werden, so dass der Platzbedarf für die Einsteller (damals noch „Regler“ genannt) groß war, ohne dass die Schaltung dadurch komplizierter geworden wäre.

Im Aufnahmeverstärker wurden die erforderlichen Korrekturen im höheren und tiefen Frequenzbereich zunehmend über Gegenkopplungsschaltungen vorgenommen. Eine Doppeltriode im Gegentaktbetrieb erzeugte, wie üblich, die Hochfrequenzströme, die zum Aufnahmekopf hin mit den Tonfrequenz-Signalen gemischt, gleichzeitig aber gegen die vorangehenden Niederfrequenzkreise abgeblockt wurde. Die Hochfrequenz-Ströme wurde nach dem Ausschalten noch so lange über geladene Siebkondensatoren aufrecht erhalten, bis das abklingende HF-Feld den Aufnahmekopf vollständig entmagnetisiert hatte.

Der Wiedergabeverstärker teilte die Aufgabe der Entzerrung im Gegensatz zur bisher üblichen Praxis auf zwei Röhrenstufen auf; die erste leistete die Grundentzerrung, indem sie den „Omega-Gang“, d. h., den Einfluss des Induktionsgesetzes, korrigierte. Die zweite Stufe berücksichtigte die eigentlichen Feinheiten der Entzerrung und glich bestimmte Eigenschaften des Wiedergabekopfes aus.

Magnetophon M 5, Kenndaten (ohne Angabe von Toleranzen):²⁸⁹⁹

Eingangspegel für Vollaussteuerung: +6 dB

Ausgangspegel: +12 dB

Frequenzgänge (±2 dB):

bei 76 und 38 cm/s: 40 bis 15.000 Hz

bei 19 cm/s: 60 bis 10.000 Hz

bei 9,5 cm/s: 60 bis 8.000 Hz

Fremdspannungsabstand beziehungsweise Geräuschspannungsabstand je nach Geschwindigkeit besser als 49 bis 54 dB, Übersprechdämpfung des Stereo-M 5: >34 dB

Netz 110/127/220/237 V, 50 Hz, einphasig, maximal 170 VA, Stereo M 5 maximal 190 VA

Mono M 5, Chassis: 50,0 x 47,0 x 20,5 cm

Koffer 56,0 x 50,4 x 30,7 cm

Gewicht einschließlich Koffer: 52 kg

Stereo M 5, Chassis: 50,0 x 47,0 x 40,0 cm

Metallkoffer über Beschläge: 52,5 x 50,0 x 43,0 mm

Gewicht Chassis: 59 kg; Gewicht einschließlich Koffer: 75 kg

Hier noch einige weitere Informationen zum Magnetophon M 5: Es sollte mit einem Verkaufspreis von etwa DM 5.000 starten, man plante 200 bis 300 Stück pro Jahr (das Geschäftsjahr bei Telefunken umfasste den Zeitraum vom 1. April bis zum 31. März des Folgejahres). Im Geschäftsjahr 1955/56 wurden bereits 169 Magnetophone M 5 verkauft; vom T 9u immerhin noch 175 Geräte sowie 50 Ü-Wagen-Geräte R 65. Im Geschäftsjahr 1956/57 waren es 480 Mono-M 5 und 17 Stereo-M 5, die Zahl der T 9u ging auf 80 zurück. Im Geschäftsbericht 1958/59 wurden die Studiogeräte wieder nur „en bloc“ angegeben: es wurden 577 M 5 plus M 10 verkauft.

Der Erfolg des M 5 ist – wie bei allen Geräten – immer auch ein Erfolg von Messdienst und Service, die meist etwas im Schatten der bekannten Entwickler und Konstrukteure stehen; besonders am M 5 lässt sich aber gut die Bedeutung dieser dienstbaren Geister aufzeigen, stellte doch gerade dieses Gerät neben den üblichen „Standard-

aufgaben“ wegen des seines Dreiganggetriebes besondere Ansprüche. Sein Kernstück ist – wie beschrieben – eine Stufenscheibe auf der Tonmotorwelle (Abbildung 475) mit dem passenden Gegenstück auf der Schwungscheibe der Tonrolle (Abbildung 477). Zwischen beide wird je nach gewählter Bandgeschwindigkeit eine Gummwalze (Abbildung 479) als Kupplung geschaltet. Wie man sich vorstellen kann, müssen die Wellen dieser drei Drehkörper streng parallel zueinander stehen, andernfalls wandern die Walzen mit jeder Umdrehung in axialer Richtung mehr aus ihrer Sollposition heraus, was zumindest zum Blockieren des Getriebes, bisweilen sogar zum Verbiegen der Wellen führte. Wie beschrieben, nahm diese Reibkupplung auch noch den Schlupf auf, der entstand, weil der Motor grundsätzlich auf einer synchronen Drehzahl lief, die zu einer zu großen Bandgeschwindigkeit führte, so dass die exakte Geschwindigkeit über das Abbremsen der Schwungscheibe realisiert wurde, was zum Kupplungsreiben der Räderpaarung und damit zum vorzeitigen Verschleiß der Gummiräder führen musste. Es zeigte sich, dass nach etwa 500 bis 1.000 Betriebsstunden Getriebegeräusche auftraten, die zumindest lästig waren, so dass dann die Gummirollen ausgetauscht wurden. Dazu wurde das Getriebe als Einheit (etwa wie in Abbildung 477) von der Grundplatte abgenommen, die Verschleißteile wurden ersetzt und der Zusammenbau in einer Vorrichtung neu justiert, ehe er wieder unter die Grundplatte geschraubt wurde. Diese Arbeit war erfahrungsgemäß so kritisch, dass sie fast immer vom Service-Leiter Heinz Neumann durchgeführt wurde, der schon von den ersten Anfängen an mit dem M 5 gearbeitet hatte. Lediglich aus Finnland kamen keine M 5-Sendungen in Wedel an: dort hatte man einen Spezialisten, der diese Technik ebenfalls beherrschte. Außer den offiziellen Einstellmöglichkeiten (besonders des unteren Motor-Lagers, Abbildung 479) wurden auch die Gabeln mit den Gummirädern gebogen – dazu waren ein Spezialhebel nötig und „sehr viel Gefühl“. Heinz Neumann war es dann auch, der über einen Verbesserungsvorschlag veranlasste, dass das M 5 standardmäßig einen Vielfachstecker zwischen Kabelbaum und Getriebezusammenbau erhielt, so dass zumindest beim Austauschen der Gummirollen nicht auch noch alle Kontakte ab- und später wieder angelötet werden mussten.

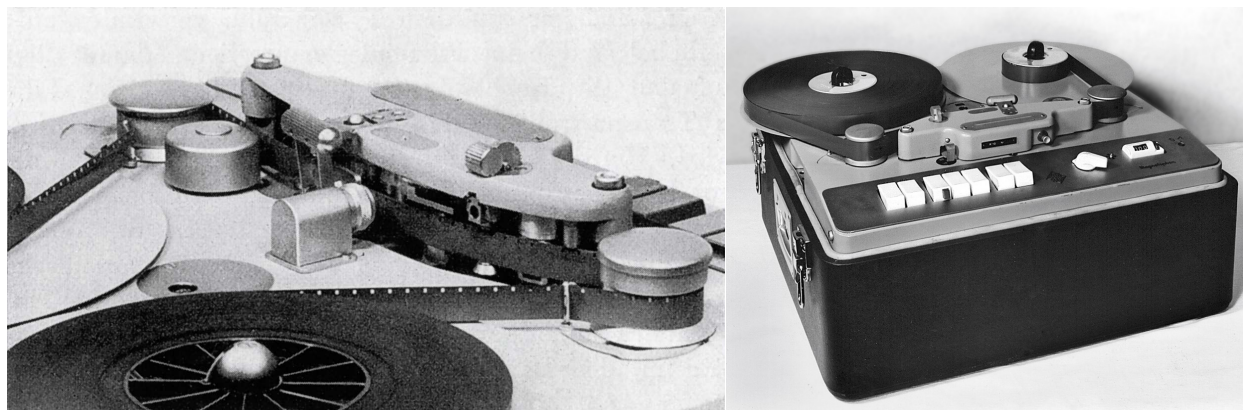


Abbildung 482 (LINKS): Magnetophon M 5/16 als Magnetfilmmaschine mit Friktionsantrieb und fotooptischer Abtastung der Perforation. Auf dem Magnetfilm wurden zwei Spuren aufgezeichnet: Spur 1 für die Tonaufzeichnung, Spur 2, eine Randspur, für Synchronmarken.²⁹⁰⁰
Abbildung 483 (RECHTS): Magnetophon M 5 in einer Sonderausführung für 1 Zoll (25,4 mm) breites Band.

Dem Service gelang es auch, das M 5 herunter bis auf Bandgeschwindigkeiten von 4,75 cm/s zu trimmen: Wie oben angegeben, wurde das M 5 mit zwei Geschwindigkeitsgruppen zu drei schaltbaren Geschwindigkeiten serienmäßig geliefert. Die drei schnelleren Band-Geschwindigkeiten wurden realisiert bei den gleichen Getriebe-Drehzahlen wie die halb so schnellen Geschwindigkeiten; lediglich die Tonrolle auf der Tonrolle wurde durch eine andere mit doppeltem Durchmesser ersetzt. Allerdings musste der Druck der Andruckrolle ebenso an die größere Tonrolle angepasst werden wie die Frequenzgangkorrektur an die langsamere Bandgeschwindigkeit. Mit der gleichen Maßnahme wurde die Band-Geschwindigkeit vom Service also auf 4,75 cm/s reduziert, wobei die Aufzeichnungs-Qualität natürlich nachließ. Dennoch war dies Gerät interessant; ursprünglich wurden vier Geräte für die Volkssternwarte in Bochum umgerüstet, welche in jenen Jahren unter ihrem Leiter Heinz Kaminski durch die Beobachtung und Verfolgung der ersten Satelliten (Sputnik, Oktober 1957) bekannt wurde. Dort wurden die Satelliten-Signale mit dem umgebauten M 5 aufgenommen. Anschließend gingen weitere Geräte dieses Umbautyps zur Messwert-Verfolgung z. B. an die VW-Werke.

Kompakt und leistungsfähig, wie sein Konzept angelegt war, gab es mehrere Sonderausführungen des Magnetophon M 5, etwa für Messzwecke (unter anderem mit Endlos-Bandschleife) und zur Rillensteuerung beim Schallplattenschnitt (Abbildung 230), selbst für 1 Zoll breites Band (Abbildung 483), wozu aber genauere Informationen fehlen. Gesichert ist dagegen ein Magnetophon M 5/16 für die bildsynchrone Tonaufnahme und -Wiedergabe nach den bei Film und Fernsehen üblichen Arbeitsverfahren mit 16-mm-Magnetfilm, dessen Perforation (wie beim M 10-17,5, Seite 411) fotoelektrisch abgetastet und zur Synchronisation herangezogen wurde.²⁹⁰¹ Zumindest laut einer Telefunken-Anzeige muss 1963 auch eine 17,5 mm-Ausführung existiert haben. Der Schichtlage beim Magnetfilm ist die ungewöhnliche Bandführung (Abbildung 482) zu verdanken.²⁹⁰²

Als Nachsteuergerät verwendeten Rundfunkanstalten wieder das R 91 (T). Wie schon oben gesagt, war auch das M 5-Normalmodell mit Pilotton-Einrichtung erhältlich; bei seiner Aufnahme in Braunbuch als R 83 / R 84

soll ein gewichtiges Argument gewesen sein, dass der (gegenüber dem Magnetophon T 9u) weniger „leistungshungrige“ Tonmotor von den damals verfügbaren Pilotton-Leistungsverstärkern versorgt werden konnte.²⁹⁰³

In Konstanz erlebte die M 5-Familie eine Renaissance. Die erste Weiterentwicklung führte zum M 5A, das noch mit Röhrentechnik arbeitete, aber die unterschiedlichen Entzerrungen mit Relais umschaltete. Dann kamen die M 5B (Hannover-Messe 1964²⁹⁰⁴) und M 5C auf den Markt, bei denen die Verstärker transistorisiert waren und das Antriebskonzept auf Tonmotoren mit zwei umschaltbaren Synchrongeschwindigkeiten aufbaute. Die Verstärker-Karten der M 5C waren mit denen für die M 10A kompatibel. Das 5.000ste Magnetophon M 5 wurde gehörig gefeiert; bei Stilllegung der Produktion protestierten allerdings zahlreiche Kunden.²⁹⁰⁵

Studio-Magnetophon M 10

Die T 9-Familie war seit 1952 in Einsatz und kam allmählich an ihre Grenzen, sie konnte weder fern- noch nachgesteuert werden, etwa für Pilottonarbeiten. Als dann auch noch bei den Seriengeräten eine unerklärliche Laufunruhe auftrat, entschloss sich Telefunken, ein neues Studiogerät auf den Markt zu bringen – das Magnetophon M 10, das zuerst T 10 heißen sollte. Ab 1958 kam dieser Maschinentyp auf den Markt.

Den Verantwortlichen war bekannt, dass diese Laufunruhe nicht mit einfachen Maßnahmen zu bekämpfen war, hatte man doch seit Anfang der 1950er Jahre alle Maßnahmen zur Optimierung des T 9-Antriebes in hochkarätig besetzten Treffen der Zentraltechnik des NWDR unter Karl-Erik Gondesen sowie der damaligen AEG unter Eduard Schüller und Hans Schepelmann festgelegt, erprobt und ausdiskutiert. Diese gemeinsamen Aktivitäten waren auch in der zweiten Hälfte der 1950er Jahre – wenn auch nun zwischen Telefunken und der „Zweigniederlassung Hamburg des Instituts für Rundfunktechnik (IRT) GmbH“ – fortgesetzt worden, und dienten jetzt der Optimierung des T 9u. Wie die NWDR-internen Braunbücher zusammen mit deren Arbeits-Anhängen belegen, war man sich von Anfang an einig, beim T 9 auf die Fühlhebel-gesteuerten Bremsen zugunsten rein elektrischer Maßnahmen an den Motoren zu verzichten (die Umlenkrollen mit ihren Fühlhebeln und Bremsen sollten lediglich dazu dienen, die Längsschwingungen des zulaufenden Bandes zu dämpfen). Man hatte versucht, eine konstante Zugkraft am zulaufenden Tonband zu erzielen, indem man den linken Wickelmotor mit einem elliptischen, achtpoligen Drehfeld (das drehzahlabhängig ist) sowie einem bremsenden Gleichfeld zu beaufschlagen – zusätzlich zu einer festen mechanischen Bremse. Bei den Optimierungs-Experimenten war man durchaus auch bis zu Grenzfällen gegangen, bei denen das Kippmoment des bremsenden Motors erreicht wurde. Der Rotor des Tonmotors hatte einen Elektromagneten erhalten, wohl weil die damaligen Dauermagnete zu schnell alterten und dadurch den Motor schwächten. Allerdings hatte dies Konsequenzen gehabt: Die Schleifringe der Stromzuführung verölten, weil sie zu dicht am unteren Gleitlager lagen, so dass dieses wiederum durch ein Kugellager ersetzt werden musste. Bei der Gelegenheit wurde auch die dreistufige Bremse durch eine zweistufige ersetzt, das heißt, die Schnellstoptaste entfiel, die damals in den Studios bereits „Salat-Taste“ genannt wurde, weil sie bei Fehlbedienung einen ganzen Wickel zu Bandsalat verarbeiten konnte. Letztlich war aber der ganze Antrieb des T 9 so sensibel geworden, dass außer der Reduktion einiger Entwicklungsziele weitere Eingriffe und Maßnahmen nicht empfehlenswert schienen.

Ein paar Jahre später hätte man die alten und neu auftretende Antriebsprobleme sicherlich mit transistorisierten Regelungsschaltungen gelöst; unter den damaligen technischen Bedingungen suchte und fand man auf der Basis der T 9-Erfahrungen für das M 10 ein völlig neuartiges Antriebskonzept.

Telefunken hatte sich eine Reihe von Aufgaben gestellt, die das neue Gerät zu erfüllen hatte:²⁹⁰⁶ Es sollte wieder ein reines Laufwerk sein; die Kombination mit Verstärkern, die bei einem Koffer wie dem M 5 zwangsläufig war, konnte bei der damals noch üblichen Röhrentechnik nicht bei den Studiogeräten realisiert werden; auch dies wurde erst mit Transistorverstärkern üblich. So blieb es bei Verstärkereinschüben, die sich meist im Fußraum der Pulte oder in Gestellrahmen befanden.

Das „Studiogerät Magnetophon M 10“ erschien zur Hannover-Messe im Frühjahr 1958; zu den Besonderheiten zählte, dass es vollständig fernsteuerbar war und neben den üblichen freitragenden Bandwickeln bis 300 mm Durchmesser auch mit Doppelflanschspulen (wichtig bei Magnetbändern ohne oder mit relativ glatter Rückseitenmattierung), und zwar sowohl horizontal wie vertikal, betrieben werden konnte.²⁹⁰⁷

M 10 löste binnen kurzem erwartungsgemäß die T 9-Familie als Magnetophon der Spitzenklasse ab und „wurde damit das neue Arbeitspferd der ARD. Lediglich in Süddeutschland – besonders beim Bayerischen Rundfunk – war damals eine gewisse Affinität zu Studer festzustellen. Das wurde aber auf einer ARD-Tagung etwa 1970 gerade gebogen und alle Studios wieder auf Telefunken eingeschworen.“ Einflußreichste Entscheider waren hier nicht die Tonmeister und Intendanten, sondern die Cutterinnen: „Wenn bei einem neuen Gerät eine Taste woanders angeordnet war, konnte ein Aufschrei durch die Tonträgerräume gehen“.

Die Mehrzahl aller M 10-Maschinen wird bei deutschen Rundfunkanstalten gearbeitet haben, und daher ist die Version für 6,3 mm breites Band, Schichtlage außen, Bandgeschwindigkeits-Paarung 38/19 cm/s, am bekanntesten geworden (Abbildung 484). Angesichts der noch vorhandenen Bestände an 76 cm/s-Archivbändern wurde auch die Kombination 38/76 cm/s angeboten. International operierende Schallplatten-Produzenten und Filmstudios bevorzugten dagegen die M 10-Ausführung mit Schichtlage innen (Abbildung 486).²⁹⁰⁸ Der Kopfträger des M 10 war, verglichen mit dem T 9-Typ, wesentlich kompakter geworden und erlaubte neben den Standardbestückungen für Vollspur- und Stereo-Aufzeichnung den Einbau der verschiedensten Sonder-Kopfkonfigurationen für spezielle Anwendungen (etwa „2 x Halbspur auf 1/4“-Band, getrennte Löschung“ oder eine Zweispur-Aus-

führung mit mittigem Pilotton-Kopf). Zudem waren seine Justagemöglichkeiten wesentlich verfeinert worden. Der Kopfträger erhielt einen Doppel-Ferrit-Löschkopf mit zusätzlichem schmalen Spalt, der eine höhere Löschdämpfung bei Quermagnetisierungskomponenten erzielte. Für Pilottonarbeiten bei Film und Fernsehen war das Nachsteuergerät R 91 T vorgesehen.

Nachdem Telefunken noch im Frühjahr 1958, gleichzeitig mit der M 10-Premiere, auch das Vierspur-Magnetophon T 9u gezeigt hatte,²⁹⁰⁹ dürften die Vierspurausführungen der M 10 für 1 Zoll breites Band (25,4 mm) etwa 1961 / 1962 erschienen sein,²⁹¹⁰ und zwar mit Schichtlage innen, wie von Film- und Schallplattenstudios gefordert. 1964 folgte dann ein M 10-17,5; wie die zusätzlichen Ziffern andeuten, war es für 17,5 mm breiten Magnetfilm gedacht und lief daher mit der (beim Fernsehen üblichen) Geschwindigkeit 47,5 cm/s. Die Perforation wurde freilich nur fotoelektrisch abgetastet und zur Synchronisation benutzt, der Film also wie beim Magnettonband üblich transportiert. Wie die entsprechenden Magnetfilm-Laufwerke zeichnete M 10-17,5 eine 5 mm breite Haupt- und eine 2,4 mm-Randspur für Hilfsaufzeichnungen für die Filmbearbeitung auf.²⁹¹¹

Dass M 10-Geräte nicht nur in Tonstudios anzutreffen waren, zeigt eine kaum bekannte Variante M 10-12, ein 12-Spur-Studiogerät zur Aufnahme und Wiedergabe in mehreren Sprachen gleichzeitig (wahrscheinlich im Bereich Dolmetscheranlagen). Zehn Spuren waren für Kommentare vorgesehen, eine Spur für Regieanweisungen und eine Spur für Synchronisation.²⁹¹²

Abbildung 484: Magnetophon M 10, Stand von etwa 1958, hier in Stereoausführung. Schneid- und Klebelehre rechts vorn. Die rote Lampe (Mitte) und der rote Taster (links hinter Umlenkrolle) deuten auf Sonderanfertigungen für den NDR hin: die rote Lampe zeigte an, dass die Schnellabschaltung auf „Betrieb“ stand. Der rote Taster ermöglichte den sogenannten Papierkorbbetrieb: Solange er gedrückt war, wurde der rechte Wickelmotor abgeschaltet und das durchlaufende Band nicht auf den rechten Kern gewickelt, sondern gleich in einen Papierkorb „geschossen“.



Abbildung 485 (LINKS): M 10A (erkennbar an der Stroboskopscheibe über der linken Bandumlenkung), Ausführung „Schichtlage außen“, hier ohne Markierungstempel. Der fächerartig rot-weiß lackierte Wickelkern kennzeichnet Stereo-Aufzeichnungen (Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s); diese Ausführung gibt es seit Ende der 1960er Jahre. – Abbildung 490 stammt von derselben Maschine.

Abbildung 486 (RECHTS): M 10A, hier in der Ausführung für Schichtlage innen.

Antriebskonzept des Magnetophons M 10

Das Antriebssystem der M 10-Familie wurde in Bezug auf die Filterung auf der Abwickelseite völlig neu konzipiert. Der Tonmotor war ein umschaltbarer 4/8-Pol-Synchronmotor, der über ein Reibrad die Tonwelle antrieb. Dieses Reibrad wurde erst beim Spielbetrieb von einem Elektromagneten in Arbeitsposition gezogen, um Verformungen des Gummis zu vermeiden. Die Wickelmotoren erhielten ein völlig neues Bremsensystem. Am Bandende oder bei einem Bandriss schaltete sich das Gerät über den linken Fühlhebel selbsttätig und sehr schnell (kürzer als 2 s) aus. Erst wenn ein eingelegtes Band den Fühlhebel aus der Ruheposition zog, schaltete sich das

Gerät wieder ein; bei einigen Geräten (z.B. Sonderausführungen für den NDR) wurde das durch eine rote Kontroll-Lampe mitten auf dem Laufwerk angezeigt. Bei der Mehrzahl der Geräte leuchtete „im Ruhezustand“ die Halt-Taste dann auf, wenn das Band richtig eingelegt war; hatte der Bandenschalter ausgelöst, blieb die Halt-taste dunkel. Die „Banduhr“ saß direkt auf der rechten Umlenkrolle und zeigte mit zwei Zeigern die Spielzeit in Minuten und Sekunden an. Ein Umlauf entsprach 60 Minuten bei 19 cm/s beziehungsweise 30 Minuten bei 38 cm/s. Die Anzeige konnte mit einem Hebel auf Null gestellt werden. Um beim Bandende den Nachlauf zu minimieren, wurde die Banduhr dann abgebremst: Nachlaufzeit maximal 4 s.

Als Braunbuch-Bezeichnungen des M 10 waren R 89 für das Laufwerk und R 99 für den Kopfträger vorgesehen; allerdings sind nur noch die Pflichtenhefte für die Geräte aufzufinden – es ist bei Rundfunkmitarbeitern bekannt, dass gegen Ende der 1950er Jahre das Braunbuch nicht mehr mit der früher üblichen Konsequenz weitergeführt wurde.

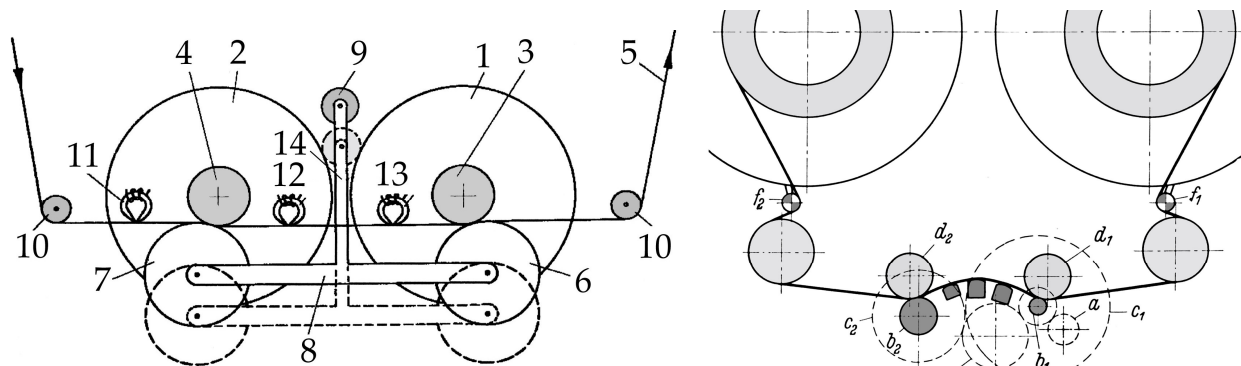


Abbildung 487 (LINKS): Bandantrieb nach Patent DE 1 090 445, der im M 10 realisiert wurde; hier für Magnetband mit Schichtlage *innen* dargestellt. 3 Tonwelle mit Schwungscheibe 1 und Andruckrolle 7. 4 Beruhigungswelle mit dazugehöriger Schwungscheibe 2 und Andruckrolle 6. Die Gummirolle 9 koppelt im Leerlauf (gestrichelte Stellung des Trägers 8) die Scheiben 1 und 2. Bei Aufnahme und Wiedergabe geht der Träger 8 in die durchgezogene gezeichnete Stellung; damit ist 9 ausgekoppelt, zwischen 3 und 6 wird das Tonband 5 angetrieben, das wiederum zwischen 4 und 7 die Masse 2 in Rotation hält.

Abbildung 488 (RECHTS): Schematische Darstellung des „mechanischen Filters“ des Magnetophons M 10, Bezeichnungen laut Serviceanleitung: a Tonmotor, b1 Tonwelle, b2 Filterwelle, c1 und c2 Schwungmassen, d1 und d2 Andruckrollen, e Zwischenrad, f1 und f2 Fühlhebel.

Schwingungen des Tonbandes in Längsrichtung waren auf der „Abwickelseite“, also links von den Köpfen, ein Problem, das besonders bei den Studiogeräten viel Aufmerksamkeit verlangte. Diese Schwingungen wurden zusätzlich durch Klebestellen oder durch Unregelmäßigkeiten des Wickels angeregt. Sie lagen typisch unterhalb von 20 Hz und führten zu unüberhörbaren Tonhöhenschwankungen. Für T 8, T 8f und T 9/T 9u waren deshalb erhebliche Anstrengungen zur Bandberuhigung (offizielle Bezeichnung „Filterung“) unternommen worden. Diese Maßnahmen bremsten bereits das Band, so dass der linke Motor nur noch einen Bruchteil seiner Nennleistung zum Bremsen des ablaufenden Bandes nutzen konnte und wohl auch deshalb „unruhig“ lief. Es war durchaus bekannt, dass eine träge Masse, die vom Band mitgenommen werden musste, solche Schwingungen wirksam dämpfen konnte – wie etwa die Beruhigungsrolle im Kopfträger R 93 bewiesen hatte (Seite 402). Während diese Beruhigungsrolle aber für Frequenzen oberhalb 5.000 Hz ausgelegt und deshalb klein war (und ohne Andruckmittel vom Band mitgenommen wurde), ergaben Hochrechnungen, dass die Masse für Frequenzen unter 20 Hz so groß sein würde, dass die Tonbänder beim Anfahren – und damit beim Beschleunigen dieser schweren Beruhigungsrolle – unzulässig stark belastet würden (Recken oder Reißen des Bandes). Das oben erwähnte M 10-Antriebspatent ²⁹¹³ berücksichtigt das, indem die Beruhigungs- beziehungsweise „Filterwelle“ schon vor dem Einkuppeln der Andruckrolle auf Nenndrehzahl gebracht wurde. Das geschah, indem die rechte, eigentliche Tonwelle – wie üblich – vom Tonmotor angetrieben wurde und die beiden Wellen untereinander mit einer geeigneten Zwischenrolle gekoppelt waren. Im selben Augenblick, in dem die beiden Andruckrollen an Filterwelle und Tonwelle gelegt wurden, kuppelte die Zwischenrolle aus, so dass die Filterwelle nur noch vom Band angetrieben wurde und dieses so in seinen Schwingungen dämpfte (Abbildung 487). Zusätzlich wurde diese von Haus aus leicht laufende Filterwelle durch eine einstellbare Vorspannung ihres Lager so weit gebremst, bis die beruhigende Wirkung dieser Anordnung optimal war. Der Eindruck, dass das M 10 zwei angetriebene Tonwellen aufwies, war also nur vor dem Einkuppeln der Wellen richtig, danach trieb rechts die Tonwelle an, während links die Filterwelle dämpfte und bremste und damit den Bandlauf vor den Köpfen beruhigte (Abbildung 489). Anders gesagt, die Bandstrecke zwischen beiden Wellen war vom übrigen Bandlaufweg entkoppelt und der Bandzug konstant. (Wenn der Spielbetrieb beendet war und die Gummiandruckrollen von den Wellen zurückgenommen wurden, fiel automatisch die Zwischenrolle wieder in Arbeitsposition und kuppelte die beiden Wellen wieder miteinander.) Wegen dieser effektiven Filterung vor dem Kopfträger konnte die zwischen den Magnetköpfen des M 10 angeordnete Beruhigungsrolle für schnelle Bandlängsschwingungen deutlich kleiner sein als bei den bisherigen Studiogeräten wie T 9 oder M 5. Auch die Dämpfung an der linken Umlenkrolle vereinfachte sich zu einer Kupferscheibe, die zwischen den Schenkeln eines justierbaren Dauermagneten rotierte (siehe in Abbildung 491).

Die Tonwelle hatte einen auffallend kleineren Durchmesser (14,5 mm) als die Filterwelle (33,5 mm); das lag an den unterschiedlichen Auslegungskriterien. Die Drehzahl der Tonwelle bestimmte die Bandgeschwindigkeit, damit lag ihre Umfangsgeschwindigkeit fest. Die Filterwelle musste die gleiche Umfangsgeschwindigkeit haben. Die Tonwelle bildet sinnvollerweise gleichzeitig die Welle der Schwungscheibe. Da die Schwungscheibe mit dem Quadrat der Drehzahl wirkt, sollte deren Drehzahl möglichst hoch und damit der Tonwellen-Durchmesser möglichst klein sein. Als sinnvolle untere Durchmesser-Grenze hatte sich aber Mitte der 1950er Jahre ein Wert um 10 mm herauskristallisiert, darunter konnten Bandtransportprobleme an der Tonwelle auftreten. Man wählte also für das M 10 einen Durchmesser von 14,5 mm. Die Filterwelle musste vom Tonband in Drehung gehalten werden; das heißt, wenn die Zugkraft auf das Band niedrig sein sollte, musste der Wellendurchmesser groß sein.

Auf der anderen Seite musste die Filterwelle aber auch nennenswert am Band ziehen, wenn sie im gewünschten Frequenzbereich beruhigen sollte. Als Kompromiss wurde für sie ein Durchmesser von 33,5 mm gewählt. Damit war dann auch die Übersetzung zwischen den einzelnen Wellen festgelegt, wie Abbildung 489 zeigt.

Die Auslegung der Zwei-Rollen-Kinematik des M 10 war dann auch etwas komplizierter als im Patent abstrahiert (Abbildung 487).²⁹¹⁴ Die beiden Andruckrollen wurden von zwei elektrischen Zugmagneten über Kipphebel gesteuert (unten in Abbildung 489), wobei das Zwischenrad von der Bewegung der Magnetanker mitgenommen wurde, so dass die im Patent geforderte Gleichzeitigkeit der Bewegungen gewährleistet war. Abweichend davon lag auch der Löschkopf zwischen beiden Rollen (Abbildung 493) – nicht maßgeblich für das Patent.

Auch die Wickelmotoren, insbesondere deren Bremsen, wurden weitgehend überarbeitet (Abbildung 492).²⁹¹⁵ Es waren wieder AEG-Eisenrohläufer, die auch bei hoher Drehzahl noch ein großes Drehmoment abgaben. Auf den oberen Wellenstümpfen waren die Wickelteller fest montiert, auf den unteren die Bremsen. Die Bandauslaufbremse und die Stand- und Betriebsbremse bildeten getrennte Systeme. Beide Bremsen waren Backenbremsen mit einem Bremsbelag aus Kork.

Die Bandauslaufbremse (diejenige, die dichter am Motor lag) arbeitete auf einen Stahlzylinder, der fest auf der Motorwelle saß. Sie hatte die Aufgabe, den jeweiligen Wickelmotor in kürzester Zeit abzubremsen, sobald ein Band abgelaufen oder gerissen war. Im normalen Betrieb wurde die Bremsbacke mittels Federn von der Bremsstrommel abgehoben. Zu ihrer Aktivierung zog der rechts in Abbildung 492 sichtbare Elektromagnet an und drückte die Bremsbacke mit maximaler Kraft gegen die Bremsstrommel. Dies war zulässig, weil in diesem Betriebszustand zwischen beiden Spulenteilern kein Band mehr war, das beschädigt hätte werden können.

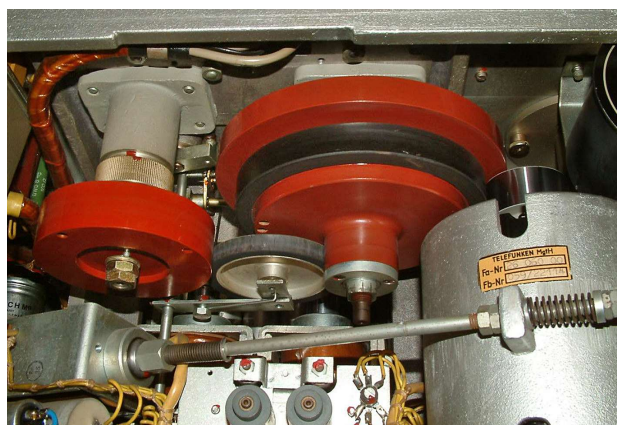


Abbildung 489 (LINKS): M 10 (Erstaussführung), Realisierung des Bandantriebs nach Patent DE 1 090 445. Die große rechte Schwungmasse trieb die Tonwelle an, die kleinere auf der linken Seite diente der Bandberuhigung mit der Filterwelle. Im Leerlauf, der hier fotografiert wurde, waren beide Schwungräder über das gummibelegte Rad in der Mitte miteinander gekoppelt. Bei Aufnahme und Wiedergabe zog der Magnet (links) den Tonmotor (rechts) mit einer Zugstange gegen den Gummiring auf der rechten Schwungscheibe. Gleichzeitig zog ein nach unten wirkender Doppelmagnet (hinter der Zugstange) über eine Umlenkmechanik die Gummibanddruckrollen in Arbeitsposition, während das Gummirad zwischen den Schwungscheiben über einen Mitnehmer ausgekoppelt wurde.



Abbildung 490 (RECHTS): Direktantrieb des M 10A mit polumschaltbarem Papst-Motor und geändertem Antrieb der Filterwelle (Anzugsmagnet für Tonmotor ist entfallen, der Tonmotor bildet gleichzeitig die Tonwellen-Schwungmasse, Zwischenrad mit anderer Form).

Im Spielbetrieb (Aufnahme und Wiedergabe) diente der linke Wickelmotor als Bremse. Es gab keine zusätzlichen Fühlhebel, welche den Bandzug über Bremsen an den Wickeltellern geregelt hätten. Die beiden vor den Wickeltellern sichtbaren Fühlhebel (Abbildung 484) dienten dennoch der Stabilisierung der Bandgeschwindigkeit und wurden als Filterhebel bezeichnet. Wenn etwa zwei Bandwindungen durch Schnittstellen verklebt waren und darum das Abspulen störten, gab der Hebel kurzzeitig nach und dämpfte so den Störeffekt. Natürlich musste dafür eine Gegenfeder die notwendige Kraft aufbringen und eine Dämpfung (pneumatisch) eine Schwingungsanregung verhindern. Wenn das Band sich zu leicht abziehen ließ, wanderte der Fühlhebel nach außen, so dass seine Bandumschlingung und damit die Reibung des Bandes an der Bandführung vergrößert wurde. Zusätzlich hatten beide Hebel noch je eine Funktion bei Bandende und Bandriss: Dann schnellten sie nach außen, und der linke Hebel stoppte das Gerät bei gleichzeitiger schärfster Bremsung des Bandes (siehe oben), der rechte Hebel stoppte den Nachlauf der „Banduhr“. Diese Aufgaben erledigten zwei recht aufwendige elektro-pneumatisch-mechanische Einheiten, die versteckt unter der Laufwerkplatine lagen (Abbildung 491).

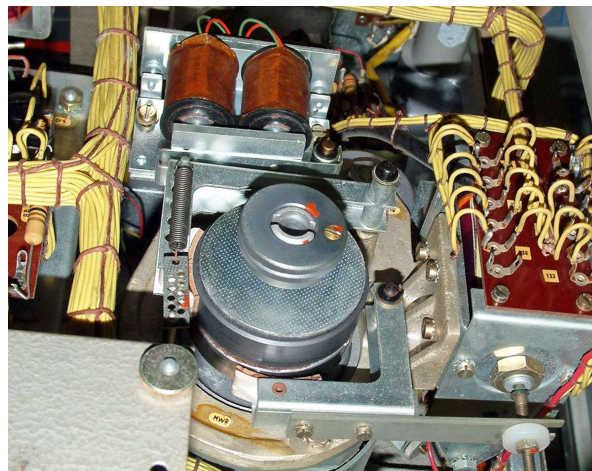
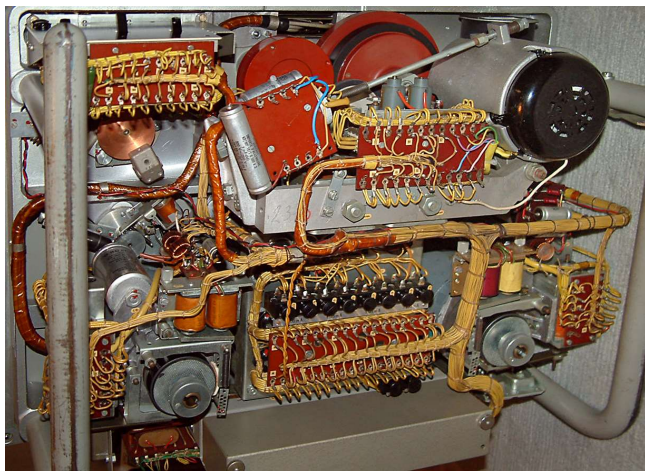


Abbildung 491 (LINKS): M 10, Laufwerkunterseite. Oben mittig die beschriebene Antriebseinheit mit dem stark abgeschirmten AEG-Motor. Über den Schwungrädern der Stecker für den Kopfträger. Hinter dem obersten, rechten Ende der Zugstange der Betriebsstundenzähler. Links oben der Schalter- und Tasten-Block, darunter die Wirbelstrombremse der linken Umlenkrolle. Darunter - teilweise verdeckt - die Filterhebelmechanik des linken Filterhebels mit pneumatischer Dämpfung und Abschaltautomatik bei Bandriss. Auf der rechten Seite ist - verdeckt - eine ähnliche Kinematik mit teilweise anderen Funktionen (z. B. ohne Abschalter). Links und rechts unten die Bremsen der Wickelmotoren. Unten - in der abschirmenden „Blechbox“ - ein Satz Relais.

Abbildung 492 (RECHTS): M 10, rechter Wickelmotor („MWR“). Zu sehen ist in erster Linie das Bremsensystem auf der unteren Seite. Bremsen an Winkelhebeln, mit Relais betätigt. Bandauslaufbremse in Motornähe, Stahlzylinder mit Kork-Backenbremse, die mittels Feder von Trommel ferngehalten wurde. Bei Riss oder Bandende drückte der rechte Magnet die Backe auf den Zylinder. Die Stand- und Betriebsbremse arbeitete mit Kork auf Graphitzylinder, der wiederum mit Rutschkupplung (einstellbar über die zwei Rändelmutter) auf die Motorwelle arbeitete. Permanente Bremswirkung mittels Zugfeder und Lochleiste eingestellt.

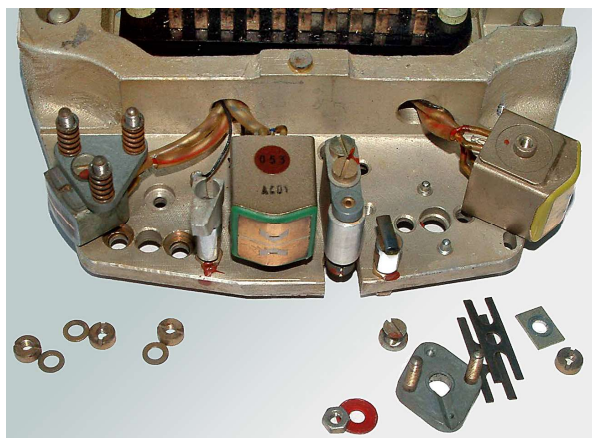
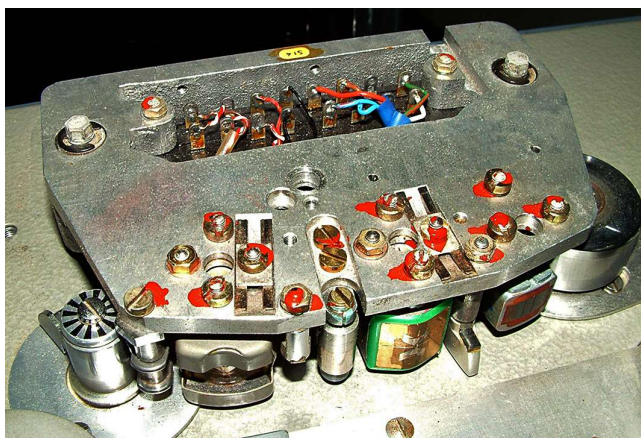


Abbildung 493 (LINKS): M 10, Kopfträger für Stereoaufzeichnungen, Abdeckung entfernt. Vom Betrachter rechts die Beruhigungsrolle, links mit Stroboskop und Bandabstreifer die Tonwelle. Rechts der Löschkopf mit zusätzlichem schmalen Schlitz, dann vertikale Bandführung, Aufnahmekopf, kleine Beruhigungsrolle in Spitzenlagern, defekte Führung, Wiedergabekopf (ohne Brummklappe!), Bandführung. Hinten der „schwimmende“ Stecker sowie die beiden Sechskantschrauben, die den Kopfträger hielten.

Abbildung 494 (RECHTS): M 10, Kopfträger von unten, Wiedergabekopf (rechts) und Löschkopf (links) abgeschraubt und umgedreht, um die Justagetechnik zu demonstrieren. Befestigungselemente vor den jeweiligen Köpfen ausgelegt. Löschkopf steht auf drei Federn, die von drei Gewindebolzen positioniert werden. Durch Verdrehen der Mutter auf den Bolzen sind drei der erforderlichen vier Freiheitsgrade einstellbar; der vierte ist eine gewisse Verdrehung des Kopfes um seine Achse (Einstellung der Bandumschlingung), die auch nach der Montage durch Lockern der zentralen Schraube im Löschkopf getätigt werden kann. Die Verdrehung ist auch beim Wiedergabekopf möglich, zwei Schrauben in der Längsachse definieren die Position des Kopfes und seine Neigung, die beiden seitlichen Gewindestangen zusammen mit den Blattfedern erlaubten feinfühliges Optimieren der Spaltstellung.

Der dritte Betriebszustand war das Umspulen. Hierbei wünscht der Anwender natürlich kürzeste Zeiten bei einer hohen Dynamik der Vorgänge. Insbesondere war sicherzustellen, dass in allen Zuständen trotz dieser Dynamik das Band nicht gedehnt wurde, keine Schlaufen werfen konnte oder anderswie gefährdet wurde. Außerdem musste beim Cutten immer eine gewisse Bremskraft auf die Bandwickel wirken, damit diese beim Abziehen nicht locker wurden oder gar Windungen „verloren“. Für diese Aufgaben diente die neuartige Auslegung der Stand- und Betriebsbremse. Deren wichtigstes Auslegungskriterium lautete, wie auch bei allen bisherigen Entwicklungen: In jedem Betriebszustand muss der gezogene Wickel stärker gebremst werden als der ziehende; die Auslegung galt spiegelbildlich für beide Wickel. Diese Forderung war bisher mit der Technik der selbstverstärkenden Bremsen erreicht worden, die in einer Drehrichtung nur leicht bremsen, in der Gegenrichtung ihre Bremskraft durch das Bremsen selber verstärkten. Neu war beim M 10, dass man das Verhältnis der Bremskraft in beiden Drehrichtungen definiert einstellen wollte, und das ging mit der bisherigen Technik nur sehr bedingt. Deshalb stellte man die Bremsen beim M 10 so ein, dass in der Richtung des leichten Bremsens der kleinere Brems-

wert auf Sollstärke mit einer Backenbremse eingestellt wurde. In Gegenrichtung zog die Backenbremse so stark an, dass sie die Bremsstrommel blockierte, so dass diese gegen eine Scheibenbremse wirkte, die getrennt von der Backenbremse eingestellt werden konnte. Diese Doppelbremse ist in Abbildung 492 dem Betrachter zugewandt. Für sie wurde erstmals ein Graphitzylinder eingesetzt. Er wirkte nicht direkt auf die Motorwelle, sondern war mit dieser über eine einstellbare Rutschkupplung – die genannte Scheibenbremse - verbunden. Damit waren alle Forderungen an die Dynamik der verschiedenen M 10-Betriebszustände erfüllt.

Die Steuerung des M 10 bestand aus zwei Teilen; auf einer Platte an der Frontseite befanden sich die seltener benötigten Umschalter; also der Netzschalter, die Umschaltung auf Fernsteuerung und die Umschaltung zwischen Bobby und Flanschspule (Bandzug, ggfs. auch Festigkeit des Wickels). Auf dem Laufwerk saßen links vorn die Tasten für Umspulen, die Aufnahmetaste mit Sperrknopf, der Rangierhebel („Umspulregler“), Wiedergabe- und Halt-Taste (Abbildung 484). Alle Tasten waren erstmals von innen beleuchtet. Auch die Geschwindigkeitsumschalter waren als beleuchtete Taster ausgelegt, befanden sich aber „oben“ zwischen den beiden Wickeltellern. Wenn das Gerät ferngesteuert betrieben wurde, waren am Gerät die Tasten außer Betrieb (ihre Funktion wurde aber trotzdem von den Lampen angezeigt), ebenso der Rangierhebel. Umgespult wurde grundsätzlich mit maximaler Geschwindigkeit.

Abbildung 495: Ein M 10 mit Kopfträger für 1 Zoll-Band, Vier-spuraufzeichnung, Schichtlage außen – eine Seltenheit, denn Mehrspurmaschinen wurden in aller Regel für Schichtlage innen gebaut.



Der Kopfträger und die Bandführung in Kopfnähe waren neu konzipiert worden. Das Antriebs- und Beruhigungsprinzip über zwei Wellen verlangte besondere Sorgfalt bei der Parallelausrichtung der Wellen. Deshalb waren die beiden Lagerböcke mit den Wellen steif und präzise gefertigt und wurden unter der Laufwerksplatte an einer speziell verstärkten Stelle befestigt, die in einer Aufspannung plan gefräst worden war (Abbildung 489). Die dadurch erreichte Qualität reichte für die meisten Anwendungsfälle aus – allerdings konnte es bei der 1-Zoll-Version (Abbildung 495) schon erforderlich werden, kleinste Korrekturen mittels Metallfolien zwischen Anlagefläche und Lagerbock vorzunehmen.²⁹¹⁶ Die Parallelstellung der Andruckrollen zu den jeweiligen „Tonwellen“ wurde an den Rollen vorgenommen, und zwar an deren oberen und unteren Lagern, die geringfügig exzentrisch waren und gegeneinander verdreht werden konnten. Eine weitere realisierte Verbesserung ist von außen nicht zu sehen: Die senkrecht stehenden Wellen ruhten traditionsgemäß auf einer einzigen Kugel, die ihrerseits auf einer flachen Metallplatte rotierte. Wegen dieser „Punktauflage“ konnte die sogenannte Hertz'sche Pressung – besonders bei Stoßbelastung, aber auch bei Dauerlast – zu Beschädigungen an Kugel und Auflager führen. Deshalb wurde die Punktbelastung abgemildert, indem anstelle der Metallplatte ein Plättchen aus „Sustamid“, einem Graphit-Kunststoff-Gemisch, verwendet wurde.

Die Stroboskopscheibe auf der Antriebswelle hatte keine eigene Beleuchtung. Sie wurde nur bei Inbetriebnahme und Service mit einer externen Lampe zur Kontrolle genutzt; durch den Einsatz eines Synchronmotors mit definierter Untersetzung war sie sonst überflüssig.

Beim Umspulen waren die Andruckrollen so weit vom Band entfernt, dass es ohne Berührung der Köpfe am Kopfträger vorbeilief. Wurde dies aber beim Cutten gewünscht, wurde der Umschalter vor den Köpfen von „Betrieb“ auf „Schnitt“ umgelegt.

Eine „Brummklappe“ findet man bei den M 10 für 6,3 mm breites Band nicht mehr; es reichte aus, die Abschirmung des Wiedergabekopfes weit nach vorne zu ziehen (Abbildung 493). Die Bandführung – auch in den Führungsrollen – wurde mit Hartmetall realisiert. In geringem Abstand von der Tonwelle ebenso wie der dazugehörigen Andruckrolle waren „Abweiser“ montiert, um zu verhindern, dass sich das Band, etwa nach einem Bandriss, hier aufwickelte (in Abbildung 484 zu sehen).

Der eigentliche Kopfträger war im Austauschbau gefertigt, so dass er nach Lösen zweier Schrauben gegen einen anderen ausgetauscht werden konnte, ohne dass weitere Justagen erforderlich wurden (Abbildung 493). Viele Anwender (so sie denn ein Bezugsband hatten) ließen es sich nicht nehmen, zumindest den Wiedergabekopf in regelmäßigen Abständen „einzuwippen“, um die optimale Höhenwiedergabe sicherzustellen. Die exakte Positionierung des Kopfträgers gewährleisteten drei mechanische Anschläge (in Abbildung 496 zu sehen), gegen die er mit zwei Schrauben gezogen wurde. Dabei erfolgte automatisch auch die elektrische Verbindung über einen schwimmend gelagerten, 16-poligen Tuchelfachstecker. Mit zwei Schrauben konnte eine Abdeckhaube über dem Kopfträger verschraubt werden (Abbildung 484).

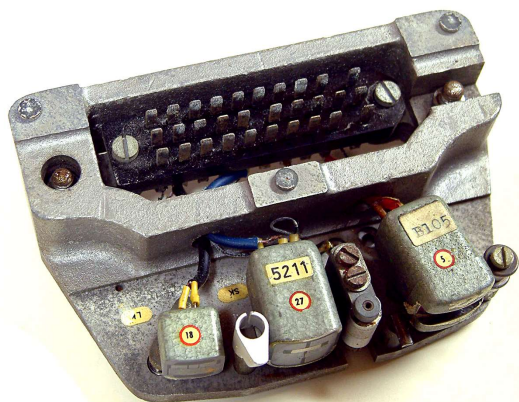


Abbildung 496: M 10, Kopfträger mit anderen Köpfen, die auch in den Semiprofigeräten M 23 /M 24 eingesetzt wurden. Um den Stecker sind die drei definierten Auflagepunkte zu sehen, gegen welche der Träger von den beiden Schrauben seitlich des Steckers gezogen wurde.

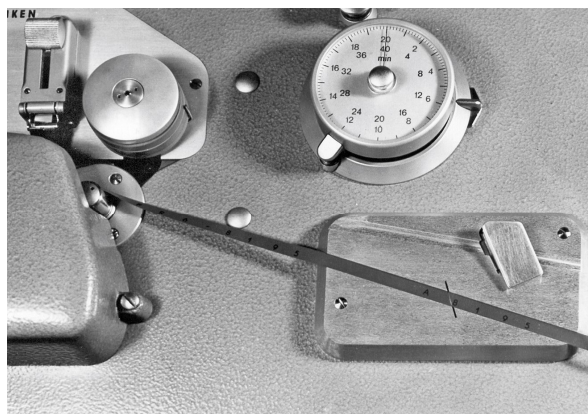


Abbildung 497: Markiervorrichtung (links oben), Bandschere auf der Klebelehre und Bandlängen-Messgerät („Banduhr“) am Magnetophon M 10.

Der Grundkörper war ein Aluminium-Hartguss, der spanend bearbeitet wurde. Anschließend wurden in der Fertigung beziehungsweise in den Service-Werkstätten die vom Anwender geforderten Komponenten mit Hilfe von Vorrichtungen montiert und justiert; so wurde der Kopfträger in Abbildung 493 mit einer Standard-Stereo-Ausrüstung bestückt. Auch die Kopftypen änderten sich im Laufe der M 10-Periode (Beispiel: Abbildung 496). Eine Neuheit waren bei dem M 10 auch die zur Kopfjustage verwendeten Bauelemente (Abbildung 493 und Abbildung 494), grundsätzlich beschrieben in Abbildung 265 und Abbildung 266, Seite 266). Der jeweilige Kopf wurde über eine zentrale Schraube (im Bild zu sehen zwischen Justage-Plättchen und Kopfträger) an das Justage-Plättchen geschraubt, so konnte er auch nach der Justage durch die dazugehörige Bohrung im Kopfträger noch gedreht werden, um die Bandumschlingung zu optimieren. Zur anderen Seite – also nach „oben“ – war je eine kurze Gewindestange rechts und links des Kopfes in dem Plättchen verschraubt. Von vorn bis zur Mitte verlief eine V-förmige Nut auf der Oberseite des Plättchens, die zur Rückseite durch eine Sackbohrung ergänzt wurde. Die kurzen Gewindestangen wurden in die entsprechenden Bohrungen des Trägers gesteckt und konnten von dessen Oberseite mit Muttern verschraubt werden. Vorher wurden in Gewindelöchern über der Nut Stellschrauben (deren Spitzen sind in Abbildung 494 zu sehen) so gegen das Plättchen geschraubt, dass ihre Länge die geforderte vertikale Position des Kopfes festlegte und die Neigung gegen die Senkrechte korrigieren konnte. Der „Abstand“ zum Band war durch die Sackbohrung hinter dem Kopf sowie durch die ganze Trägergeometrie unzweideutig festgelegt. Dann wurden die Muttern auf den Gewindestangen angezogen und gleichzeitig die heikelste Einstellung durchgeführt, nämlich die Ausrichtung des Kopfspaltes auf die Aufzeichnungs-Richtung auf dem Magnetband: Die eine Mutter, die sich auf zwei Stahlfedern abstützte, wurde so weit angezogen, bis die Federn deutlich vorgespannt waren, aber noch Spiel bis zum Anschlag hatten. Die Feineinstellung geschah dann mit der zweiten Mutter (meist mit roter oder kupferner Unterlegscheibe), die gegen die federnde Unterlage der ersten Mutter gespannt wurde. Die Spaltstellungs-Kontrolle gehörte bei qualifizierten Anwendern zur Service-Routine (siehe oben). Das Einstellen des Löschkopfes (links in Abbildung 494) war wesentlich einfacher: Seine horizontale Position im Kopfträger war durch drei Gewindestangen und die Fertigungstoleranzen festgelegt. Allerdings ließ sich auch dieser Kopf noch nach der Montage drehen. Die vertikale Position wurde durch gleichsinniges Verschrauben der drei Gewindestangen gegen die Druckfedern bewirkt. Über ein ungleichsinniges Verdrehen wurden die beiden möglichen Winkel eingestellt. Trotz aller Freiheitsgrade der Magnetköpfe war die Einstellung insgesamt so robust, dass anschließend keine ungewollten Änderungen auftraten.

Die Weiterentwicklung des Magnetophon M10 zum Typ M 10A im Werk Konstanz ist im Kapitel „Studio-Tonbandgeräte M 10A, M 15 und M 15A“ (Seite 442 ff.) beschrieben.

Magnetophon M 10, Kenndaten (ohne Angabe von Toleranzen):²⁹¹⁷

Bandgeschwindigkeit umschaltbar (in Klammern Tonhöhenchwankungen): 76,2 cm/s (<0,1 %); 38,1 cm/s (<0,08 %, nach anderen Unterlagen <0,1 %); 19,05 cm/s (<0,15%, nach anderen Unterlagen <0,2 %); Auslegung bis zu Bandbreiten von 1 Zoll. - Netz 220 V, 50 Hz, einphasig, maximal 250 VA
Abmessungen: 64,5 x 52,5 x 30,9 cm; Gewicht: 65 kg

„Kleinstudiogeräte“ M 23 und M 24

Die „Kleinstudiogeräte“ bezeichnete Telefunken auch als Profigeräte, Semiprofigeräte und sogar Studiogeräte. Vertriebs- und Vorstandsexperten im Hause AEG und Telefunken hatten, wie schon erwähnt, auf einem Treffen am 31. Januar 1955 unter anderem fixiert,²⁹¹⁸ dass man für Geräte dieser Klasse keinen Bedarf sehe: *„Die überwiegende Mehrheit der anwesenden Herren hielt ein solches Gerät nicht für erforderlich und besonders in den zu erwartenden Verkaufsstückzahlen nicht als vertretbar: Ein großer Teil des für ein solches Gerät zu erwartenden Interesses dürfte mit dem großen Konsummodell [Magnetophon 85] befriedigt werden können“*. Dennoch entschied sich Telefunken, das M 23 zu bauen und auf den Markt zu bringen. Woher nahm man diesen Mut? War es der Erfolg des T 9 trotz einer entgegenstehenden Vorstandsmeinung? Schob man den absehbaren Misserfolg des KL 35 auf dessen überholte Technik von 1950? Gab es andere Hinweise oder Argumente? Diese Fragen waren nicht mehr zu klären.

Telefunken startete die Entwicklung des M 23 am 1. Juli 1957 und brachte das Gerät im Februar 1958 auf den Markt. Es wurde in Broschüren und Veröffentlichungen mit folgenden, an die Studiotechnik angelehnten Leistungen beworben (vollständige Daten auf Seite 421):²⁹¹⁹ Drei-Motoren-Antrieb, 9,5 und 19 cm/s umschaltbar, wartungsfreie Sinterlager; Mono-Gerät – Stereo vorerst mit Zusatzverstärker, Vollstereogerät in Entwicklung; Doppelflanschspulen 15, 18 oder 22 cm Durchmesser, mit der größten Spule, die 1.000 m Doppelspielband fasste, ergaben sich bis zu sechs Stunden Aufnahmezeit pro Band; Ziffernzählwerk; Kopfträger für internationale Schichtlage, auswechselbar – Normalausführung Halbspur mit internationaler Spurlage, Telechron-Kopf nachrüstbar für Steuervorgänge (automatisierte Dia- oder Filmvorführung), Playback-Kopfträger (Anordnung Wiedergabekopf, Löschkopf, Aufnahmekopf) auf Anfrage, Beruhigungsrolle, Bandabhebung beim Öffnen der Kopfträger-Klappe – dies ermöglichte Einblendungen durch „fliegenden Start“. Frequenzgang 20 – 15.000 Hz bei 9,5 cm/s, 20 – 20.000 Hz bei 19 cm/s, Verlauf innerhalb der für Studiomagnetophone vorgeschriebenen Toleranzgrenzen. Tonhöhenschwankungen bei 19 cm/s: <0,15 %, Störspannungsabstand >50 dB. Hinter- beziehungsweise „Über“-Bandkontrolle und Vorbandkontrolle (umschaltbar) per Kopfhörer ebenso wie mit Messinstrument, letzteres in dB kalibriert, Schnellstopp mit Anzeigelampe, fernsteuerbar. Bandendabschalter, der auch bei Bandriss schnell stoppt. Eingebautes, rückwirkungsfreies Vierkanal-Mischpult, 6 W-Gegentakt-Endstufe mit vier Lautsprechern in „Raumklang“-Anordnung; Netzspannung einstellbar von 110 bis 237 V, 50 Hz.

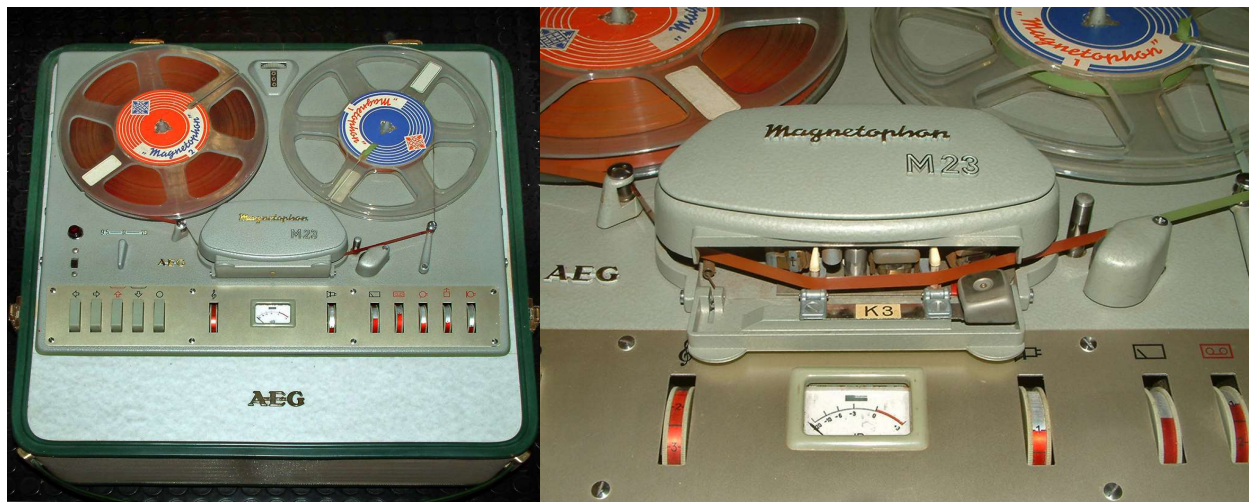


Abbildung 498 (LINKS): M 23, Koffergerät mit Endverstärker und Lautsprechern, links vorne die Taster für die Betriebsarten, darüber Drehschalter für Netz und Geschwindigkeit, links davon Schnellstopptaste. (Der Schiebeschalter ist eine private Ergänzung.) Zwischen linker Spule und Kopfträger nur der „Umlenknaegel“ (6 mm Durchmesser, nicht drehbar). Oben mittig das dreistellige Bandzählwerk. Rechts vorn das „Mischpult“ mit dem Aussteuerungs-Instrument in der Gerätemitte. Darüber Kopfträger, Tonwelle und Andruckrolle, rechts der Bandendschalter.

Abbildung 499 (RECHTS): M 23-Kopfträger, austauschbar über Index-Stifte, Anschläge und Leistenstecker. Beim Öffnen der Bandabdeckung zogen zwei Keramikstifte das Band von den Köpfen. Dabei wurde auch die „Brummkappe“ vom Wiedergabekopf abgehoben. Die Köpfe von links sind Lösch-, Aufnahme- und Wiedergabekopf. Auffällig die Beruhigungsrolle. Kopfjustage wie beim M 10 beschrieben; dazu musste die obere Abdeckung des Kopfträgers nach Lockern zweier Madenschrauben (Rückseite des Trägers) entfernt werden.

Als nach einem Jahr von nur 1.200 verkauften Geräten auch noch die Hälfte wieder als Reklamationsfälle ins Werk zurückgekommen war, wurde der Verkauf gestoppt. Die Retouren waren im Treppenhaus des roten Gebäudes gestapelt – bedrückend für die Mitarbeiter. Was hatte das Desaster verursacht? Als beobachtete Mängel wurden auf einer Krisensitzung in Schlagworten festgehalten: Stottereffekt, instabiler Frequenzgang, Tonhöhenschwankungen, Bremslüften, Bandabrieb.²⁹²⁰ Was waren die technischen Ursachen dieser Mängel?

Die Entwickler hatten noch stärker als bei vorhergehenden Magnetophonen auf die im Hause vorhandenen Erfahrungen zurückgegriffen, dabei aber nicht immer eine glückliche Hand gehabt. Bilder des M 23 zeigen viele bereits vertraute Teile (Abbildung 498 und Abbildung 501): Der Tonmotor ist derjenige, der auch für die Berliner Kleinmagnetophone ab 1957 verwendet wurde (Abbildung 358). Die Bremsen der Wickelmotoren sind denen

des M 10 nachempfunden (Abbildung 492), die Wickelmotoren selber (Abbildung 500) sind auch hier Asynchronmotore, deren Läufer vom Oldenburger AEG-Motorenwerk mit nutenlosem Eisenrohr als Sonderentwicklung hergestellt wurden – wie beim M 10. Einen Fühlhebel zur Bremsenregelung hat das M 23 genau so wenig wie das M 10, dafür einen Bandendabschalter zur Schnellabschaltung bei Bandende und Bandriss – wie das M 10. Auch der Kopfträger (Abbildung 499) hat sehr viel vom M 10 geerbt: Bandberuhigungsrolle, gleiche Justage der Köpfe, zeitweise wurden sogar die gleichen Magnetköpfe verwendet. Und nicht so auffällig, aber dennoch wichtig: Der Tastensatz ist in jener Technik realisiert worden, die schon vom K 4 bis zum M 5 bei allen nicht-fernsteuerbaren Magnetophonen üblich war: Ein für das Gerät entwickelter Tastensatz steuerte die Funktionen, beim M 23 sogar rein elektrisch: Kontaktsätze, wie sie sonst in Relais üblich waren, wurden von Tasten betätigt (Abbildung 502). Eine Schwachstelle des M 23 war, dass diese Tastenfunktionen gespeichert blieben, wenn der Band-Endschalter ausgelöst hatte. Achtete man beispielsweise nach dem Umspulen darauf nicht und legte das Band wieder ein, ging die Maschine unversehens wieder auf volle Geschwindigkeit. Rein mechanisch gesteuert wurden nur der Netzschalter und die Bandgeschwindigkeit – mit einem länglichen Schaltknebel.

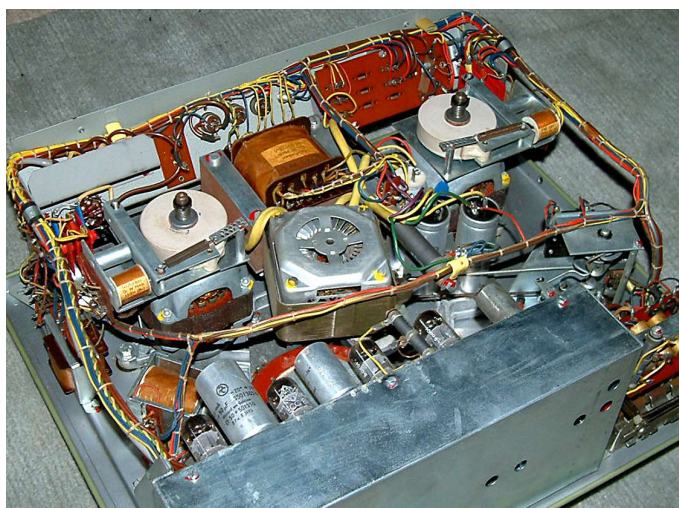
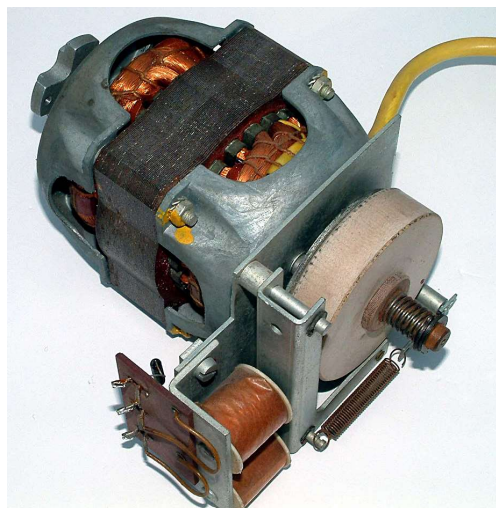


Abbildung 500 (LINKS): M 23, Wickelmotor mit angeflanschter Bremse. Links der Flansch für den Bandteller, rechts die Bremse. Auf der Zylinderfläche der Keramik-Scheibe arbeitete eine Kork-Bremse, die (unter dem Zylinder) von einem Winkelhebel gehalten wurde. Andruckkraft einstellbar über Zugfeder und Lochplatte (unten). Korkplatte mittels Hubmagnet abhebbar. Kraft von Drehrichtung abhängig; wenn selbstverstärkend, blockierte die Kork-Bremse die Keramikscheibe, dann wirkte diese Scheibe zusammen mit einem graphitierten Filzring auf der Metallscheibe (Rückseite der Keramikscheibe) als Scheibenbremse, die über die vorne sichtbare Feder getrennt eingestellt werden konnte.

Abbildung 501 (RECHTS): M 23, Laufwerksunterseite. Etwa mittig Tonmotor in Abschirmtopf. Dahinter Netztransformator, abschließend das (rückseitige) „Schaltfeld“ mit Steckern, Netzanschluss usw. Davor links und rechts die Wickelmotoren mit den angeflanschten Keramik-Bremsen. Vorn die Verstärker im Abschirmgehäuse, darunter links der Zugmagnet für die Andruckrolle und die Schwungscheibe der Tonwelle. Rechts vorn der Tastensatz, darüber der Drehschalter für Netz und Geschwindigkeitswahl. Zwischen letzterem und dem Wickelmotor ist der Leerraum zu sehen, in dem ggf. der Endverstärker integriert wurde.

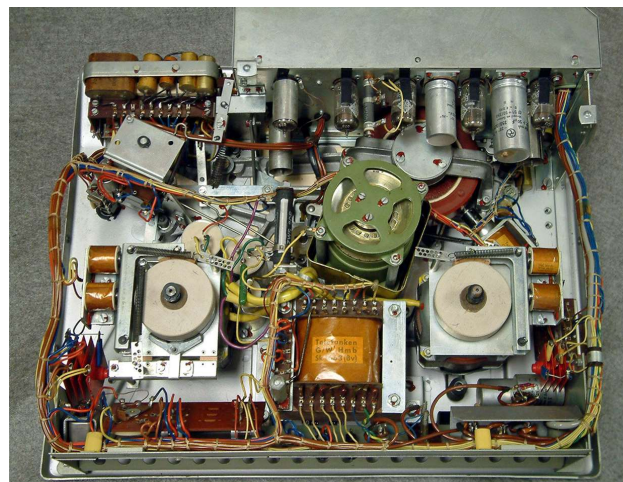
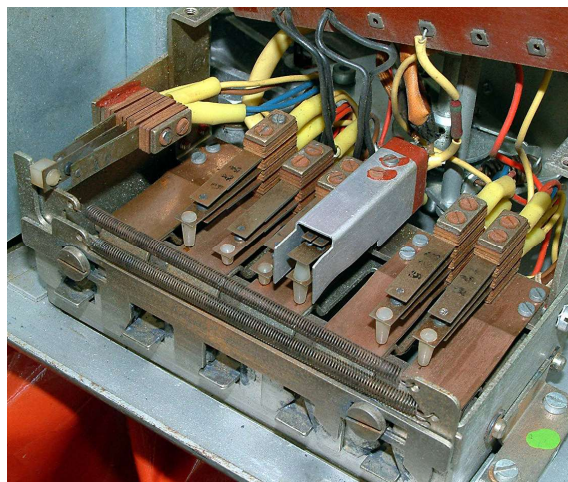


Abbildung 502 (LINKS): M 23, Kontaktsätze unter den Tastern, Pertinax-Platte mit den Entstörmitteln abgehoben. Federkraft für die Tasten: breite Bronzefedern. Auf deren Rückseite die eigentlichen Schaltsätze. Gegenseitige Verriegelung mechanisch durch zwei kodierte Schieber mit Federn an der Vorderseite des Schaltersatzes. Auch diese Riegel schalteten Kontakte. Die Einstellung jedes Kontakts nach Kraft und Weg war frustrierend.

Abbildung 503 (RECHTS): M 24, ähnlich Abbildung 501. Sichtbarer Unterschied ist besonders der Synchronmotor in der Mitte sowie die kompliziertere Bremse links vorn. Besser zu sehen ist auch das Schwungscheibenlager unter dem Verstärker oben rechts.

Nun zeigte es sich, dass gerade eine Reihe dieser erprobten Komponenten ursächlich für die Reklamationen waren: Der (Asynchron-)Tonmotor lieferte nur 17 Watt Leistung. Es ist ohnehin erstaunlich, dass dieser Motor für alle Berliner Kleinmagnetophone ausreichte – sowohl als Ton- wie auch als Wickelmotor, wenn er auch immer nur eine Funktion zur Zeit übernahm. Für das M 23 war er zu schwach und damit eine Ursache der Tonhöhenschwankungen. Offensichtlich waren kurzzeitige Gleichlaufabweichungen von 1,5 bis 2 % aufgetreten,²⁹²¹ und auch von Gerät zu Gerät waren die Abweichungen nicht akzeptabel.

Eine andere Ursache war in den Wickelbremsen zu sehen. Die Technik war ja vom M 10 abgeleitet und noch vereinfacht worden. Die Backenbremsen wurden allerdings nur bei Schnellbremsungen aktiviert, um Überdehnungen des Tonbandes sicher zu vermeiden. Bei Aufnahme und Wiedergabe arbeitete als Bremse ausschließlich der linke Wickelmotor über sein Gegenmoment. Aber während das M 10 bei ähnlicher Bremsentechnik mit der großen Beruhigungsrolle ein sehr wirksames Mittel gegen Tonhöhenschwankungen hatte, stand bei dem M 23 keine feinfühlige Beruhigung des Bandlaufes zur Verfügung.

Für die Mitarbeiter am unangenehmsten waren die Kontakte an den Tastern: sie mussten mit Federwaagen, Schublehren und Spezialwerkzeugen sehr genau eingestellt werden, was erheblich Zeit kostete – und auch Nerven, weil die Einstellungen „nicht stehenblieben“.²⁹²²

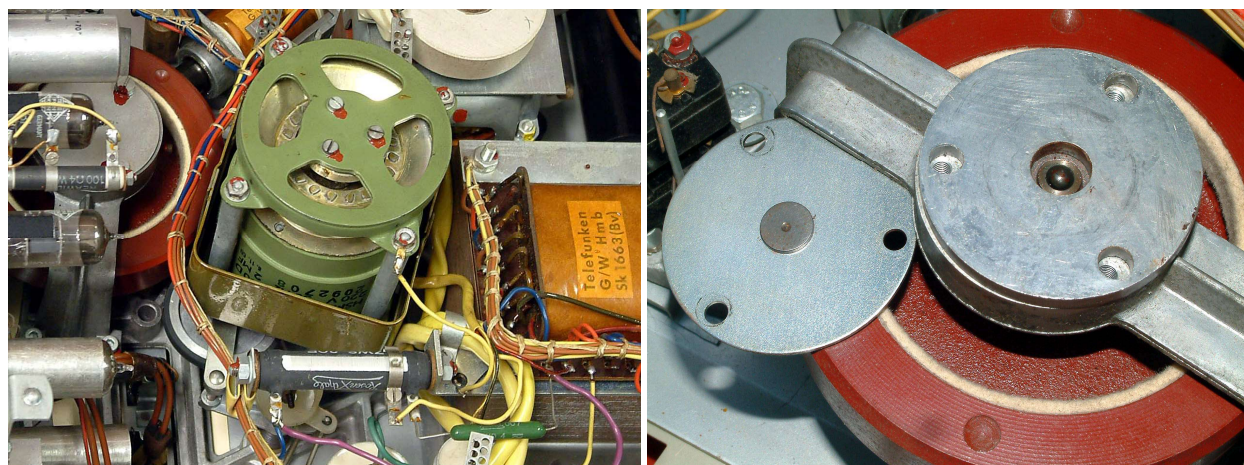


Abbildung 504: M 24, Details zu Abbildung 503: Höhe des Synchronmotors verglichen mit seinem Abschirmtopf, davor und darunter die Kinematik der Geschwindigkeitsumschaltung, links vorn die Kinematik der Filterumschaltung durch Steuerstangen im Verstärker.

Abbildung 505 (RECHTS): M 23 und M 24, Justage der senkrechten Stellung der Tonwelle: Die in Abbildung 509 gezeigte Lagerung der Tonwelle hatte ihre Ergänzung im unteren Lager der Welle (hier teilweise demontiert). Das radiale Lager war, wie das obere Lager, als Pendellager ausgeführt und in der beweglichen Scheibe mit den übergroßen Löchern befestigt. Die Welle wurde durch Verschieben dieser Lagerscheibe senkrecht gestellt, bevor das untere Abdeckblech (im Bild links abgelegt) zusammen mit dem Trägerplättchen für die axiale Kugellagerung an den Zusammenbau geschraubt wurde. Der in der Schwungscheibe eingeklebte Filzring hatte – wie ein entsprechender Schaumstoffring beim M 5 – die Aufgabe, Eigenschwingungen der Schwungscheibe zu verhindern.

Das Krisenteam hat dann gleich die Vorgaben deutlich verschärft und die zu ihrem Erreichen notwendigen Maßnahmen festgelegt. Diese Vorgaben lauteten:²⁹²³ Die Bandgeschwindigkeit war bis auf 0,8 % konstant zu halten, auch von Magnetophon zu Magnetophon, auch bei +10 % der Nennspannung und auch beim Einsatz aller Spulengrößen bis herunter zu 130/45 mm (Außendurchmesser zu Innendurchmesser, Standard für das M 23 war bis dato 220/100 mm). Die umzusetzenden Maßnahmen waren: Der Tonmotor wird durch einen Synchronaußenläufer der Firma Papst ersetzt. Eine mechanische Fühlhebelsteuerung wird am linken Teller eingebaut – eine größere Maßnahme. Mehrere kleinere Punkte wie Politur von Bandumlenkstellen (um Bandabrieb zu vermeiden), Änderungen im Verstärker und so weiter wurden fixiert und anschließend realisiert. Werner Nestel verlangte, dass die Marktreife des neuen M 24 bis zum Weihnachtsgeschäft erreicht sein müsse – also im Oktober 1959. Zu diesem Zeitpunkt sprach man allerdings noch nicht von einem M 24, man ging noch von einer Verbesserung des M 23 aus. Aber nach dem M 23-Desaster war auch ein überarbeitetes Gerät unter diesem Namen unverkäuflich. Der Vertrieb reduzierte seine Absatzprognosen auf 2.500 bis 3.000 Geräte pro Jahr. Dies galt alles für Mono-Geräte; eine echte Stereo-Variante war erst in der Entwicklung, erschien aber nie auf dem Markt.

Die Problematik der Taster und ihrer Kontakte tauchte im Bericht der Krisensitzung nicht auf, der Tastensatz des M 24 ist gegenüber dem des M 23 nicht entscheidend verändert worden. Aber die Tasten-Einstellung dürfte beim M 24 weniger kritisch geworden sein, weil Bandlaufprobleme nicht mehr mit der exakten Reihenfolge der Schaltvorgänge, sondern mit dem mechanischen Bandzug-Regelkreis behoben wurden. Um ungewolltes Anlaufen des Gerätes nach Bandriss o. ä. zu verhindern, wurde noch während der laufenden Produktion ein Tastenauslösemagnet integriert, der alle Tasten freigab, sobald der Bandendabschalter angesprochen hatte.

Der Synchronmotor hatte denselben Querschnitt wie der Asynchronmotor. Da die zusätzliche Länge in der vorhandenen Bautiefe zur Verfügung stand (Abbildung 503), war der Austausch einfach; die Abschirmung wurde nicht einmal der Motorlänge angepasst. Die Geschwindigkeitsumschaltung erfolgte weiterhin über ein Reibradgetriebe (Abbildung 504), auch der Tonwellendurchmesser blieb mit 7,5 mm unverändert. Zusätzlich zu den

ungeregelten Bremsen des M 23 erhielt das M 24 an der linken, abwickelnden Spulenwelle die genannte, mechanisch geregelte Bremse. Die elektrische Motorbremse arbeitete zwar beim M 23 mit konstantem Drehmoment, und der Zug des ablaufenden Tonbandes war ebenfalls konstant, aber bei voller Spule griff der Zug an einem langen Hebelarm, bei leerer – eventuell sogar kleiner – Spule an einem kurzem Hebelarm an. Einige Studiomaschinen konnten das Rückhaltemoment des linken Motors elektrisch an die Wickelgröße anpassen, beim M 24 wurde eine eher klassische Methode eingesetzt: Das elektrische Rückhaltemoment wurde stark reduziert und die Bremsung weitgehend mechanisch so geregelt, dass der Bandzug an einem vor dem Teller eingefügten Fühlhebel konstant blieb (Abbildung 506). Damit ließen sich nicht nur Langzeit-, sondern auch kurzzeitige Schwankungen ausregeln. Dieser Fühlhebel wurde bei Aufnahme oder Wiedergabe automatisch in Arbeitsstellung gelegt. In dieser Stellung steuerte er über lange Hebel eine eng tolerierte Backenbremse auf einer neuen, metallischen Trommelbremse des Wickelmotors (Abbildung 508). Diese Backenbremse wurde ungewöhnlich gesteuert: Sie war an zwei Federlagern (reibungsfrei) so aufgehängt, dass sie seitlich an ihre Bremsfläche gekippt wurde. Derart ließen sich die Gleichlaufforderungen bei kleinsten Verstellwegen tatsächlich erfüllen.

Da man die Erfahrung gemacht hatte, dass Klebestellen beim Durchlauf zwischen Ton- und Andruckrolle kurzzeitige Störungen anregen konnten, wurde das Lager der Gummiandruckrolle beim M 24 als Nadellager ausgeführt, das auf solche Störungen toleranter reagierte als das bisherige Gleitlager.



Abbildung 506 (LINKS): M 24, Änderungen auf der Frontplatte (gegenüber Abbildung 498): Entscheidend der Fühlhebel für die Bandzugregelung im Bandzulauf. Der „Umlenkknagel“ entfiel. Weniger wichtig: Der Umschalter für die Aussteuerungsanzeige (vor/hinter Band) wurde links vom Aussteuerungs-Instrument platziert.

Abbildung 507 (RECHTS): Ein seltenes Exemplar: Magnetophon M 26, eine Variante des (nahezu gleich aussehenden) Magnetophons M 24, jedoch mit den Bandgeschwindigkeiten 19 und 38 cm/s (siehe Netz- und Bandgeschwindigkeits-Schalter unten links).

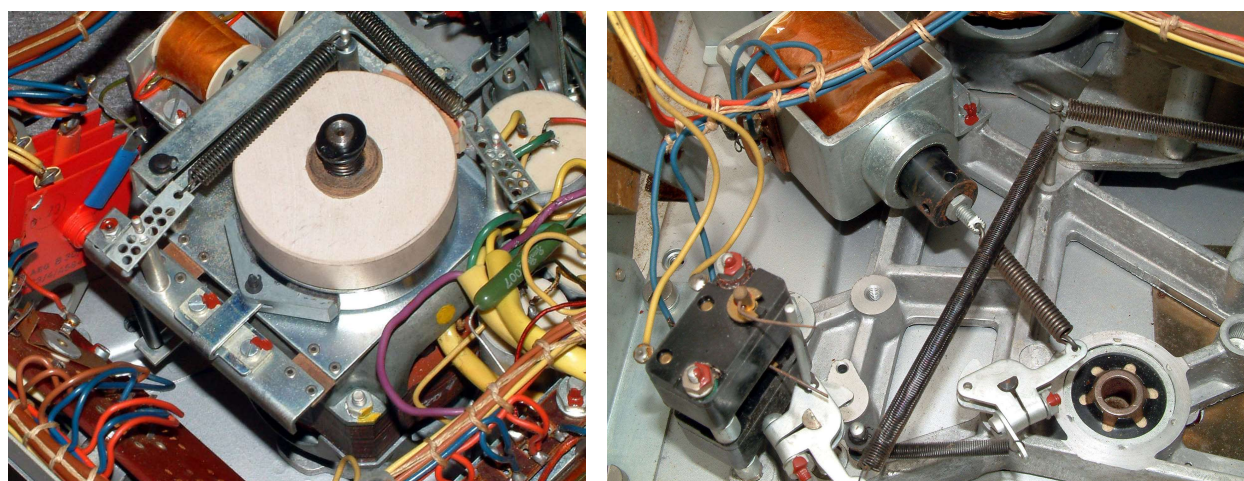


Abbildung 508 (LINKS): M 24, Verbesserung gegen Abbildung 500. Hinter der unveränderten Keramikbremse wurde eine weitere Trommelbremse mit Metallzylinder eingebaut. Der Fühlhebel aus Abbildung 506 arbeitete auf einem senkrechten Stab, der von unten auf ein mit Blattfedern gelagertes Blech zugriff. Von oben griff eine Zugfeder auf das gleiche Blech. Die Zugfeder zog eine filzbelegte Backenbremse an den Bremszylinder und bremste so den Bandablauf vom linken Bandwickel. Dadurch wurde der Fühlhebel verstellt und zog über den senkrechten Stab und gegen die Federkraft die Bremse vom Bremszylinder ab.

Abbildung 509 (RECHTS): M 23 und M 24, Details der Laufwerksrückseite. Die Schwungmasse mit ihrem Zusammenbau wurde entfernt, daher ist der Zugmagnet zu sehen, der über eine Feder die Andruckrolle gegen die Tonrolle zog. Links zwei Mikroschalter, die vom Band-Endschalter betätigt wurden: Wenn der Bandzug ausfiel, zog die Feder den Hebel so, dass die Wickelmotoren und Magnete ausgeschaltet wurden. Damit wurde der Bandtransport sofort abgebremst. In der Abbildung auch zu sehen: Das Lager der Tonwelle war als Gleit-Pendel-Lager ausgeführt, damit war eine gewisse Schrägstellung der Welle zulässig.

Eine ganze Reihe weiterer Merkmale des M 23 konnten für das M 24 ohne Änderungen übernommen werden, so etwa das mechanische Reibradgetriebe. Die Frequenzgangkorrektur-Glieder in den Verstärkern wurden über eine Steuerstange synchron bei einem Wechsel der Bandgeschwindigkeit verstellt. Für 60-Hz-Netze gab es eine Sonderausführung, die mit einer anderen Untersetzung arbeitete. Beide radialen Wellenlager der Tonwelle, die ja auch die Schwungscheibe trug, waren Pendel-Gleitlager (Abbildung 509). Daraus ergab sich die Möglichkeit, die senkrechte Stellung der Tonwelle zu korrigieren, indem deren untere Lagerplatte geringfügig seitlich verschoben wurde (Abbildung 505). Das axiale Lager der Tonwelle blieb traditionsgemäß eine einzige Kugel. Die Tonköpfe wurden in ihrem Träger so justiert wie beim M 10 (Seite 414). Unterhalb des Kopfträgers war eine Mu-Metall-Platte eingebaut, um den Wiedergabekopf gegen die Störfelder von Motoren und Netztransformator abzuschirmen. Der „Elektronik“-Teil, vollständig in einem Blechgehäuse abgeschirmt, war ausschließlich mit Doppeltrioden des Typs ECC 81 bestückt. Der Ausgang des Wiedergabeverstärkers arbeitete – in Anlehnung an die Studiotechnik – auf einen niederohmigen Ausgang (1 V an 600 Ohm). Auch für den in dB kalibrierten Spitzenwertmesser fand eine ECC 81 Verwendung. Der genannte 5 W-Endverstärker arbeitete – als optionaler Bausatz – mit anderen Röhren (EC 92 und EL 95) und konnte, gegebenenfalls mit vier Lautsprechern, in die entsprechende Koffervariante eingebaut werden. Der HF-Generator für Löschung und Vormagnetisierung arbeitete mit 63 kHz. Die Eingangsröhren wurden mit Gleichstrom geheizt, um Brummstörungen zu minimieren.

Obwohl nun ein hochwertiges Magnetophon zu einem akzeptablen Preis (ein echtes Studio-Magnetophon wie das M 5 kostete ab DM 5.000, ein M 24 ab DM 1.600) zur Verfügung stand, das sogar in Rundfunkstudios zu finden war, erreichte Telefunken den erhofften Umsatz nicht. So fiel auch für dieses Gerät die Entscheidung, die Fertigung mit dem Ende der Wedeler Telefunken-Ära im Herbst 1962 auslaufen zu lassen.

Kaum bekannt ist, dass es auch eine „schnelle“ Version des M 24 gab. Dieses „M 26“ taucht zunächst in einem Handbuch für das Jahr 1962 auf (der Redaktionsschluss ist für Ende 1961 anzunehmen ²⁹²⁴), dann in einem Prospekt von 1962/1963, zunächst „M 24 Studio 38+19“ genannt, in der Tabelle dagegen M 26 (Abbildung 507), und zwar mit der Geschwindigkeitspaarung 38 und 19 cm/s. Ansonsten stimmen alle Daten mit denen des M 24 überein, bis hin zu den Abmessungen und Gewichten. Es war auch immer noch ein reines Röhrengerät, sogar der Röhrensatz war identisch. Wie angemessen, erreichte M 26 bei den beiden Bandgeschwindigkeiten geradlinige Frequenzgänge zwischen 30 – 18.000 Hz, die Tonhöhenschwankungen waren auf <0,1% verbessert worden. Der Bandendschalter des M 26 wurde geändert: Er schaltete bei Bandriss oder -durchlauf zwar ab; in seiner Ruhestellung war Papierkorb-Betrieb möglich, dabei lief aber der rechte Wickelmotor, obwohl nicht benötigt.

Das Magnetophon 26 gehört heute zu den seltensten AEG- beziehungsweise Telefunken-Geräten. – Es spricht vieles dafür, dass es in Konstanz gebaut wurde, da mit dem Umzug durchaus noch zahlreiche M 24-Komponenten nach Konstanz gegangen sein können. Das Gleiche gilt für die Herkunft einiger Sonderausführungen des M 24 (etwa der „Magnetband-Analogspeicher MAS 24“ für Messwertaufzeichnungen). ²⁹²⁵

Magnetophon M 23, Kenndaten (ohne Angabe von Toleranzen): ²⁹²⁶

vier unabhängig mischbare Eingänge
Ausgangspegel: 0 bis 1 V bei $R_i = 600 \text{ Ohm}$, mit Endverstärker 5 W an vier Lautsprechern
Vor- und Hinterbandkontrolle mit Kopfhörer und Instrument
Frequenzgänge innerhalb der für Studios gültigen Toleranzen:
bei 19 cm/s: 20 bis 20.000 Hz, Tonhöhenschwankungen <0,15 %
bei 9,5 cm/s: 20 bis 15.000 Hz, Tonhöhenschwankungen <0,3 %
Störspannungsabstand, bezogen auf Vollaussteuerung, >50 dB
Doppelflansch-Spulen 18 oder 22 cm Außendurchmesser, 10 cm Innendurchmesser
Automatischer Band-Endschalter
Schnellstopptaste, fernsteuerbar
Netz 110/127/150/220/237 V, 50 Hz, einphasig, maximal 150 W
Schatulle (M 23/E 63): 50,0 x 41,0 x 27,0 cm, Gewicht etwa 26 kg, DM 1.475
Chassis (M 23/E13): 47,0 x 37,0 x 23,0 cm, Gewicht etwa 20 kg, Preis DM 1.390 (Preise von 1958)
Koffer: 53 x 53 x 27 cm, Gewicht etwa 30 kg
vorgestellt auf der photokina 1958 ²⁹²⁷

Magnetophon M 24, Kenndaten (ohne Angabe von Toleranzen): ²⁹²⁸

vier unabhängig mischbare Eingänge
Ausgangspegel: 0 bis 1,2 V bei $R_i = 600 \text{ Ohm}$, mit Endverstärker 5 W an vier Lautsprechern
Vor- und Hinterbandkontrolle mit Kopfhörer und Instrument
Frequenzgänge innerhalb der für Studios gültigen Toleranzen:
Bei 19 cm/s: 30 bis 18.000 Hz, Tonhöhenschwankungen <0,15 %
Bei 9,5 cm/s: 40 bis 15.000 Hz, Tonhöhenschwankungen <0,25 %
Doppelflansch-Spulen 13, 15 oder 18 oder 22 cm Außendurchmesser, 4,5 und 10 cm Innendurchmesser
Störspannungsabstand bezogen auf Vollaussteuerung >50 dB
Automatischer Band-Endschalter
Schnellstopptaste, fernsteuerbar
Netz 110/127/150/220/237 V, 50 Hz, einphasig, maximal 130 W, ohne Endverstärker maximal 100 W
Schatulle und Kleinkoffer mit Gegentaktendstufe: 50 x 41 x 27 cm, Gewicht etwa 26 kg, Preise DM 1.790 beziehungsweise DM 1.930
Koffer mit Endstufe und 4 Lautsprechern: 53 x 53 x 27 cm, Gewicht etwa 30 kg, DM 1.995
Chassis: 47 x 37 x 23 cm, Gewicht etwa 20 kg, Preis DM 1.650
Zusätzliche Kopfträger: Halbspur DM 228; Vollspur DM 392; Playback Halbspur DM 256, Playback Vollspur DM 426

Zu den Namen der AEG- und Telefunken-Tonbandgeräte

Die Firmen AEG und später Telefunken nannten ihre Magnetbandgeräte seit 1934 konsequent „Magnetophon“, Ausnahmen sind die Militär-„Tonschreiber“ b, c und d, oder im Jargon des Buchstabieralphabets Tonschreiber Bertha, Cäsar und Dora. Dagegen lassen die Kennzeichnungen der „zivilen“ Geräte keine durchgängige Systematik erkennen, die ohne weiteres eine zeitliche oder klassenmäßige Zuordnung der Typen erlauben würde. So kam es immer wieder zu Inkonsistenzen, die sich bis zum letzten Magnetophon, dem M 21, hinzogen.

Wie schon auf Seite 97 berichtet, hießen sowohl das Premieren-Modell von 1935 wie die in großen Teilen neukonstruierte Version von 1936 schlicht „Magnetophon“ und wurden erst mit dem Erscheinen des „Magnetophon K 3“ gewissermaßen rückwirkend Magnetophon K 1 beziehungsweise K 2 genannt, die fahrbaren Truhengeräte „fürs Direktionszimmer“ T 1 und T 2, fernsteuerbare Truhengeräte hießen FT 3 bis FT 6. Die „K“-Bezeichnung wurde bis zum Gerät Magnetophon K 8 beibehalten. Allerdings konnte das Magnetophon K 6, bekannt als Reportagegerät R 23, nur bedingt als „Koffergerät“ durchgehen. Als Zwischenspiel erscheinen die beiden Hamburger beziehungsweise Wedeler T-Magnetophone, nämlich T 8 und T 9, in der Tat zumeist in einer Truhe betrieben. Seither gibt es eine Vielfalt von Schreibweisen, wie sie – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – im Folgenden zeichengetreu wiedergegeben sind:

Das AEG-Magnetophon-Gerät Modell K 7	ca. 1945 / 1947
Magnetophon Type K 8	ca. 1947
AEG Magnetophon K 8	1950
AEG <i>Magnetophon</i> „T 9“	ca. 1953
AEG STUDIO „Magnetophon“ M 5	ca. 1955
STUDIOGERÄT <i>Magnetophon</i> M 5	ca. 1955
Studio-Tonbandgerät MAGNETOPHON M 10	ca. 1965
magnetophon 12 Studio-Tonbandgerät	ca. 1975
Das auto-mobile Studio-Magnetongerät magnetophon 12A	ca. 1970
magnetophon 15A	ca. 1976
magnetophon 21 (im Prospekttext: M21)	ca. 1982
magnetophon 20 (im Prospekttext: M20)	1985

Hinzu kommen die häufigen Wechsel des eigentlichen Firmennamens infolge von Um- und Neu-Organisationen oder geänderter Zuständigkeitsverteilung, deren Auflistung weitere firmenhistorische Recherchen voraussetzen würde. Im vorliegenden Text wurde daher eine vereinheitlichte Schreibweise benutzt, wie sie auch in nicht-firmengebundenen Publikationen zu finden ist, also beispielsweise M 10 oder M 21.

Auch die Ziffernfolgen wurden seit den 1950er Jahren nicht unbedingt konsequent vergeben: M 5, M 10, M 15, M 12, M 20 und M 21 für Studiogeräte sowie z. B. M 24, M 26 oder Magnetophon 85 für hochwertige Heimgeräte. Die einfacheren, für „Endverbraucher“ erschwinglichen Heimgeräte, die ja erst in den 1950er Jahren in Serie hergestellt wurden, erhielten anfangs Namen, die Bezug auf die Jahreszahl der Entwicklung nahmen, also z.B. KL 15 für das erste, 1951 entwickelte Gerät, KL 25 für das Folgegerät aus dem Jahr 1952, aber schon beim KL 35 wurde diese Reihe nicht mehr wirklich der Jahreszahl zugeordnet, während es für das KL 65 (letztes Gerät mit diesem Kürzeltyp) und Magnetophon 75, Magnetophon 85 wieder zutraf, aber nicht mehr für das Magnetophon 76 und Magnetophon 77. KL stand zunächst für Koffer, leicht; dagegen ist ein Magnetophon 85 KL ein gewichtiges Koffergerät mit Gegentaktendstufe und Lautsprecher.

Das folgende Kapitel beschreibt die Einführung der Magnettontechnik und die dabei aufgetretenen Probleme aus Sicht der Anwender. Dabei lassen sich im Vergleich mit den gerätespezifischen Kapiteln Wiederholungen nicht immer vermeiden.

Magnettontechnik im NWDR-Hörrundfunkbetrieb

„Unmittelbar nach dem Zusammenbruch wurde im Jahr 1945 das Hamburger Funkhaus mit spärlichen und völlig veralteten Studio-Einrichtungen wieder in Betrieb genommen. Dabei waren nur wenige Magnetofone mit noch weniger Bandmaterial vorhanden. Es mußte also zunächst ausgiebig improvisiert werden, um den Betrieb sicherzustellen“, schreibt Dipl.-Ing. Karl-Erik Gondesens, einer der führenden Techniker des NWDR und Leiter der Niederfrequenzabteilung der NWDR-Zentraltechnik, aus der 1957 (mit dem Rundfunktechnischen Institut, RTI) das IRT (Institut für Rundfunktechnik, später in München) hervorging.²⁹²⁹

Die vorhandenen Schallaufnahmen mussten nach ihrer Restaurierung mit dem Funkhaus Köln und später weiteren Funkhäusern geteilt werden. Das Beschaffen von Ersatzteilen aus Lagerbeständen und später durch AEG-Magnetophon, die zunächst in Kiel „unter primitivsten Verhältnissen“ wieder eröffnet hatte, erwies sich laut Gondesens als äußerst schwierig. *„Bänder wurden zunächst nicht hergestellt; es wurde also auf die Archivbänder verschiedensten Ursprungs zurückgegriffen – immerhin, der Betrieb lief, und ernsthafte Ausfälle sind im Sendeprogramm nicht aufgetreten“,* schreibt Gondesens.²⁹³⁰



Abbildung 510 (LINKS): Mehr Beweglichkeit bei der Aufnahme: Helga Diercks-Norden (Zweite von links) mit dem „Gondi“ (R 25) beim Interview im fahrenden Zug, 1949. Die Magnetbandspule stammt offensichtlich noch vom Kleinst-Übertragungsgerät R 26.

Abbildung 511 (RECHTS): Direkt ans Meer: Helga Diercks-Norden (wieder Zweite von links) lässt sich das „Gondi“ per Handkarre (sozusagen einem Watt-Ü-Wagen) an den Aufnahmeort transportieren (Büsum, ebenfalls 1949).

Genaue Angaben über den Bestand an Magnetophon-Laufwerken wie auch über andere historische Fakten sind beim heutigen NDR nicht zu bekommen: es gibt kein Unternehmensarchiv. Es ist aber davon auszugehen, dass AEG-K 4-Maschinen in Hochfrequenzausführung (R 22a ab 1942 gebaut, R 24 ab 1941 als transportable Einrichtung für Ü-Wagen) vorhanden waren, ebenso R 23a und R 26 (Seite 206), das tragbare „Kleinstübertragungsgerät“ der RRG (Reichs-Rundfunk-Gesellschaft) von 1944,²⁹³¹ beides Vorläufer der Reportage-Tonbandgeräte.

Nach 1945 ließ der AEG-Vorstandsvorsitzende Hermann Bücher in Hamburg die Magnetophon-Fertigung unter Leitung von Eduard Schüller beginnen.²⁹³² Dabei ging es auch um die Wartung bestehender Anlagen. Eine Reihe von K 4 rüstete die AEG um: neue Synchronmotoren für besseren Gleichlauf, teilweise Einbau der HF-Vormagnetisierung. In Winterhude begann die neue Magnetophon-Entwicklung: Als Studiomaschine brachte der AEG-Magnetophonbau Hamburg (Mgt H) 1947 das T 8 heraus, das auch als autonome Einheit mit Mikrofonvorverstärker, Aussteuerungsmesser und Endverstärker arbeiten konnte und wie das in Berlin entwickelte K 8 ebenfalls eine Rangiereinrichtung besaß.²⁹³³ Die war links unterhalb der Umspultaste angeordnet. Es folgte die Aufnahmetaste mit Sperre, die Wiedergabe- und die Halttaste. Die Anordnung U, A, W, H wurde Standard im deutschen Rundfunk. Im stressigen täglichen Betrieb mussten die Technikerinnen und Techniker in der Lage sein, die Tasten „im Schlaf“ bedienen zu können. Dem musste sich noch Jahrzehnte später Studer bei der Lieferung seiner A81R oder A816 an die Rundfunkanstalten anpassen.

Für das Funkhaus Köln nennt Betriebsingenieur Fritz Enkel Zahlen der Magnetbandlaufwerke: 1947 gab es sechs, 1948 zwölf, 1949 schließlich 37 und nach der Eröffnung des neuen Funkhauses 74 Maschinen (1953), inklusive Ü-Wagen und festen Außenstellen. 90 % des Tagesprogramms kamen damals vom Band. Für das Funkhaus Hamburg dürften ähnliche Zahlen gelten.²⁹³⁴ Der Preis pro Laufwerk lag damals bei 12.000 DM.

Eine Reporterin erinnert sich

„Wir hatten ja beim NWDR eine ehemalige Militärbaracke zum Mittelweg hin stehen, und da waren die begabtesten der Funkingenieure überhaupt versammelt: Professor Werner Nestel, der später UKW ‚erfand‘, Karl-Erik Gondesen, der das ‚Gondi‘ erfand.... Also das war eine Konzentration von ‚eggheads‘, sagt man heute, die unter bescheidensten Umständen dort arbeitete und mit der Technik immer innovativ dachte. Und es waren besonders angenehme Menschen.“ So erinnert sich die Journalistin und Rundfunkreporterin Helga Diercks-Norden an ihre Anfangszeit beim NWDR.²⁹³⁵

„Wir haben überwiegend Live-Reportagen gemacht. Ich habe angefangen mit der großen Neumann-Flasche, die war fünf Kilo schwer. Da war immer ein Übertragungswagen dabei, das waren umgebaute Lastwagen mit einer dreiköpfigen Besatzung: Fahrer, Toningenieur und Reporter“, berichtet Diercks-Norden. Die Reportagen konnten im Ü-Wagen aber auch auf Band aufgezeichnet und später gesendet werden. Dass die Anforderungen an Reporter und Redakteure durch die Einführung der Magnettontechnik nachgelassen hätten, weil ja jederzeit Schnitte möglich waren, kann Diercks-Norden nicht bestätigen. Es habe eine strenge Disziplin gegeben, „weil die Schneideräume natürlich ganz knapp vergeben wurden.“ Wenn dann jemand mit einer Unmenge Band gekommen sei für einen Beitrag von zwei- oder dreieinhalb Minuten und die Schneidezeit deshalb überzogen wurde, habe das „einfach nicht funktioniert“. Es sei aber auch kein großes Problem gewesen: „Wir hatten eine sehr gute Ausbildung unter anderem von Peter von Zahn. Wir mussten sehr gut formulieren lernen. Es wurde erwartet, dass man zehn bis 15 Minuten zu einem Thema sprechen konnte.“ Sie sei so umfangreich geschult worden, dass sie live auf dem Sender ohne zu stottern auf alle Situationen reagieren konnte. Das sei ihr natürlich auch bei Aufnahmen auf Tonband zugute gekommen.

Die erste Instanz im Schneideraum

Die „Controller“ der britischen Besatzungsmacht, „alles erstklassig ausgebildete Journalisten der BBC“, brachten eine neue Sendeform mit und den Hamburgern bei: das Hörfunkfeature, eine Kombination von Reportage-Elementen und Original-Tönen mit im Studio gesprochenen Texten. „Das war eine Berufserweiterung für uns“, sagt Diercks-Norden, „ein Thema bis zu 20, 30 Minuten machen zu können.“ Aber es habe ein ganz strenges Zeitkorsett gegeben. „Wir hatten die Schneideräume und die Cutterinnen, das war ein ganz neuer Beruf. Das waren hervorragende, intelligente, junge Frauen (die wurden weggeheiratet wie warme Semmeln) – wir hatten auch einige Herren, aber es wurde schnell ein Frauenberuf – und da hatten sie zum Schnitt ihre feste Zeit, also für eine Reportage von 2:30 Minuten hatten sie eine halbe Stunde den Schneideraum. Sie mussten also schon bei der Aufnahme ganz konzentriert arbeiten.“ Ein Tonband selbst zu bearbeiten, wie es noch in den 1990er Jahren beim Privاتفunk üblich war, dazu wäre Diercks-Norden nicht in der Lage gewesen: „Ich bin eine Frau des Wortes, zur Technik habe ich immer ein gestörtes Verhältnis gehabt. Ich konnte zwei, drei Knöpfe bedienen und das Mikro richtig halten und eine Stunde live sprechen.“

Helga Diercks-Norden erinnert sich noch gut an die Arbeit beim Schnitt:²⁹³⁶ „Es war ein Traum, mit unseren Cutterinnen zusammenzuarbeiten. Die hatten eine Fingerfertigkeit und machten Feinschnitt bis zum „äh“. Sie klebten zum Teil noch flüssig. Wir haben die Aufnahmen erst abgehört, dann den Schnitt besprochen. Die Cutterin war die erste Instanz. Die dachten mit, und diese Kooperation erwies sich für die Berichterstattung als großer Gewinn, machte das Ganze noch effektiver.“ Wichtig war für sie auch, dass Korrekturen möglich waren „für ein optimales Ergebnis“.

Eine Tontechnikerin erinnert sich

Das Geräteverzeichnis der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft (RRG), Abteilung Betriebstechnik, weist für 1941 / 1942 zwei Schnitteinrichtungen aus: die „Filmklebevorrichtungen“ R 43 und R 43a (für Schrägschnitt). R 43a ist laut Liste noch nicht in Betrieb, ebenso der „Schneidetisch f. Magnetofon“ R 25. Über diese Geräte existieren kaum Dokumente. Spätestens bis zur Einführung von Magnetbändern auf Polyesterbasis wurde nass geklebt. Schnell hatte sich herausgestellt, dass ein senkrechter Schnitt des Bandes als störender empfunden wurde als ein abgewinkelter, der gewissermaßen einen extrem schnellen weichen Übergang von einem Tonereignis zum anderen ermöglichte. Anfangs wurde mit einer nichtmagnetischen Schere in der Hand geschnitten, bis dann ab T 9 eine Schere im Kopfträger eingebaut und oberhalb der Kopfanschlussleiste eine Klebelehre geschraubt war. Es ist anzunehmen, dass es zuvor bewegliche Klebeschienen gab, in denen die Bandenden zusammengefügt wurden. Wenn durch Hin- und Her-Bewegen des Bandes vor dem Wiedergabekopf die gewünschte Schnittstelle gefunden war, wurde diese mit einem Stift markiert, ebenso die nächste, wenn es darum ging, etwa ein „äh“ herauszuschneiden. Die Tontechnikerin schabte dann passend von einem Ende des Bandes vorsichtig die Schicht auf etwa einen Zentimeter Länge ab, strich sie mit Klebemittel ein und presste dann passgenau das andere Bandende auf den blanken Schichtträger. Beim Nassklebevorgang musste die Cutterin also darauf achten, beim einen Bandende Platz genug zum Abschaben der Schicht zu lassen. Das Klebemittel musste genau dosiert und überschüssiges notfalls mit Löschpapier aufgesogen werden. Die Klebestelle musste völlig trocken sein, damit sie beim Wickeln nicht an benachbarten Bandlagen anhaftete.

Das Trockenklebeband brachte dann (bereits in den 50er Jahren) eine deutliche Beschleunigung des Vorgangs. Für die ausgebildeten Cutterinnen war es kein Problem, das etwas schmalere Klebeband ohne Überstand auf die beiden in der Klebeschiene zusammengeführten Bandenden zu drücken. Beim Schnitt konnten sie die notwendige Überlappung beim Nasskleben unberücksichtigt lassen. Bis zum Ende der Magnetband-Ära wurde trocken geklebt, wobei die Qualität der Klebebänder immer besser wurde. Von BASF gab es schließlich Spender mit abgelängten Klebestreifen (siehe Abbildung 565, Seite 465).

Eine andere Art des Schnitts war das Einfügen ganzer Sätze durch den „fliegenden Start“: Die Technikerin betätigte den Bandabheber am Kopfträger, schaltete reichlich weit vor der „Schnittstelle“ auf Aufnahme. In Stellung „Hinter Band“ konnte sie die alte Aufzeichnung abhören, gab dem Sprecher an der richtigen Stelle ein Zeichen und löste gleichzeitig den Bandabheber aus: Die neue Aufzeichnung war nahtlos an die alte angefügt.

Sauberkeit war ein wichtiges Gebot: „Bei jedem Schichtantritt habe ich mich vergewissert, dass Tonköpfe und Bandführungen sauber waren. Falls nicht, bin ich dem Abrieb mit Wattestäbchen und Isopropanol zu Leibe gerückt“, berichtet Barbara Reiter aus ihrer 40jährigen Praxis als Tontechnikerin.²⁹³⁷ „Wir waren für die Redakteure die erste Instanz, die ihnen eine erste Rückmeldung auf ihre Beiträge geben konnten, ob sie inhaltlich verständlich waren zum Beispiel. Das haben die sehr genossen.“ Beim Schnitt („Da stand man manchmal in Bergen von Tonbandmaterial“) hob Reiter An- und Ausatmer sowie Sprechpausen auf: „Die klebte ich an passenden Stellen wieder ein, damit der Redefluss des Sprechenden natürlich blieb. Bei der heutigen Digitaltechnik lassen die Reporter die Interviewten so ohne Punkt und Komma reden, dass es den Hörern den Atem verschlägt.“ Heute versuchen die Journalisten, alles selbst zu machen. Den Beiträgen sei das anzuhören. „Da spart man durch die Digitaltechnik Gehälter ein, aber für den Hörer wird es nicht unbedingt besser.“ Wenn ein Reporter mit 30 Minuten Material ankam für 20 Minuten Endprodukt, sei das angenehm gewesen. „Aber das kam selten vor, es war immer sehr viel mehr Material. Da habe ich dann schon beim Umkopieren auf 38 cm/s vorsortiert, was zu verwenden war.“ Reiter wich gelegentlich vom normalen Schnitt mit der Kopfschere ab: „Beim Kürzen von Beifall habe ich bis zu 5 Zentimeter lange Überblendschnitte gemacht, gerade Schnitte dagegen beim Herausschneiden von Knacksern aus Schallplattenmusik.“ So ein Knack sei bei 38 cm/s Bandgeschwindigkeit gerade mal einen Millimeter lang, da falle ein Schnitt nicht auf. Aber den Hörern wurde ein unangenehmes Geräusch

erspart. Der Knack wurde durch Hin- und Herbewegen des Bandes vor dem Wiedergabekopf lokalisiert, dann Anfang und Ende durch Fettstift oder einen Markierungsstempel gekennzeichnet und in der Klebeschiene herausgetrennt. Anschließend klebte die Technikerin das Band in der Schiene wieder zusammen.



Abbildung 512: Barbara Reiter am Magnetophon M 5: Konzentration auf den richtigen Augenblick zum „Abfahren“ des Bandes, hier einer Geräuschkuspielung während einer Hörspielproduktion.

Gerne wurden Bobbys (also die AEG-Wickelkerne aus stabilem Blech) als Aschenbecher oder Flaschenöffner benutzt, was natürlich offiziell nicht gestattet war. *„Wenn ein Band zu lasch gewickelt war und der Bobby abhaute, haben wir uns beim Bayerischen Rundfunk damit geholfen, dass wir das Knäuel entwirren, indem wir das Band im Treppenhaus aus der siebten Etage, wo die Technik war, ins Erdgeschoss hinab abwickeln ließen und dann wieder neu aufwickelten“*, sagt Reiter. Früher kamen beim BR die Musiktitel meist einzeln vom Band. Da musste Reiter, wenn sie mal ein menschliches Bedürfnis verspürte, kalkulieren: *„Schaffe ich das in 3:50 oder muss ich einen längeren Titel abwarten?“*

Bei der Endproduktion von Hörspielen waren manchmal sechs bis sieben Bandmaschinen im Einsatz: *„Da mussten wir im Regieraum hüpfen.“* Nach einem farbigen Mischplan wurden die jeweiligen Geräte mit Sprache, Geräuschen, Effekten und Musik gestartet und am Mischpult entsprechend angesteuert. *„Dabei mussten wir den Versatz zwischen Vorband und Hinterband im Kopf beim Starten berücksichtigen. Wenn ein Fehler passierte, habe ich immer einige Sekunden früher mit der Neuaufnahme begonnen, damit Zeit für eine passende Schnittstelle blieb.“* Anschließend fertigte sie, meistens nachts, aus mehreren zur Wahl stehenden Takes die endgültige Fassung, die der Regisseur am nächsten Morgen abnahm – oder auch nicht. Dann wurde umgeschnitten. *„Aber wenn man sich mit dem Regisseur*

gut verstand, wusste, was er wollte, klappte das immer gut.“ Radio Bremen gefiel ihr: *„Das war ein kleiner Sender, da mussten wir Technikerinnen alles machen, neben Features Sendungen fahren und auch Musikaufnahmen machen. Da habe ich am meisten gelernt.“* Im Zeitalter der Digitaltechnik sei das anders: *„Es gibt verschiedene Programme für Hörspiele, Musik oder Sprachaufnahmen. Da müssen sich die Menschen spezialisieren. Früher war der Träger Magnetband die Basis für das ganze Spektrum des Programms. Es war das Material für die ganze Kultur.“* Reiter ist noch heute von ihrem Beruf begeistert: *„Das Faszinierende war, dass wir etwas festhalten konnten, was ohne Speicher verloren gegangen wäre. Dieses Dokumentieren fand ich toll. Und das Gemeinsame: miteinander aus einer Idee ein Ganzes zu machen.“*

Die Qualität steigt

Die Steigerung der Betriebssicherheit und Qualität war ein weiterer wichtiger Schritt der Techniker der Rundfunkanstalten. Dabei, so Gondesens, mussten Zwischenstufen in der Geräte- und Bandherstellung durchlaufen werden *„mit ihren Rückschlägen und Sorgen“*. *„Immerhin gelang es doch, durch einheitliche Einmessung der Schallaufnahmen und durch Prüfung der zur Verwendung kommenden Bandchargen seit Anfang 1947 beliebige Austauschbarkeit der Bandaufnahmen innerhalb des NWDR bei bestmöglicher Qualität zu gewährleisten“*, schreibt er 1950.²⁹³⁸ Dazu waren unter anderem eine einheitliche mikroskopische Justierung der Kopfspalte, die Verwendung eines „Normalfrequenzbandes“ (heute Bezugsband), einheitliche Wiedergabepegel sowie festgelegte Lösch-, Vormagnetisierungs- und Aufnahmeströme sowie ein einheitlicher Aufnahme-Frequenzgang notwendig.

„Das einzige unzuverlässige Glied in dieser Kette waren zunächst die Magnetofonbänder, deren Qualität seinerzeit besonders zu wünschen übrig ließ und nur gelegentlich den Anforderungen des Rundfunks entsprach“ (Seite 306). Damit aber der Rundfunkbetrieb laufen konnte, musste der NWDR auch Bänder unzureichender Qualität abnehmen. Das Tonträgerlabor prüfte neu eingegangene Bandchargen auf ihre wichtigen Eigenschaften und klassifizierte sie in drei Gruppen mit jeweiliger Aufteilung in „Musik 1 und 2“ sowie „Sprache 1 bis 3“.

Anfang 1950 einigten sich die „Magnetofon-Sachbearbeiter“ der Rundfunkanstalten auf Normungen in der Magnettontechnik. Sie legten unter anderem den Durchmesser der Spulenkern auf 100 mm, die Bandbreite auf 6,35 mm (statt 6,5) und die Bandgeschwindigkeit auf 76,2 cm/s (entsprechend 30 Zoll pro Sekunde) statt vorher 77 cm/s fest, *„um sich der anglo-amerikanischen Norm anzuschließen und somit einwandfreien internationalen Bandaustausch auch in Zukunft sicherzustellen“*. Dabei blieben die Bandführungsteile der deutschen Maschinen zunächst unverändert. *„Alle Änderungen sollten möglichst gleichzeitig erfolgen, damit in den Archiven nur zwei Sorten von Bändern vorhanden sind, nämlich ‚alte‘ und ‚neue‘, deren Kartons entsprechend gekennzeichnet werden müssen.“* Beim NWDR wurde als Termin für die einschneidenden Änderungen (Bandgeschwindigkeit und Anhebung des Wiedergabepegels) Mitte März 1950 festgelegt, *„sobald Tonrollen, Testbänder und geeignete Aufnahmebänder bereitstehen“*. Gondesens sieht zu diesem Zeitpunkt des Jahres 1950 eine Stufe der Magnetton-Technik als erreicht, die für einige Zeit einen gewissen Abschluss und *„somit klare Verhältnisse für Aufnahmetechnik und Bandfabrikation geschaffen“* habe. Der neue Standard werde die technische Qualität steigern, *„wenn auch mit gewissen Schwierigkeiten während der ersten Übergangszeit zu rechnen ist.“*²⁹³⁹

Magnetophon B-R 28: Wenn es am Ende jault

Gewisse Schwierigkeiten machte denn auch das neu entwickelte Magnetophon-Laufwerk B-R 28 (AEG-Type T 8): *„In der modernen Studioteknik werden an die Konstanz des Bandzuges bei Magnetofonanlagen sehr hohe Anforderungen gestellt. Das in den Studios des NWDR allgemein eingeführte Magnetofon-Laufwerk B-R 28 erfüllt nicht ganz die Anforderungen hinsichtlich des konstanten Bandzuges und der mechanischen Ausfilterung von Gleichlaufschwankungen des ablaufenden Bandwickels. So ergibt ein exzentrischer Spulenkern oder eine Wickelungenauigkeit besonders gegen Ende einer ablaufenden Bandspule ein hörbares Jaulen“*, schreibt Gondesens 1950.²⁹⁴⁰

Unabhängig von der bei der AEG laufenden Neukonstruktion des Laufwerks untersuchte das Tonträgerlabor der Zentraltechnik des NWDR, wie die Maschine am zweckmäßigsten umgebaut werden müsste. Bei diesen Überlegungen beseitigten die Ingenieure gleichzeitig *„kleinere betriebliche Nachteile anderer Art“*. Die AEG, so Gondesens, näherte sich dem Ziel eines konstanten Bandzuges zunächst durch eine andere Bauart des linken Wickelmotors beim Laufwerk T 8f. Die NWDR-Spezialisten gingen einen anderen Weg: Sie ersetzten die drei Umlenkrollen des T 8 (von denen eine durch ein Filzklötzchen gebremst wurde) durch eine Vorberuhigungsrolle mit Fühlhebel und eine wirbelstromgebremste Umlenkrolle. Der Fühlhebel verarbeitet sogar schlecht gewickelte, klebende Bänder und exzentrische Spulenkern ohne hörbare Tonschwankungen. *„Die Rollen wurden so ausgelegt, dass selbst bei unexaktem eiligen Bandeinlegen das Band stets in die Lauffläche der Rollen gleiten muss. Das gleiche gilt für die rechte Umlenkrolle, die im Interesse der Übersichtlichkeit und besseren Funktion weiter nach außen verlegt wurde.“*

Und dann dachten die Ingenieure auch an die Tontechniker: Sie versetzten die Bandmessuhr, die sich beim T 8 direkt vor dem Kopfträger befand, an die obere Kante der Grundplatte, *„wo sie beim Umspulen und Cuttern den Bandlauf nicht mehr stören kann“*. Sie deckten außerdem den Gummiandruckrollen-Mechanismus ab, damit sich in der Vertiefung kein Bandabrieb oder Tonbandschnipsel mehr sammeln konnten. Da auch der Netzschalter an der Laufwerksplatte vorne rechts beim Bandeinlegen störte, verbannten sie ihn unter die Grundplatte. Infolge der neuen Anordnung der Umlenkrollen konnten zusätzliche Bandführungsteile weggelassen werden. Das Verlegen der rechten Umlenkrolle brachte außerdem einen größeren Umschlingungswinkel des Bandes, der dazu führte, dass die Banduhr auch beim Umspulen zuverlässig anzeigte. Außerdem bauten die NWDR-Ingenieure einen neunstufigen Rangierschalter ein mit Entstörung für jede einzelne Stufe, wodurch eine wesentliche Verbesserung der Umspuleigenschaften erreicht wurde.

„Zwei vom Tonträgerlabor umgebaute Laufwerke sind Ende 1949 an die Betriebstechnik Köln zur Erprobung geliefert worden, wo sie sich nach vorliegendem Bericht ohne Beanstandung bewährt haben. Der Umbau sämtlicher im Bereich des NWDR vorhandener Laufwerke B-R 28 in die neue Ausführung B-R 28 a wird zur Zeit vorbereitet“, schreibt Gondesens 1950.²⁹⁴¹ Das Braunbuch gibt als Einführungsjahr des umgebauten R-28-Laufwerks 1951 an.

T 8 und das bei der AEG veränderte T 8f wurden nach Vorschriften der NWDR-Zentraltechnik von der Firma Amandus Keller in Hamburg umgebaut; das Unternehmen war lange Zeit bekannt für seine Filmschneidetsche. R 28a und c unterscheiden sich unter anderem vom 1952 eingeführten R 28e durch die kleinere rechte Umlenkrolle. Ab 1956 bauten die Rundfunkanstalten die Laufwerke durch neue Tonmotore der AEG auf 38 cm/s Bandgeschwindigkeit um.

Ein Laufwerk R 28 (a oder c) im Besitz des Verfassers, das bei der Ifu Remagen bis 1965 in Betrieb war, weist allerdings eine dritte Leitrolle nahe des Kopfträgers auf. Außerdem ist die Banduhr noch direkt oberhalb des Kopfträgers angeordnet. Es lässt sich für Servicearbeiten in der Truhe hochklappen und an beiden Seiten mit Stangen festsetzen. Die Seitenbügel zum Aufstellen des Laufwerks fehlen deshalb.

Das Magnetophon – ein (noch) empfindliches Gerät

„Mehr als 60 Prozent aller Störungen an den Betriebseinrichtungen der Funkhäuser werden durch die Laufwerke der Magnetofonanlagen verursacht. Wegen der besonders unangenehmen Auswirkungen sind Ausfälle dieser Art gefürchtet. Ein beträchtlicher Teil der Fehlerursachen ist auf Mängel in der Schmierung der Triebwerkteile zurückzuführen. Es läßt sich nachweisen, daß sehr häufig ungeeignete Schmieröle verwendet werden“, schreibt der Kölner Betriebsingenieur Fritz Enkel 1951.²⁹⁴² Dabei darf man nicht vergessen, dass die Maschinen rund um die Uhr in Betrieb waren. So mussten in Köln 1949 an den Laufwerken wöchentlich zum Beispiel 500 Schmierstellen fachgerecht abgeschmiert und etwa 100 Bandbremsen gewissenhaft abgeglichen werden. *„Bei 24 Laufwerken, die zur gleichen Zeit in einwandfreiem Zustand in Betrieb genommen wurden, ergaben sich für die Reparaturanfälligkeit bemerkenswerte Aufschlüsse. Im Lauf der ersten Woche musste die erste Maschine instandgesetzt werden. Länger als sechs Wochen blieb keines der Laufwerke in Betrieb.“*²⁹⁴³ Mit Blick auf die Standzeit der Magnetophon-Anlagen kommt Enkel zu dem Schluss: *„Danach kann der bisher übliche wöchentliche Überholungsturnus als zuverlässiger Kompromiss zwischen Sicherheit und Arbeitsaufwand angesehen werden.“* 1949 betreute der Messdienst des Funkhauses Köln 28 Magnetophon-Anlagen sowie sechs Regieräume mit 80 Mikrofonen und 195 Verstärkern. *„Die hierzu erforderliche Arbeitszeit wird leicht unterschätzt. Zur Prüfung, Pflege und Instandsetzung sind im Monat über 2.000 Arbeitsstunden aufzuwenden“*, erklärt Enkel.²⁹⁴⁴ 1953 schreibt er: *„Während bei Laufwerken im Mittel nach 18 Tagen 50 Prozent der überholten Laufwerke ausfallen, dauert dies bei Kondensatormikrofonen 16 Wochen und bei Gestellverstärkern 7 Monate. ... Das bedeutet für Magnetophonlaufwerke einen Turnus von 6 Tagen. ... Aufgrund der verfügbaren Arbeitskapazität können für jede Überholung der Laufwerke 2,5 Arbeitsstunden ... aufgewendet werden. In dieser Zeit muss das Gerät ausgewechselt und durch ein betriebsfähiges ersetzt werden und die Fehlerdiagnose, Fehlerbeseitigung und Überprüfung erfolgen.“*²⁹⁴⁵

1950: UKW braucht 76,2 cm/s

1950 schien zunächst das Ende der Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s gekommen: Bei der Berner Tagung des CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications) über Normungsvorschläge auf dem Gebiet der magnetischen Schallaufzeichnung kam 38,1 cm/s als Standard-Bandgeschwindigkeit ins Gespräch. In einem Bericht über die technische Tagung der deutschen Rundfunkanstalten in Baden-Baden vom 27. bis 29. September 1950 heißt es zu den Ausführungen von Hans Schießler vom Rundfunktechnischen Institut (RTI) in Bad Homburg v. d. H. zur Frage der Bandgeschwindigkeit:²⁹⁴⁶ *„Ausländische Stationen, die bisher noch keine nennenswerten Betriebserfahrungen mit den magnetischen Schallaufzeichnungen besitzen, neigen unter dem Einfluß der amerikanischen Gepflogenheit dazu, als normale Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s einzuführen. Da in Deutschland, insbesondere im Zusammenhang mit der Einführung des Ultrakurzwellen-Rundfunks, wesentlich höhere Qualitätsansprüche gestellt werden müssen und außerdem langjährige Erfahrungen über die im Betrieb einhaltbaren Toleranzen vorliegen, können sich die westdeutschen Rundfunkanstalten nicht mit einer Herabsetzung der Bandgeschwindigkeit einverstanden erklären.“*

Gleichzeitig listet der Bericht Vor- und Nachteile der geringeren Geschwindigkeit auf. Vorteilhaft sind der herabgesetzte Raumbedarf des Archivs, verminderte Bandkosten, größere Laufzeit, größere Betriebssicherheit des mechanischen Teils, leichtere Ausführbarkeit mechanischer Filter, längere Lebensdauer der Köpfe, die niedrigere Frequenz des Löschstroms und das günstigere Störgeräusch-Spektrum bei L-Extra-Bändern (Seite 311).

Nachteilig sind: höhere Präzision des Laufwerks, insbesondere der Bandführung, ebenso wie der Magnetköpfe, engere Toleranzen für die Bänder, Zunahme des Störgeräusches, verringerter Nutzpegel, größere Amplitude der Tonhöhenchwankungen, stärkere Frequenzmodulation infolge von Bandlängsschwingungen, Notwendigkeit eines innigeren Kontaktes zwischen Band und Köpfen, erhöhte Wahrnehmbarkeit von Klebestellen sowie nicht zuletzt erschwertes Cuttern: die Bandlänge, auf der Vokale wie Konsonanten gespeichert sind, halbiert sich gegenüber 76,2 cm/s – also verlangt die Schnittstellensuche doppelte Genauigkeit, was eine gravierende Umstellung für die TontechnikerInnen bedeutet.

Schießler befürchtete in jedem Falle einen „*erheblichen Qualitätsverlust*“ und eine „*Verschlechterung der betrieblichen Eigenschaften... da die Nachteile der halben Bandgeschwindigkeit in keinem Falle durch ihre Vorteile aufgewogen werden können.*“ Wesentliche Qualitätssteigerungen in der Produktion von Bandmaschinen und Tonbändern sollten laut Schießler eher zur Verbesserung der augenblicklichen technischen Qualität bei den Sendern ausgenutzt werden. Immerhin: „*Unter dem Eindruck der deutscherseits vorgebrachten Argumente, die auf tatsächlichen Betriebserfahrungen fußen, konnte verhindert werden, daß seitens der anwesenden Mitgliedsstaaten dem CCIR die Bandgeschwindigkeit von 38,1 cm/s als alleinige Bandgeschwindigkeit vorgeschlagen wurde. Tatsächlich wurde eine Empfehlung angenommen, wonach beide Bandgeschwindigkeiten im Programmaustausch gleichberechtigt sein sollen*“, heißt es in dem Bericht der Technischen Hausmitteilungen des NWDR. Daraus entstand allerdings die Notwendigkeit, für alle Rundfunkanstalten wenigstens ein Abspielgerät für 38,1 cm/s anzuschaffen. 1956 wurden die T 8-Laufwerke R 28a bis c /38 eingeführt, die daraus entstanden, dass Rundfunkanstalten selbst neue AEG-Tonmotore in die alten 76er-Laufwerke R 28a bis c einbauten.

AEG Magnetophon T 9 setzt Standards

Die Überlegungen der NWDR-Zentraltechnik zur Verbesserung des B-R 28 und Arbeiten der AEG führten 1951 zu Einführung des Laufwerks B-R 69 (AEG-Bezeichnung T 9, beschrieben auf Seite 334).²⁹⁴⁷ Dabei ergaben sich abgesehen von einer Reihe technischer auch betriebliche Verbesserungen. Die Hochlaufzeit wurde auf knapp unter 1,6 Sekunden verkürzt, eine Forderung, die aus den gestiegenen Ansprüchen an Sendelaufwerke resultierte. Um eine schnelle Bremsung aus dem Umspulen zu gewährleisten, ließ sich laut Gondesens die Wirkung der Bandbremsen dadurch verstärken, dass beim völligen Herunterdrücken der Halttaste ein zusätzlich elektromagnetischer Andruck ausgelöst wurde.²⁹⁴⁸ Die genügend harte Bremswirkung beim Umspulen sollte kombiniert werden mit einer wesentlich schwächeren Bremsung beim Stillstand, damit das Tonband beim Einlegen und beim Schneiden (Aufsuchen der Schnittstelle) nicht überdehnt wurde. „*Auf der Oberseite der Grundplatte ist die Anordnung der Bedienungstasten, der Umlenkrollen, der sonstigen Bandführungsteile und der übrigens exakt anzeigenden Bandmeßuhr derart, daß alle betriebsmäßig störenden Vorsprünge und Kanten vermieden sind und eine klare Übersicht des Bandlaufes gewährleistet ist*“, schreibt Gondesens. Beim Bandeinlegen und Schneiden gab es also weniger Hindernisse.

1954 schließlich zog das Laufwerk R 69u (T 9u, Beschreibung Seite 337) mit den umschaltbaren Geschwindigkeiten 38 und 76 cm/s in die Studios des NWDR ein. Kopfträger R 19 hatte schon bei der T 9 eine Bandschere erhalten, die – zweieinhalb Zentimeter vom Wiedergabekopfspalt entfernt – eine erhebliche Vereinfachung des Schnittes ermöglichte. Der Schnittwinkel blieb immer derselbe, Klebestellen ließen sich ohne weiteres lösen und ohne Über- oder Unterlappung wieder neu zusammenfügen. Der rechte Wickelmotor war für Papierkorbbetrieb per Fußtaste abschaltbar. Noch 1972 waren R 69u-Laufwerke im NDR-Messestudio Hannover im Einsatz zu sehen – mit Cutterinnen, die die Bänder flink auf dem Handballen statt in der Klebeschiene klebten. 1958 – der NWDR war inzwischen aufgeteilt worden in den Norddeutschen Rundfunk Hamburg und den Westdeutschen Rundfunk Köln, mit übrigens auch heute noch gemeinsamen Sendungen im Hörfunk – folgten als Neuentwicklung das Magnetophon 5 und 1959 das Magnetophon 10 (Beschreibungen: Seite 402 und 410). Telefunken in Wedel hatte unter anderem die Ergonomie weiter verbessert: Die Bandführungen erlaubten einhändiges Einlegen.

Der Kopfträger des M 10 erhielt jedoch keine Bandschere, Schnittpunkte konnte die Technikerin mit einem Markierungsstempel kennzeichnen, auf der Klebeschiene trennen und zusammenfügen. Ab M 10 verfügten die Maschinen über eine Abschaltung bei Bandende oder Bandriss, was eine weitere Vereinfachung des Betriebsablaufes brachte: Die Techniker konnten die Maschinen beim Umspulen auch mal alleine lassen. Höhepunkt und Abschluss der Entwicklung der Telefunken-Studio-Arbeitspferde war das M 15A (Beschreibung Seite 442). Die Vorkopfschere als Option für M 12A und M 15A erleichterte den silbengenauen Schnitt erneut. Von ihrem geplanten Nachfolger M 16 gab es nur einen Prototyp (Abbildung 544, Seite 449).

Das Magnetophon im Übertragungswagen

Für mobile Zwecke hatte die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft 1939 das R 23 (AEG-Type K 6) eingeführt. Daraus wurde durch Umkonstruktion der Tonschreiber d (1942), der bei der RRG die Bezeichnung R 23a erhielt und als „Tornister-Magnetophon für Batteriebetrieb“ vorgesehen war und in Ü-Wagen eingesetzt wurde (Seite 206). 1950 berichtete Karl-Erik Gondesen auf der Technischen Tagung der Rundfunkanstalten in Baden-Baden von einer Neuentwicklung.²⁹⁴⁹ Das neue Magnetophon wurde demnach als verbessertes Nachfolgergerät für den Tonschreiber d (R 23a) vorgesehen und auf der Chassis-Grundlage des AEG-Gerätes AW 1 beim NWDR zum R 64 (Seite 285) entwickelt. Statt der ursprünglichen zwei Magnetköpfe des AW 1 sahen die NWDR-Ingenieure eine Dreikopfianordnung vor, um Löschen und Abhören hinter Band zu ermöglichen. Wegen zu großer Einstreuung der Hochfrequenz in den Hörkopf (er bildete mit dem Sprechkopf ein „Spezialbauteil“) ist der Löschkopf nachträglich verlegt worden und als Speziallöschkopf kleinster Ausführung im Bandzugfühlhebel untergebracht worden. Die Maschine lief mit 76,2 cm/s, hatte allerdings internationale Schichtlage. Das führte in der „vorläufigen Beschreibung Ü-Wagen-Magnetophon R 64“ vom 4. September 1951 zu dem ausdrücklichen Hinweis: „Das Band soll mit der Schichtseite nach innen aufgespult sein. Bänder, die entsprechend der Magnetophon-Standardausführung mit der Schicht nach außen aufgewickelt sind, müssen verschränkt eingelegt werden.“ Der Wechsel zwischen den beiden Wickelarten barg die Gefahr, dass bei falschem Einlegen Wiedergabe und Aufnahme dumpf wurden. Für das M 5 lieferte Telefunken sogar einen „Schränkungsschutz“, der den Betrieb mit verdrehtem Band erleichtern sollte, denn im hektischen täglichen Betrieb konnte die Verschränkung schon mal verloren gehen. Das R 64 brachte rund 30 kg Gewicht auf die Waage, das AW 1 dagegen nur etwa 20 kg. Es fasste maximal 750 m Band, entsprechend einer Aufnahmedauer von 15 Minuten. – Die technische Beschreibung des AW 1 und seiner Weiterentwicklungen findet sich auf den Seiten 279 ff.

R 65a war schon das Ende der Entwicklung

Das R 64 wurde zur „Befriedigung des dringendsten Bedarfs in einer kleinen Serie gefertigt und in dem kleinen Ü-Wagen des Rundfunks eingesetzt“, schreibt Gondesen 1951.²⁹⁵⁰ Damit lägen inzwischen Betriebserfahrungen für die Weiterentwicklung des verbesserten Typs R 65 vor, „dessen Entwicklung unmittelbar vor dem Abschluss steht.“ (Beschreibung Seite 332.) Bei diesem neuen Ü-Wagen-Magnetophon wurde das AW 1-Chassis verlassen und das Laufwerk an einer gegossenen Grundplatte montiert. „Dadurch war es möglich, einen für dieses Gerät neu konstruierten auswechselbaren Kopfträger zu verwenden, der meßtechnisch und wartungsmäßig gegenüber dem Aufbau mit festen Köpfen erhebliche Vorteile bietet. Gleichzeitig können die Bandspulen nun wieder, wie bei Studiogeräten, mit der Schicht nach außen gewickelt werden.“ Das Gerät verfügte über einen Knebelschalter für die Laufwerksfunktionen. Zur Aufnahme musste ebenso ein Sperrknopf gelöst werden wie für die neue Funktion „schneller Vorlauf“, der den Technikern die Arbeit erheblich erleichterte. Die Laufwerksbeschriftung gab es für senkrecht auf der rechten Seite stehenden wie auch für normalen waagerechten Betrieb: „Das R 65 passte in den VW-Käfer mit den anderen tontechnischen Einrichtungsgegenständen nicht waagerecht hinein. Also wurde es beim Südwestfunk senkrecht eingebaut“, sagt Götz Corinth.²⁹⁵¹ Etwa im Herbst 1951 war das erste Mustergerät fertiggestellt. Wenig später – nach Abschluss der Messungen – sollte die Serienfertigung beginnen.

Das letzte Ü-Wagen-Magnetophon war das 40 kg schwere R 65a von Telefunken, das 1956 in den Betrieb eingeführt wurde. Es arbeitete auf der Basis des R 65 mit einer Bandgeschwindigkeit von 38,1 cm/s. Nachfolger in den großen Ü-Wagen wurde zunächst ab 1958 das Magnetophon M 5, der Fortschritt in der netzunabhängigen Stromversorgungstechnik erlaubte den Anschluss von 220-Volt-Geräten. Telefunken lieferte allerdings in den 1970er Jahren noch einen Tonschreiber M 36 an die Bundeswehr (Seite 168).

Pausenzeichen als Senderkennung

Für im Studiobetrieb wiederholt benötigte Magnettonaufzeichnungen wie etwa Effektgeräusche, Kennmodulationen (Erkennungssignale bei Leitungsübertragungen), Ansagen, Störungsmeldungen oder Zwischenmusik, anfänglich aber besonders für Pausenzeichen, wurden die Pausenzeichenmaschinen entwickelt. Die einzelnen Kennungen der Rundfunkanstalten und ihrer verschiedenen Wellen (häufig Motive aus der klassischen Musik) sind im Zeitalter der „Durchhörbarkeit“ der pausenlosen Programme weitgehend verschwunden. Sie wurden früher auch zur Überbrückung von Schaltpausen oder kurz vor den Nachrichten genutzt.

„Nachdem vor einigen Jahren das erste Baumuster in dem Betrieb eingesetzt wurde, ist nun unter Verwertung der gesammelten Erfahrungen eine neue Pausenzeichenmaschine im Tonträgerlabor fertiggestellt worden. Die Fertigstellungsvorbereitungen für das Gerät werden zur Zeit getroffen“, kündigt Gondesen 1950 an.²⁹⁵² Das neue Gerät mit der Bezeichnung B-R 30 arbeitet mit 38 cm/s in Verbindung mit dem Pausenzeichenverstärker B-V 49. Es kann ohne Prob-

leme gegen die bisherige Maschine B-R 29 ausgetauscht werden. Gondesen listet die Vorteile des B-R 30 gegenüber dem B-R 29 auf: Schneller Anlauf, kein Jaulen der Modulation möglich. Wesentlich verbesserte Filterung des Bandlaufs und nur sehr kurze Bandverdickung, dadurch geringste Frequenzmodulation. Verlängerung des Pausenzeichenintervalls von 10 auf 15 Sekunden. Verlängerung der Motivlänge von knapp 5 auf 7,2 Sekunden. Leichtes Einlegen des kürzeren Bandes (285 cm) von der Frontseite ohne Herausnahme der Maschine aus dem Gestell. Stromlosigkeit aller Relais bei Stillstand. Die Bandverdickung steuert über einen Hebel das Gerät so, dass nur bei jedem zweiten Bandumlauf Modulation abgegeben wird. Das Endlosband wurde auf einer normalen Bandmaschine hergestellt und dann zu einer Schleife passend geschnitten. Offenbar ist das B-R 30 nicht in Serie gegangen, denn Gondesen berichtet 1951:²⁹⁵³ „Die Fertigstellungsvorbereitungen für das neue Gerät sind jetzt abgeschlossen worden, und die Auslieferung an die Funkhäuser hat begonnen.“ Das jetzt R 40 bezeichnete und von Konstantin Danner in Berlin gebaute Gerät unterscheidet sich vom angekündigten B-R 30 vor allem im mechanischen Aufbau, der an die neuen Magnetton-Aufnahme- und Wiedergabeverstärker angepasst ist, und wird an einen Standard-Magnetton-Wiedergabeverstärker V 67 angeschlossen.

Auch die Firma Hermann Geiling in München (EAB) steigt in die Produktion der Maschinen ein. Ende der 1950er Jahre kommen zum Beispiel die Pausenzeichen-Aufnahme (R 51) und -Wiedergabe-Geräte (R 52) auf den Markt mit 19 cm/s in V-72-Technik (also in leicht austauschbaren Kassetten, hier in deren Größe 2) und transistorisiert sowie mit lichtelektrischer Steuerung. Die Laufzeit betrug maximal 4 Minuten, minimal 4 Sekunden. Das R 61 kombinierte die Geräte R 51 und R 52 und hatte die Kassettengröße 4. In Zweispurausführung konnte die zweite Spur zur Steuerung verwendet werden. Weitere Verbesserungen führten zu R 51b und c beziehungsweise R 52b und c. Außerdem wurden automatische Magnettongeräte „Loopmatic“ eingeführt, zunächst im Vertrieb von Telefunken, später bei EMT (Elektromesstechnik W. Franz KG, Lahr), bei denen schnell auswechselbare Endlosband-Stahlkassetten mit 600 Gramm Gewicht und einer Programmdauer von 3 Sekunden bis 15 Minuten verwendet wurden.²⁹⁵⁴ Auch in diesem Bereich setzte sich nach einem „Cartridge-Boom“ vor allem bei den privaten Radiosendern die digitale Technik durch.

Magnetbandgerät wird tragbar

„Ein großer Teil des aktuellen Rundfunkprogramms wird in Außenaufnahmen mit Hilfe von Übertragungswagen durchgeführt, teils als Direktsendungen über Kabelleitungen zum Funkhaus, teils als Bandaufnahmen, die zu einem anderen Zeitpunkt im geeigneten programmlichen Rahmen gesendet werden. Nun gibt es Übertragungsprobleme, sei es aus einem Kraftwagen, aus einem Flugzeug, inmitten einer Volksversammlung, im Bergwerk, bei technischen Reportagen oder auf Expeditionen, bei dem mit einem Übertragungswagen nicht zum Ziel zu kommen ist. Hier muss ein möglichst leichtes, tragbares und vom Starkstromnetz unabhängiges Gerät eingesetzt werden“, schreibt Gondesen 1954.²⁹⁵⁵ Er weist darauf hin, dass es seit dem Jahre 1947 beim Rundfunk in Westdeutschland derartige Klein-Aufnahmegeräte in Kofferform mit Federwerksantrieb und einem Verstärkersatz gibt, der aus eingebauten Batterien betrieben wird. Josef Schürer, Ingenieur beim Bayrischen Rundfunk, hatte bereits 1946 sein C-Gerät (eigentlich CF-Gerät, wobei F für Federwerksantrieb steht) vorgestellt, ein Umbau des schon mit Hochfrequenz-Vormagnetisierung arbeitenden RRG-Kleinstübertragungsgerätes R 26.²⁹⁵⁶ Zu transportablen Aufnahmegeräten vor 1945 siehe Seite 206 f.

Helga Norden, das Gondi und ein Kondom

Es dürfte Ende 1948, Anfang 1949 gewesen sein, als Helga Diercks-Norden das erste Mal mit einem tragbaren Magnetbandgerät Bekanntschaft machte: „Es hieß, ein Herr Gondesen hat da ein transportables Reportergerät ausgeheckt, das hat er zusammen mit der Firma Maihak bauen lassen. Aber die Technik wehrte ab: Nein, wir machen weiter mit den Übertragungswagen. Wir hatten ja da noch welche sitzen, die hatten in Wachs geschnitten, die waren ja schon gegen die neue Magnetton-Technik. Ich war aber immer allem Neuen gegenüber sehr aufgeschlossen. Ich habe gesagt, ich möchte das Gerät mal gerne sehen.“²⁹⁵⁷ Die Technik habe dagegen befürchtet, die Live-Übertragungen und Aufzeichnungen im Ü-Wagen würden überflüssig, wenn die Reporter mit den tragbaren Geräten unterwegs seien.

Gondesen hatte die Maschine 1948 mit Maihak entwickelt. „Das für Reportagezwecke in einem Handkoffer untergebrachte Gerät dient in Verbindung mit einem dazugehörigen dynamischen Mikrofon M 19b als komplette tragbare Schallaufnahme nach dem HF-Magnetophonverfahren bei einer Bandgeschwindigkeit von 18 cm/sec. Zur Vereinfachung der Bedienung wird bei diesem Gerät auf eine Aussteuerungskontrolle und -Regelung verzichtet. Als Antrieb dient ein Federlaufwerk mit einer Laufzeit von ca. 4 ½ min. Die Spieldauer einer Bandspule beträgt 10 min.“, heißt es in der Beschreibung des B-R 25.²⁹⁵⁸ Verzichtet hat Gondesen auch auf die Löscheinrichtung. So durfte Helga Norden nur fabrikfrische oder vorher gelöschte Bänder verwenden. Ein Dämpfungsschalter verringerte den Aufnahmepegel bei Aufnahmen mit hohem Grundgeräusch wie im Flugzeug, im Auto, bei Verkehrslärm oder bei Sportreportagen. „Infolge der hohen Dynamik des Gerätes ist die Aufnahmelautstärke nicht besonders kritisch, so daß nach einiger Übung keine Fehlaussteuerungen vorkommen werden. Da bei der geringen Bandgeschwindigkeit mit einem leichten Laufwerk ein vollständig konstanter Lauf des Magnetophonbandes nicht gewährleistet ist, sind ausgesprochene Musikaufnahmen nicht möglich.“²⁹⁵⁹ Bei nachlassender Federspannung schaltete ein Kontakt eine Signallampe zur Warnung ein. Mit Normalbatterien brachte der Apparat immerhin 20 kg, mit leichten Batterien noch 15 kg auf die Waage.

„Das Gerät war sehr schwer. Ich konnte es nicht gleichzeitig über der Schulter tragen und es bedienen. Ich konnte es also nur abstellen auf den Tisch oder den Boden, konnte es selber bedienen, einschalten, ausschalten, Rücklauf machen, abhören – alles. Es war ausgereift und idiotensicher. Ich fand es toll, weil es jetzt eine Möglichkeit gab, weg von der Ü-Wagen-

technik Dinge zu machen, die vorher nicht möglich waren, sprich, eine Eisenbahnfahrt, zum Watt raus – da habe ich das Gerät dann auf so einem kleinen Wägelchen transportieren lassen. Das heißt, es war für mich die Möglichkeit, für die Berichterstattung neue Räume zu erschließen, was sonst mit der Ü-Wagentechnik nicht ging. Bei einer Reportage im Samba-Express war ich allein unterwegs. Ich bin da mit dem Gerät durchgegangen und habe auch Musik aufgenommen. Also ich fand es fabelhaft, und wir nannten es das ‚Gondi‘. Dieses Gerät war ein Wunderding, es war alles automatisch. Es war eine technische Revolution, die uns von Kabeln und Zwängen befreite“, erinnert sich Diercks-Norden. Die Magnettonbänder gab sie vor dem Schnitt zum Überspielen von 18 cm/s auf 77 cm/s „Ich hatte nicht die körperlichen Kräfte, dieses Gerät immer zu schleppen und habe dann auch meinen Frieden mit der Technik insofern gemacht, als ich gesagt habe, gebt mir immer einen Tontechniker mit. Die Technik hat das auch honoriert. Meine Kollegen lehnten das ab, ich war die einzige, die damals mit dem Gerät arbeitete. Die fanden es viel bequemer, mit dem Ü-Wagen zu arbeiten. Später nahmen sie es dann doch an.“ Die junge Reporterin machte mit dem Gondi „sehr viele Berichterstattungen auf diese Weise. Aber es setzte sich bei uns im Sender nicht durch. Die Kollegen wollten es nicht, und die Technik war sowieso reserviert.“

Sie erinnert sich unter anderem an zahlreiche Reportagen vom Leben der Flüchtlinge in Trappenkamp, Wedel und Neumünster. „Sie waren ja viel beweglicher, sie mussten in die Flüchtlingsbaracken gehen, sie mussten in die notdürftig hergerichteten Fabriken gehen, das habe ich alles sehr gerne mit dem Gondi gemacht.“

Als weitere Erleichterung empfand sie die Einführung dynamischer Mikrofone, die nur einen Bruchteil der Neumann-Flasche wogen (also der damals noch voluminösen Kondensator-Mikrofone): „Die große Innovation war die sogenannte Tauchspule. Die lag wunderbar leicht in der Hand. Nachteil war allerdings der Wind, der hier in Norddeutschland immer weht. Und wenn ich denn auf den Halligen war, dann knallte der Wind drauf und die Aufnahme war hin. Eines Tages druckste mein Toningenieur so rum und sagte, ‚Helga, wir haben da was gegen den Wind‘. Ich sagte, na her damit. Und er: ‚Ich weiß nicht, wie ich Ihnen das sagen soll, das ist ein Präservativ.‘ Ich sagte, na ja und? Her mit dem Ding. Wir haben das dann immer bei Wind übers Mikro gezogen, auch wenn die Umstehenden oft etwas fassungslos guckten. Aber es war fabelhaft. Damit konnten wir selbst bei steifster Brise wunderbar arbeiten.“ Sehr schnell setzte sich übrigens ab 1954 das MD 21 von Sennheiser mit Kugelcharakteristik als Standard-Reportage-Mikro durch, gefolgt ab 1960 vom MD 421 mit Nierencharakteristik.

Entwicklung der Reportergeräte

Maihak, die Hamburger Reportofon-Schmiede

Die Entwicklungen der NWDR-Zentraltechnik gingen nach Praxisversuchen und Messungen in die Industrie. Eine typische Zusammenarbeit bestand zum Beispiel mit AEG und Siemens. Etwas außergewöhnlich war da schon die Kooperation mit der Hugo-Maihak-AG in Hamburg. Der Maschinenbau-Ingenieur, Techniker und Wissenschaftler hatte sie 1885 in Hamburg gegründet und sich auf Feinmechanik und Messtechnik spezialisiert.²⁹⁶⁰ Zum Programm gehörten zum Beispiel der „Grubenmono“, der den Methangehalt in Bergwerksstollen überwachte und vor Explosionen warnte, oder Beton-Dehnungsmesser, Sohlwasserdruckgeber sowie Indikatoren, Schreibgeräte für die Druckschaulinien in Dampfmaschinen- und Dampflokomotiv-Zylindern, von deren typischer Doppelschleifen-Charakteristik das Maihak-Firmensignet abgeleitet ist.²⁹⁶¹ Im Ersten Weltkrieg produzierte Maihak für Heer und Marine, im Zweiten unter anderem für die Luftwaffe. Die notwendige äußerste Präzision bei der Fertigung und die Nähe der Maihak AG zur NWDR-Zentraltechnik dürften den Ausschlag dafür gegeben haben, dass Maihak als „verlängerte Werkbank“ sich ein weiteres Standbein in der Studioteknik aufbauen konnte. So kamen die vierkanalige Übertragungsapparatur V 45 samt Netz- beziehungsweise Batterieteil, Studio-Verstärker verschiedener Bauart und Flachbahnregler für Mischpulte dazu.

Großer Bekanntheit und Beliebtheit erfreuen sich in Fachkreisen noch immer die federwerksgetriebenen tragbaren Tonbandgeräte, die Reportofone. Kurbeln dienten zum Aufziehen der Antriebsfeder und zum Zurücksputzen der Bänder. In Anlehnung an die Studiomaschinen lag die Schichtseite der Bänder außen. Mit einer Stellschraube und einer Stroboskopeinteilung auf der Tonrolle ließ sich die Bandgeschwindigkeit unter Glühlampenlicht am Wechselstromnetz von 50 Hz exakt auf 19,05 cm/s einstellen.

Nach dem Gondi, dem B-R 25, das seine Verwandtschaft mit dem R 26 und dem Tonschreiber c nicht leugnen konnte, führte die weitere Verbesserung der Technik um etwa 1950 zum R 25a, das bei Maihak in Serie ging und die Bezeichnung Reportofon MMK 1 erhielt – Maihak-Magnetton-Koffer. Es lief statt der bisherigen 18 cm/s bereits mit 19,05 cm/s Bandgeschwindigkeit. „Diese Geräteserie wurde ausschließlich bei Maihak gebaut. R 25a war eine komplette Neukonstruktion mit einem neu entwickelten Federwerk. Es wurde nicht mehr auf die Technik der alten militärischen Tonschreiber c zurückgegriffen“, berichtet Roland Schellin, der ein Buch über die Reportofone herausgab.²⁹⁶²

Ein Jahr später gab es eine weitere Verbesserung in Form des MMK 2 (R 25b). Die wesentlichste Änderung war das stärkere Federwerk: „Es hatte vier Federn in zwei Federgehäusen und lief mit zehn Minuten pro Vollaufzug etwa doppelt so lange wie die Vorgänger“, sagt Schellin. Nach seinen Recherchen war das MMK 2 die letzte Konstruktion eines Federwerkbandgerätes mit direkter Beteiligung der NWDR-Zentraltechnik. Alle Nachfolger (mit Ausnahme des MMK 4) entwickelte Maihak selbständig.

1952 erschien das MMK 3 (R 86), ebenfalls ein netzunabhängiges Röhren-Reportagegerät, das wie MMK 1 und R 25 nicht löschen konnte, stattdessen musste man die Bänder mit einer Löschdrossel entmagnetisieren oder auf einer stationären Studiomaschine löschen, bevor man sie neu bespielen wollte. Es verfügte als „ausgesprochenes Einmann-Gerät“ mit einer „weitgehend enttechnisierten Bedienung“ (Beschreibung vom November 1952) lediglich

über eine dreistufige Aufnahmeautomatik, Aussteuerung von Hand war nicht möglich. Durch Betätigen eines unter dem Kofferhandgriff angeordneten Zentralschalters wurden sowohl Bandtransport als auch Aufnahmebeziehungsweise Wiedergabe-Verstärker in Betrieb gesetzt. Die Tonaufnahme des laut Beschreibung 7,5 kg schweren Gerätes war bei geschlossenem Kofferdeckel möglich. Der Frequenzgang verlief zwischen 100 und 6.000 Hz geradlinig. „Zur lippensynchronen Wiedergabe bei asynchroner Aufnahme von Bild und Ton nach DRP 800 157 [also Josef Schürers Pilotton-Patent] wird das Gerät mit einem Pilottonsteuernkopf ausgerüstet, der zwischen Tonrolle und Ton-Magnetkopf eingefügt wird“, heißt es in einer Maihak-Beschreibung. Die Spieldauer für eine Spule 50 µm dickes Standardband wurde mit 6 Minuten angegeben, die Laufdauer des Federwerks ebenfalls. Die Bandgeschwindigkeit war weiterhin 19,05 cm/s. Das Gerät ist in seiner Pilottonversion in die Annalen der Fernseh- und Filmgeschichte eingegangen (siehe Seite 484).

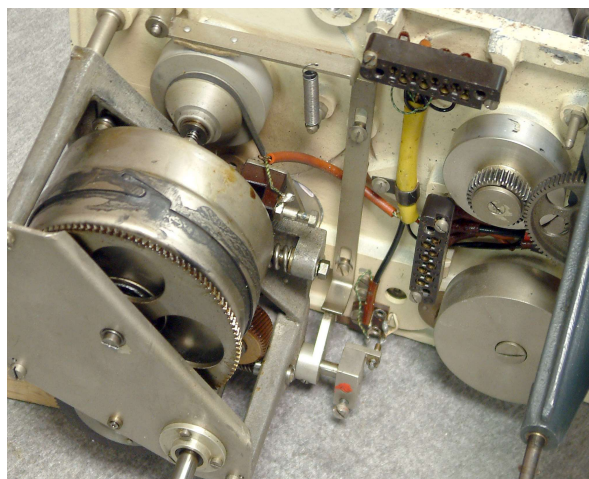


Abbildung 513 (LINKS): Das MMK 1 von 1950, die Weiterentwicklung des "Gondis" der Hamburger Firma Maihak. Zur Laufwerkssteuerung diente der Knüppel an der Vorderfront des Koffers.

Abbildung 514 (RECHTS): Federwerk und Teile des Bandantriebs im MMK 1.

Eine Besonderheit ist das MMK 4 von 1953: Es basiert auf einer Entwicklung von Josef Schürer beim Bayerischen Rundfunk. Der Ingenieur hatte 1949 als Nachfolger seines C-Gerätes das R 72 vorgestellt, das er „außerhalb der Dienstzeit ausgearbeitet“ hatte.²⁹⁶³ „Im März 1952 vereinbarte Schürer mit der Maihak AG einen Lizenzvertrag über den Nachbau seines R-72-Gerätes einschließlich seines Pilottonverfahrens“, berichtet Schellin.²⁹⁶⁴ „Das Gerät stellt eine Weiterentwicklung des R 72 dar. Aufbau und Triebwerk wurden völlig umkonstruiert, die technischen Daten des R 72 sind im wesentlichen beibehalten worden“, heißt es in einer Beschreibung der Firma und weiter: „Das Gerät ist ein ausgesprochenes ‚Zweimann-Gerät‘. Der dem Reporter beizustellende Techniker überwacht mit Hilfe des eingebauten Aussteuerungsmessers bei zusätzlichem Abhören mittels Kopfhörer die Aufnahme und regelt den Aufnahmepegel. Der äußere Aufbau ist in Kofferform gehalten und bietet Tragmöglichkeiten für einen oder zwei Mann.“ Den technischen Daten zufolge ist der Frequenzgang zwischen 40 und 8.000 Hz geradlinig, das Federwerk zieht 12 Minuten durch. Es hatte eingebaute Löschmöglichkeit, zwei Toneingänge und einen Pilottoneingang. Die Braunbuchbezeichnung lautet R 87. Äußerlich ähnelt es dem 1958 erschienenen MMK 6. Die Beschreibung gibt keine Auskunft über das Gewicht. Es dürfte sich jedoch zwischen 8,5 (MMK 3 tr) und 14 kg (MMK 6) bewegen. „Für das MMK 4 hatte Maihak das uneingeschränkte Bau- und Vertriebsrecht mit Ausnahme von Arnold & Richter und des Bayerischen Rundfunks, die diese Geräte zu Entwicklungs- und Forschungszwecken bauen durften bzw. lizenzfrei geliefert bekamen“, berichtet Schellin weiter. Der Bayerische Rundfunk war Schürers Arbeitgeber. Er durfte auch das Pilottonverfahren des Mesingenieurs nutzen. Schürer hatte außerdem sein R-72-Konzept und sein Synchronisierverfahren an Arnold & Richter „zum Nachbau für Filmzwecke“ (vermutlich unter der Bezeichnung „Arriphon“) gegeben.

1955 folgten das MMK 3tr als transistorisierte Version (Gewicht laut Bedienungsanleitung von 1959: 9 kg inklusive drei voller Bandspuln und einer Leerspule, Batterie und Mikrofon) sowie für die Bundeswehr in der Tradition der „Tonschreiber“ das MMK 5 feld, das in seiner äußeren Form bis auf die Tarnfarbe dem MMK 3 ähnelte, aber mit 9,5 cm/s lief.

Star der Reportofon-Reihe ist das 14 kg schwere transistorisierte MMK 6 von 1958: Es verfügte über zwei an einen Summenregler geführte mischbare Eingänge, einer davon für Kondensatormikrofon oder Hochpegel-Quellen, sowie über Hinterbandkontrolle. Abgesehen vom Kopfhörerausgang standen je ein Ausgang von 1,55 V und 4,4 V zur Verfügung (also Pegel von +6 dB und +18 dB). Es fasste wie das MMK 4 Bandspuln von 13 cm Durchmesser, während die anderen Typen lediglich 10-cm-Spuln verwenden konnten. Das Federwerk lief 14 min und konnte während des Laufes erneut aufgezogen werden. Eine volle Spule mit Langspielband bot 23 min Aufnahmekapazität. Die Tonhöenschwankungen waren kleiner als 4 ‰, der Frequenzgang zwischen 60 und 10.000 Hz geradlinig, mit Abweichungen von ±2 dB.²⁹⁶⁵ Hatte MMK 3 tr noch einen Spannungsbedarf von 67,5 V, kam MMK 6 mit 9 V aus. Ein Zählwerk in Form einer Banduhr wurde später serienmäßig mit eingebaut. Statt

im Lederkoffer war das Gerät auch im robusten Metallkoffer erhältlich. MMK 6 war zum Beispiel beim WDR noch Ende der 1960er Jahre im Einsatz bei Filmteams.

Zwei Jahre später, 1960, brachte Maihak das letzte seiner Reportofone auf den Markt, das MMK 7. „Das voll-transistorisierte Gerät ist ein ‚Ein-Mann-Gerät‘: Trotz seines aufnahmetechnisch außergewöhnlichen Komforts ist es bedienungstechnisch so weitestgehend enttechnisiert, daß es am Gerät nur einen einzigen Bedienungshandgriff gibt: ‚Gerät einschalten‘ und ‚Gerät ausschalten‘“, heißt es im Prospekt.²⁹⁶⁶ Die äußeren Abmessungen entsprachen denen des MMK 3. Funktionell und preislich sah Maihak das MMK 7 zwischen MMK 3 und MMK 6. Zusätzliche Kennzeichen des MMK 7 gegenüber MMK 3 laut Prospekt: automatischer Übersteuerungsschutz durch „Kompressionscharakteristik“ des Aufnahmeverstärkers; automatische Bandlöschung vor jeder neuen Tonaufnahme; Hochfrequenzvormagnetisierung der Pilottonaufzeichnung; Abhörmöglichkeit hinter Band während der Tonaufnahme, längere Spieldauer pro Bandspule und Verstärkerspeisung durch in aller Welt erhältliche Taschenlampenbatterien.

Mit der Einführung des vollelektrischen, von Stephan Kudelski in der Schweiz entwickelten Nagra-III-Reportagerätes ab 1963 begann der langsame Rückzug der Präzisionsgeräte aus Hamburg (siehe Seite 471).



Abbildung 515: Das Maihak-„Reportofon“ MMK 3, Braunbuchbezeichnung R 86, ein „ausgesprochenes Einmann-Gerät“ mit dreistufiger Aufnahmeautomatik, Aussteuerung von Hand war nicht vorgesehen. Unterhalb des Handgriffs ist der Zentralschalter für Bandtransport, Aufnahme beziehungsweise Wiedergabe zu sehen.

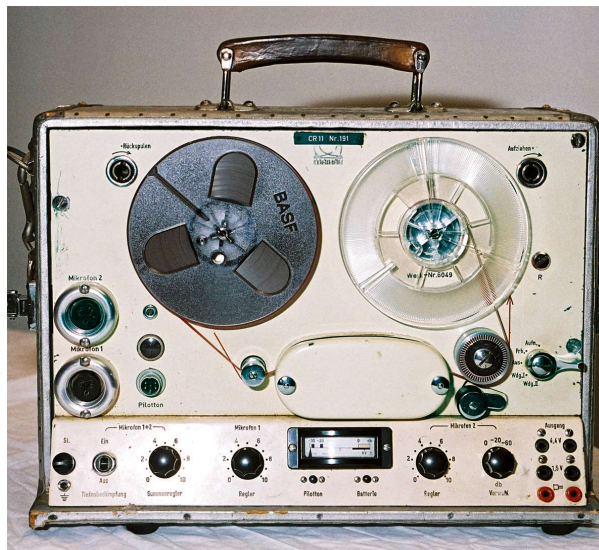


Abbildung 516: Maihak MMK 6, der Höhepunkt der Reportofon-Reihe der Hamburger Firma (siehe Text). Das transistorisierte Gerät, vorgestellt 1958, hatte hervorragende Gleichlauf- und Frequenzgang-Eigenschaften. – Bemerkenswert das kleine Schildchen an der Geräte-Oberkante: „CR 11“ war die Braunbuch-Bezeichnung für Versuchs-Magnetbandgeräte – siehe auch Abbildung 205, Seite 182, eine Versuchsausführung der AEG für die RRG Berlin.

Ein Exot aus Oberfranken

Höhere Qualität und mehr Bedienungskomfort hatte Karl-Erik Gondesens im Blick, als er mit seinen Kollegen Stübbe, Cruel und Brose aus dem NWDR-Tonträgerlabor das Koffer-Magnettongerät R 85 entwickelte, das 1954 im Rundfunkbetrieb eingeführt wurde. Bis dato waren das MMK 1 (R 25a) und MMK 3 (R 86) im Einsatz. Gondesens Konzept:²⁹⁶⁷ Ein Band sollte bei 19,05 cm/s 30 Minuten ohne störenden Neuaufzug durchlaufen können, was nur mit einem Elektromotor möglich war. „Ein schnelles Rückspulen, möglichst mit Motorantrieb, bei gleichzeitiger Abhörmöglichkeit erschien zweckmäßig. Um ein Abhören hinter Band zu ermöglichen, müssen getrennte Köpfe und getrennte Verstärker für Aufnahme und Wiedergabe vorhanden sein. Erwünscht ist außerdem ein eingebauter Löschkopf. Eine Aussteuerungskontrolle und kontinuierliche Verstärkungsregelung soll aus Gründen einwandfreier Aussteuerung möglich sein“, schrieb Gondesens. Er wollte außerdem je einen Eingang für ein dynamisches sowie für das Kleinst-Kondensatormikrofon M 58 sowie den Anschluss an einen Mischverstärker vorsehen. Im Gegensatz zu den bisherigen Reportagegeräten sollte der Ausgangspegel 1,55 V (also +6dB) betragen, damit notfalls Direktüberspielungen über Leitungen möglich wurden. Das Gerät sollte maximal 10 kg schwer sein und damit leichter als das R 25a und möglichst einfach in der Bedienung, „um, falls erforderlich, auch ohne begleitenden Techniker eingesetzt werden zu können.“ Das R 85 war das erste vollelektrische Reportage-Koffergerät. Ein Akkumulator aus fünf Silber-Zink-Zellen mit je 1,5 V bei 10 Ah übernahm die Stromversorgung des Motors, der auch über das Netzanschlussgerät N 85 zu betreiben war. Ebenfalls auf der Rückseite wurden die Heizbatterie für die Röhren (1,5 V) sowie die beiden Anodenbatterien (je 75 V) eingeschoben. Auf der Laufwerkplatte ließen sich die Funktionen „Aufnahme“, „Wiedergabe“ und „Rückspulen“ sowie „Abhören bei Aufnahme hinter Band“ vorwählen. Ausgelöst wurden sie durch den zentralen Laufwerkschalter an der Oberseite des Koffers, wo sich auch das Aussteuerungsinstrument befand. Das R 85 fasste 18-cm-Spulen und lieferte einen linearen Frequenzgang zwischen 60 und 8.000 Hz ± 2 dB.

„Die vorliegende Entwicklung stellt ein Schallaufzeichnungsgerät dar, das sich gegenüber der bisherigen Ausführung R 25a oder einer anderen modernen Type ähnlicher Bauart etwa verhält wie eine hochwertige Kleinbildkamera zu einer Box: Das Gerät leistet erheblich mehr, verlangt aber auch zur Ausschöpfung aller Möglichkeiten eine richtige Bedienung.“ Mit Blick auf Hinterbandkontrolle und stufenlose Aussteuerungsregelung schrieb Gondesen weiter: „Man kann also bessere Ergebnisse erzielen, aber auch mehr falsch machen, weil es mehr Einstellmöglichkeiten gibt. Das Reportage-Gerät R 85 gehört somit in die Hand des Fachmannes. Zur besten Ausnutzung seiner technischen Eigenschaften sollte nach Möglichkeit eine Arbeitsteilung zwischen Reporter- und Aufnahmetätigkeit eingehalten werden, wie sie von jeher bei Aufnahmen mit Übertragungswagen üblich ist.“ Möglicherweise bezieht sich Gondesen mit dieser Forderung auf die Probleme bei der Einführung seines ersten Gerätes, des R 25, das offensichtlich auf breite Ablehnung beim technischen Personal stieß, das damals befürchtete, überflüssig zu werden, wenn die Programm-Mitarbeiter die Aufnahmen selbst machten.



Abbildung 517 (LINKS): Der „Übertragungs-Wagen im Handkoffer“, das Reportagegerät R 85 von Max Ihle, entwickelt 1953 / 1954, besaß zwei mischbare Mikrofoneingänge und konnte mit 350 m Standardband (auf einer 18 cm-Spule) eine halbe Stunde bei 19,05 cm/s aufzeichnen. Für den Antrieb sorgte ein Elektromotor.

Abbildung 518 (RECHTS): Magnetköpfe und Bandantrieb des Reportagegeräts R 85. Die Ausführung R 85a hatte zusätzlich einen Pilottonkopf (in der Version Schürer).

Gondesen verweist zwar auf Einsätze, in denen ein Techniker – etwa aus Platzgründen – nicht dabei sein kann, aber: „In diesem Falle allerdings gilt für den Reporter im ‚Einmannbetrieb‘ das gleiche wie beim Einsatz mit einer hochwertigen Kamera: Er muß das Gerät technisch beherrschen, wenn er brauchbare Aufnahmen erzielen will.“ Dann dürfte die Aufnahmequalität für alle Reportagezwecke ausreichend sein. Er warnt jedoch vor reinen Musikaufnahmen mit dem Gerät, „da es für die damit verbundenen Anforderungen an Gleichlauf und Stabilität des Frequenzganges nicht entwickelt worden ist.“ Das R 85 stieß laut Gondesen während der Internationalen Schallaufzeichnungstagung im April 1954 in Paris auf erhebliche Beachtung und bestand die einjährige Betriebserprobung mit drei Labormustern erfolgreich. Die erste Bauserie stand im Juni vor der Auslieferung.

„Leider war die Akkumulatoren-Technik noch nicht ausgereift genug“, bedauert Udo Stepputat, beim NWDR seit etwa 1953 in der Fernsehtechnik beschäftigt.²⁹⁶⁸ „Das R 85 war das erste elektromotorische Reportagegerät, aber der Silber-Zink-Akku fiel aus, explodierte sogar manchmal. Es wurde zwar in den Betrieb eingeführt, aber es lief nicht und ging wegen vieler Kinderkrankheiten dann unter.“ Helga Norden habe mit dem Gerät ebenso gearbeitet, wie ihr Mann Carsten Diercks. Auf dessen Filmreportagerreisen habe das Gerät jedoch zuverlässig gearbeitet.²⁹⁶⁹ „Es war ein Vorläufer der Nagra“, betont Stepputat, der mit Gondesen befreundet war.

Hersteller war die Firma Apparatebau Max Ihle aus dem oberfränkischen Marktschorgast bei Kulmbach. Ihle und sein langjähriger Partner Bruno Woelke (Seite 347) sind in Fachkreisen bekannt geworden durch die Spitzkeiltonköpfe, die Omega-Umschlingung der Tonwelle statt Andruckrolle und einem speziellen Bobby-Adapter, mit denen sie AEG-Patente umgehen wollten, zum Beispiel beim Ferrophon III C 3, einem Zwei-Motoren-Gerät mit den Geschwindigkeiten 76, 38 und 19 cm/s für 1.000 Meter Band, das er für Loewe Opta lieferte und das 1952 rund 2.500 DM kostete. Ihle produzierte auch einmotorige semiprofessionelle Bandmaschinen unter der Bezeichnung „PhonoRex“. Seine Spitzkeiltonköpfe (statt der AEG-Ringköpfe) wurden auch bei Steenbeck-Filmschneidetischen verwendet.²⁹⁷⁰

Der Trend bei den Reportage-Magnetbandgeräten ging stetig in Richtung Gewichtsverringerung. Eine MMK 6 oder eine Nagra IV.2 (sogar ein Uher Report 4100 V mit seinen 4,4 kg Gewicht) würde von vielen Rundfunkmitarbeitern heute als Zumutung empfunden, auch wegen der komplizierten Bedienung. Nach einem Zwischen-spiel mit professionellen Kassetten-Geräten von Sony oder Marantz werden O-Töne oder Interviews inzwischen auf digitalen Speichern in der Größe von Mobiltelefonen festgehalten.

Peter K. Burkowitz – Weltbürger der Tonaufzeichnung

Er hat mit Wilhelm Furtwängler, Ferenc Fricsay, Herbert von Karajan, Leopold Stokowski und Sergiu Celibidache zusammengearbeitet, mit Yehudi Menuhin wie mit Dietrich Fischer Dieskau, mit Werner Müller, Michael Jary, Hans Carste oder Bully Buhlan, mit Symphonie-, Unterhaltungs- und Tanzorchestern. Er hat Mischpulte entwickelt und gebaut, darunter das legendäre Mischpult, mit dem die Beatles in den Abbey-Road-Studios der EMI ihre Musik aufzeichnen ließen: Peter Kurt Burkowitz, geboren am 13. Juni 1920, gestorben am 29. Juni 2012, war nach Ausbildung in militärischer Nachrichtentechnik, Funkverkehr und Nachrichtenaufklärung Toningenieur, Konstrukteur, Erfinder und Technik-Chef führender Schallplattenkonzerne.

Burkowitz' Eltern machten Hausmusik auf hohem Niveau. Sein Vater interessierte sich für die neue Radiotechnik und baute vieles selbst. Der Sohn tat es ihm gleich und wuchs außerdem automatisch in das Musikhören hinein, was ihm in seinen ersten Berufsjahren beim RIAS seit 1946 enorm half. Der Junge baute als 13jähriger sein erstes Empfangsgerät, später einen Funkeninduktor und einen Tesla-Transformator, der sprühende Funken bis dreißig Zentimeter Länge erzeugte. Er verlegte zum Haus eines Schulfreunds mehrere hundert Meter Telefondraht, um dann einige Tage (und Nächte) lang mit ihm mittels selbst entworfener Telefone „fernzusprechen“.

Später interessierte er sich für die Schallplattentechnik, stillte seine Neugier im Berliner Funkhaus der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft (RRG) an der Masurenallee und bei der Telefunken-Platte, bekam Messplatten, Folien und Bauteile. Als 16jähriger baute er sich eine Schallplatten-Schneideanlage. „Die ersten Folien, die ich geschnitten habe, von Rundfunksendungen und alten Schellacks, das war erste Klasse“, erklärte er beim Interview für das Buch „Lebensbilanz: 80 Jahre Klangaufzeichnung“.²⁹⁷¹ Die dazugehörigen Geräte, darunter den Schneidverstärker, baute er ebenfalls selbst zusammen.

Nach dem Abitur wollte er unverzüglich mit dem Studium von Nachrichtentechnik und Elektroakustik beginnen, was er mit seiner Freiwilligen-Meldung zum Militärdienst beschleunigen wollte. Er übernahm kurz vor Kriegsende eine mobile Funkleitstelle, zu der auch ein Tornister-Tonschreiber b der AEG gehörte, seine erste Begegnung mit der neuartigen Magnetbandtechnik (siehe auch Seite 165).

Nach Kriegsende baute er die ersten Nachkriegs-Aufnahmegeräte für die Deutsche Grammophon-Gesellschaft in Hannover, darunter auch ein provisorisches Mischpult. Er musste mangels Material stark improvisieren. Ein halbes Jahr brauchte er, um ein dreikanaliges Mischpult nach dem Vorbild des V 35 der Reichsrundfunk-Gesellschaft fertigzustellen. Die erforderlichen abgeschirmten Kabel stammten aus verlassenen Flakstellungen.

Aus familiären Gründen wollte Burkowitz jedoch wieder zurück nach Berlin, wo er von dem gerade in Gründung befindlichen RIAS (Rundfunk im amerikanischen Sektor) hörte. Nachdem er erklärt hatte, was er wusste und was er konnte, wurde er eingestellt und arbeitete zunächst einen Monat als Tontechniker, bis er mit der Leiterin der RIAS-Musikabteilung, Professorin Elsa Schiller, zusammentraf. Ab diesem Zeitpunkt setzte ihn der Sender als Toningenieur in der Produktion und Sendung von E- und U-Musik ein, und so machte er die allerersten Probeaufnahmen des jungen Sängers Dietrich Fischer-Diskau.

Falls irgend möglich, verwendete er lediglich ein Mikrofon gemäß seiner Auffassung, dass es Aufgabe der Tontechnik sei, die Klanggestalt des Originals in der Wiedergabe zu dokumentieren. In dieser Zeit reifte bei Burkowitz die eherne Erkenntnis, dass für Aufnahmewecke ein Saal erforderlich ist, dessen Nachhallzeit zu den tiefen Frequenzen hin abfällt: „Damit man wirklich alle notierten Klänge mit wiedererkennbarer Kontur bis ans Ohr des Hörers bringen kann.“ Durch Zufall hatte er mit einem Kollegen entdeckt, dass die Jesus-Christus-Kirche in Berlin-Dahlem genau diese Eigenschaften hat. Daraufhin entwickelte sich dieser Kirchenraum zu einem weltweit bekannten „Aufnahme-Dorado“.

Und Burkowitz kam zu einer weiteren wichtigen Erkenntnis: „In erster Linie klingt eine Aufnahme dann gut, wenn die Musiker anständig spielen. Im selben Saal, an der selben Stelle, können zwei Orchester sitzen, die spielen dasselbe Stück, und die Aufnahmen klingen wie Tag und Nacht unterschiedlich.“ In der Fachliteratur werde bis heute nicht genügend bewertet, dass für den Klang in einem Saal entscheidend sei, wer darin spiele. „Manchmal wird ein schlecht klingender Saal sogar unzureichender Tonmeister-Arbeit angelastet“, stellte Burkowitz fest.

Er gehörte zu den jungen Leuten beim RIAS, die viel experimentierten. Im Einsatz waren 1946 vermutlich teils RRG-Magnetophone R 22a, teils das problematische Modell K 7. Die Technik war praktisch erst drei, vier Jahre alt, die Möglichkeit, das Band zu schneiden und montieren, dafür neu: Mit dem Magnetophon hatte als Ablösung der Wachsplatten-Schneidtechnik eine ganz neue Ära begonnen, weil man auf einmal Dinge tun konnte, die vorher unmöglich waren: „Das hat natürlich die Jüngeren unter uns kräftig gereizt, alle Register zu ziehen, alles Denkbare und Mögliche auszuprobieren.“

1953 wechselte Burkowitz zur Carl-Lindström-Gesellschaft/Electrola nach Köln als Leiter des Aufnahmebereichs. Er hatte schon beim RIAS Kontakte zu dem Unternehmen bekommen, als der Sender für die Plattenfirma Dienstleistungen erbrachte (Lindström und Electrola waren seit 1931 Schwestergesellschaften, als die Mutterfirmen zur EMI (Electrical and Music Industries) fusioniert hatten). Beim RIAS gab es für den jungen Mann keine Aufstiegschance mehr, und sein Gehalt in Köln war schon am Anfang gut um die Hälfte höher.

In Köln traf Burkowitz auf Überbleibsel einer mehr als 20 Jahre alten Technik-Ausstattung, entsprechend der beim Mutterkonzern in London herrschenden britischen Haltung, solange etwas funktioniert, sei Neuanschaffung unnötig. Für den Neuanfang in Köln bekam er zwar seinen Etat, doch vieles musste vor Ort selbst entwi-

ckelt werden. Es gab damals keinen Markt für komplette einsatzfertige Anlagen, lediglich Hersteller von Komponenten. Jede Firma baute ihre Anlagen selbst. *„Die einzige Lösung war: selbst machen. Also haben wir uns in Köln an die Arbeit gemacht, ich habe angefangen zu zeichnen und zu rechnen und habe Mischpulte und Zusatzgeräte berechnet und entworfen, Tag und Nacht, bis ich alles für eine komplette neue Studioausrüstung fertig hatte“*, erinnerte sich Burkowitz.

Er nahm 1956 auch eine der ersten von Telefunken gelieferten Vier-Spur-Bandmaschinen für 1-Zoll-Band vom Typ T 9 in Betrieb, bald gab es auch von Studer Mehrspuranlagen. Burkowitz konstruierte diverse neuartige Mischpulttypen, die von zwei Personen transportiert und aufgebaut werden konnten. In England kamen sie bei den Technikern bestens an: die Kölner Entwicklungen galten für mindestens zehn Jahre als zukunftssicher, die bis dato in England benutzte Technik hatte dagegen schon 20 Jahre auf dem Buckel.

Burkowitz' REDD-17-Stereo- und REDD-37-4-Kanal-Pulte arbeiteten auch in den Abbey-Road-Studios. Sie gelten als legendär, zumal die Beatles mit ihnen aufgenommen wurden; noch 2012 waren sie in Betrieb, 50 Jahre nach ihrem Bau in Köln. In seine Zeit bei Electrola fiel auch die Entwicklung Grundlagenpatents DE 1 113 474, *„Begrenzüverstärker bzw. Dynamikkompressor mit gesteuerter Ausregelzeit“* (autoadaptiver Kompressor).

1967 schließlich wechselte Burkowitz, der 1960 Vorstandsmitglied bei Electrola geworden war, zur Polygram (Deutsche Grammophon/Philips Phonographische Industrie) nach Hannover. Er hatte das Angebot erhalten, die Gesamtleitung aller für die Studio- und Aufnahmetechnik relevanten Belange zu übernehmen.

Der Vorstand der in internationaler Neu-Formierung befindlichen Polygram-Gruppe (zunächst Deutsche Grammophon-Gesellschaft und Philips Phonographische Industrie, später noch Decca) bot ihm an, die neu geplante Funktion einer Gruppenleitung Studios und Aufnahmetechnik unter Einschluss aller Tochtergesellschaften weltweit zu übernehmen. Damit wurde er zuständig für alles, was in den jeweiligen Studios mit Elektroakustik und Systemtechnik zu tun hatte.

Seit den 1970er Jahren hatte Burkowitz aufmerksam die Entwicklung im Bereich digitaler Aufnahmetechnik verfolgt: *„Ich habe darauf gewartet, dass der Zeitpunkt kommt, um das nutzen zu können.“* Es kostete ihn eine Menge Überzeugungsarbeit, die Polygram-Geschäftsführung von der Notwendigkeit zu überzeugen, ab Mitte der 1970er Jahre auf Digitaltechnik umzustellen, schließlich lief mit der etablierten analogen Technik ja alles auch geschäftlich hervorragend. Millionenbeträge würden erforderlich werden, um die Studios in den rund 30 Landesgesellschaften umzurüsten.

Er überzeugte die Konzernleitung mit drei schlagenden Argumenten: höhere geschäftliche Flexibilität, Kostenersparnis, vor allem aber verlustfreies Kopieren, und das alles mit Blick auf die kommenden digitalen Tonträger für Endverbraucher. Im Ergebnis führte dies zum Aufbau der ersten CD-Fertigungsanlage in Hannover.

Burkowitz verglich das Aufkommen der Digitaltechnik mit einer Schockwelle, wie sie die Branche ähnlich bereits Ende der 1920er Jahre erfasst hatte, als elektrische Aufnahmetechnik und großräumige Saalakustik die alt-bekannte akustische „Trichter-Technik“ überrollten. Jetzt stieß „Digitales“ verbreitet auf Skepsis und Widerstand, beunruhigte Menschen, die mit analoger Technik aufgewachsen waren und jetzt etwas völlig Neues lernen sollten.

Weltbürger der Tonaufzeichnung war Burkowitz auch insofern, als der 1970 den europäischen Zweig der Audio Engineering Society gründete (die einflussreiche AES war 1949 in New York entstanden). Er richtete wiederholt AES-Kongresse als Chairman aus, 1980 amtierte er als Präsident der Gesellschaft.

Burkowitz, der Mitte der 1980er Jahre in den Ruhestand ging, blieb bis kurz vor seinem Tode technisch immer am Ball. Er hatte sich ein USB-Mikrofon gekauft, mit dem er in Berlin Musikaufnahmen machte, er beschäftigte sich weiterhin mit Klanggestaltung, Hörgewohnheiten, Raumakustik, mit der Entwicklung der Aufnahmepraxis und anderen Themen. Nicht zuletzt schuf er mit seinem Buch *„Die Welt des Klangs - Musik auf dem Weg vom Künstler zum Hörer“* 2011 ein Standardwerk, das auch interessierte Laien anspricht.

Er war mehr als 80 Jahre lang Erkunder, Träger, Vermittler und Bewahrer einer Synthese aus künstlerischer Leistung, umfassendem technischen Wissen und reichhaltiger Erfahrung. Er war in der Lage, komplexe technische und physikalische Sachverhalte seinem weniger wissenden Gegenüber aus einer Position gleicher Augenhöhe zu vermitteln. Dabei ließ er auf unnachahmliche Art häufig feinsinnigen Humor und Ironie mit einfließen.

Bei allen technischen Entwicklungen und Neuerungen stand für ihn *der gute Klang* immer im Vordergrund: Entscheidend ist nach wie vor, was vor dem Mikrofon passiert. Für die Stellprobe vor der Aufnahme und die Suche nach dem möglichen Minimum an Mikrofonen gibt es Burkowitz zufolge keinen Ersatz. Die Entwicklung von Polymikrophonie, Tonspur-Vermehrung, künstlichem Nachhall und Kompression haben aus seiner Sicht dazu geführt, dass das Bewusstsein dafür schwindet, was Aufnehmen eigentlich bedeutet. *„Wer im Aufnahmegeschäft glaubt, angesichts heute verfügbarer Nachbearbeitungstechnik nur noch Rohmaterial aufnehmen zu brauchen, irrt sich ebenso gewaltig wie einige seiner fachlichen Vorfahren, die schon zu Anfang der Vielspur-Epoche den ironischen Spruch prägten We'll fix it on the mix (auf gut Deutsch: „Das machen wir in der Nachbearbeitung“)“*, schreibt Burkowitz in seiner *„Welt des Klangs“*.

Und in einem Interview mit der Zeitschrift Music&PC (2/2010) erklärte er: *„Auch mit noch so viel Technik lebt die allgemeine Klangerwartung aber von dem, was vor dem Mikrofon geschieht. Geschieht dort nicht das Entscheidende, sollte man die Aufnahme besser unterlassen!“*

Professionelle Magnetbänder der 1950er Jahre

Das klägliche Auslaufen des BASF-Magnetophonbandes L-extra (um 1954) fiel ungefähr mit der Einführung des Magnetophonbandes Typ LGS (Standardband) im Jahr 1953 zusammen. Obwohl LGS auch in der typischen Konfektionierungsform für den Studiobetrieb angeboten wurde (700 m auf Metallkern 100 mm, also dem gängigen AEG-Kern²⁹⁷²), gelang es nicht, mit diesem Typ die noch drei Jahre vorher so starke Stellung der BASF-„Normalbänder“ bei den deutschen Rundfunkanstalten wiederzugewinnen. Agfa hatte sich angesichts ihrer begrenzten Magnetband-Produktionskapazität auf die Produktion von Magnetophonband F (für die Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s) und Magnetfilm MF 2 konzentriert und damit in Deutschland faktisch eine Monopolstellung bei professionellen Abnehmern gewonnen.

Eine Zahl verdeutlicht, welche Bedeutung das Magnetband bereits 1952 gewonnen hatte: die europäischen Rundfunkanstalten verbrauchten zusammen etwa 20.000 km monatlich, vorwiegend bei der Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s.²⁹⁷³ Im europäischen Ausland, etwa der Schweiz, waren bereits seit 1951 hochkoerzitive amerikanische Magnetbänder wie 3M Scotch Typ 111 in Gebrauch, die auch bei 38,1 cm/s gut klingende Aufnahmen erlaubten. Welchen Stellenwert seinerzeit der Bandaustausch zwischen europäischen Rundfunkanstalten quantitativ einnahm, wäre noch zu untersuchen; dass er von einer einheitlichen Bandgeschwindigkeit 15 Zoll pro Sekunde gleich 38,1 cm/s nur profitieren konnte, ist evident. Das Gleiche gilt für die Sendekopien, die Musikproduzenten an Rundfunkanstalten verkaufen wollten. Seit Anfang der 1950er Jahre waren professionelle Magnetbandgeräte verfügbar, die bei 38,1 cm/s in Sachen Bandtransport (Gleichlauf, Sollgeschwindigkeits-Einhaltung, Bandzüge und so weiter) ihren 76,2 cm/s-Vorgängern nicht mehr nachstanden; Beispiele dafür sind Willi Studers Magnetbandgerät A27 von 1951²⁹⁷⁴ sowie das AEG-Magnetophon T 9u, das sowohl für 76,2 cm/s wie für 38,1 cm/s geeignet war. Spätestens 1953 bestand Einigkeit darüber, dass sich für professionelle Aufnahmen die Geschwindigkeit 38,1 cm/s durchsetzen würde, und das war nur mit den neuen, weiter aussteuerbaren und höherkoerzitiven Magnetbandtypen (ca. 24 kA/m, 300 Oe) nach dem Muster von Scotch 111 möglich.²⁹⁷⁵

Die neuen Studio-Tonbandgeräte arbeiteten unter anderem auch mit höheren Umspulgeschwindigkeiten als ihre Vorgänger; der „halbierte Wellenlängenbereich“ der Aufzeichnungen verlangte neben besseren elektrisch-magnetischen auch verfeinerte mechanische Bänderigenschaften. Aus dem Wickel herausstehende Bandlagen oder raue Wickeloberflächen waren daher nicht mehr zu tolerieren, jedenfalls nicht bei freitragenden Wickeln auf AEG-Kern, dem Standard deutscher und einiger europäischer Rundfunkanstalten. Der Betriebssicherheit halber arbeiteten Scotch Typ 111-Benutzer überwiegend mit Doppelflansch-Spulen, weil seine glatte Bandrückseite nicht zuverlässig die erwünschte glatten Wickel lieferte.

Um ihre Qualitätsvorstellungen durchzusetzen, war die Mehrzahl der ARD-Hörfunksender 1954 übereingekommen, ihre Magnetbandbedarfe, zumindest anfangs, Stück für Stück vom Rundfunktechnischen Institut Nürnberg prüfen zu lassen.²⁹⁷⁶ Damit war sichergestellt, dass die in den „Grundsätzliche[n] Anforderungen an Magnettonanlagen und Richtlinien zu deren Einstellung“²⁹⁷⁷ definierten und mittels eindeutiger Spezifikationen, den „Pflichtenheften“²⁹⁷⁸ mit den Herstellern vereinbarten Sollwerte auch eingehalten wurden. Frequenzgänge und Dynamikwerte der neuen 38-cm/s-Bänder sollten nicht schlechter sein als die der älteren „Normalbänder“. Besonders Wert legten die Rundfunkanstalten darauf, dass die Kopierdämpfung wenigstens 54 dB (später 56 dB) betrug, das heißt, kein nennenswerter Kopiereffekt auftrat. Die mitunter engen Toleranzen übten einen gesunden Druck aus, die Produkte mit großer Gleichmäßigkeit zu fahren (für Magnetbänder zum allgemeinen Gebrauch, wie LGS 52, galten nämlich erweiterte Toleranzen, gleichbedeutend mit geringeren Herstellkosten).

Da in den Archiven zunächst noch die 77 cm/s- beziehungsweise 76,2 cm/s Bestände überwogen, die mit weißen Vorspannbändern ausgestattet waren, bekamen 38,1 cm/s-Aufnahmen rote Vorspannbänder, um das Abspielen mit falscher Bandgeschwindigkeit zu verhindern. Daher sollten im Interesse der Betriebssicherheit auch die „38er Bänder“ selbst eine rotgefärbte Rückseite bekommen, auf AEG-Kerne mit einem breiten rotem Kennfeld gewickelt sein und in Kartons geliefert werden, deren Kanten mit rotem Textil-Klebeband eingefasst sein sollten. So wurde „rot“ in der Praxis zum optischen Begriff für die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s, später auch die Kennfarbe „blau“ für 19,05 cm/s. Schließlich wurde eine Forderung erfüllt, die schon die RRG erhoben hatte: auf der Bandrückseite sollten fortlaufend der Herstellername sowie eine Zahlenkombination gedruckt sein, die Auskunft über die Fabrikations-Charge und die Bandnummer (Position des Einzelbandes innerhalb der Blockbreite) ergab, so dass die Fehlersuche bei Reklamationen gezielt ansetzen konnte.²⁹⁷⁹

BASF: Rundfunkband LGR (1956)

Die BASF-Magnetophonbandfabrik (eine eigene Entwicklungsabteilung gab es noch nicht) stand also vor der Aufgabe, ein neues Rundfunkband zu entwickeln, das den rigiden Ansprüchen der deutschen Rundfunkanstalten auch bei der „halbierten“ Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s entsprechen musste. Einem solchen Typ stünde allerdings der gesamte europäische Markt offen. Sein Name, Magnetophonband LGR, ergab sich fast von selbst: LGR stand traditionell für „Luvitherm, Guss“, „R“ für Rundfunk. Erste LGR-Muster aus einer Produktion von nicht mehr als 5.000 Stück²⁹⁸⁰ wurden zwar bereits zur Hannover-Messe 1954 abgegeben²⁹⁸¹ (vielleicht nur, um Agfas Magnetophonband FR Paroli zu bieten), doch im Januar 1955 war LGR immer noch „in Vorbereitung“,²⁹⁸² im März scheint das RTI einer Bemusterung der Rundfunkanstalten²⁹⁸³ nur wegen erkannter Schwächen des Agfa-Bandes

FR zugestimmt zu haben.²⁹⁸⁴ Selbst zum Jahresende 1955 war LGR erst „in Einführung“,²⁹⁸⁵ doch konnte es nicht vor dem letzten Quartal 1956 uneingeschränkt in Produktion gehen, da es noch zwei Hürden zu nehmen hatte.

Rückseitenmattierung

Im November 1955 meldeten Rudolf Robl und Erich Merkel unter dem traditionell unauffälligen Titel „*Bandförmiger Magnetogrammtträger*“ das Patent DE 1 101 000 als die vielleicht letzte grundlegende Verbesserung des Magnetbandes an.²⁹⁸⁶ Sie bestand darin, „*daß auf der von den Magnetköpfen abgewandten Rückseite des Bandes eine Schicht aufgebracht ist, deren Oberfläche rauher ist als die der an den Magnetköpfen anliegenden Vorderseite*“. Ohne die später geprägten Begriffe Rückseitenmattierung, Rückseitenbeschichtung oder Rückguss zu benutzen, führen Robl und Merkel als ersten Vorteil auf, „*daß die Glätte der Trägerfolie auf der Seite, auf welcher die magnetisierbare Schicht aufgebracht wird, erhalten bleibt*.“ Verglichen mit Agfas Celluloseacetat-Folien mit absichtlich rau gegossener Rückseite ist dies ein eleganterer Weg, um gute Wickeleigenschaften zu sichern, denn die Rauigkeit des Rückgusses kann durch „*Veränderung der Intensität und Dauer des Vermischens von Bindemittel und Pigment [Eisenoxyd-gelb, Chromgelb] ... beeinflußt werden. Durch Auswahl eines Farbpigments oder durch Zusatz eines Farbstoffes ... kann man dem Magnettonband gleichzeitig eine gewünschte Färbung geben*.“ Der Wiedergabepegel hoher Frequenzen sei bei rückseitenmattierten Bändern gleichmäßiger, und außerdem war festzustellen, „*daß derartige Bänder auch unter extremen Bedingungen keine elektrostatische Aufladbarkeit mehr zeigen. Bei diesen Bändern treten daher in Gegen-den und Jahreszeiten mit sehr geringem Luftfeuchtigkeitsgehalt keine störenden Entladungserscheinungen auf, die sich in einem Knistern und Knacken während der Tonwiedergabe äußern*.“²⁹⁸⁷ Die potenteste Abhilfe gegen Bandlauf- und Wickelprobleme war damit gefunden; sie machte nicht nur die Luvitherm-Bänder zukunftsicher, sondern wurde noch knapp 50 Jahre später bei professionellen Audio- und Videobändern angewandt, etwa für hoch beanspruchte VHS-Dupliziererbandtypen. Zudem erlaubte beziehungsweise erleichterte die Rückseitenmattierung, wie von den Rundfunkanstalten gewünscht, den Aufdruck von Herstellernamen und Chargennummern.



Abbildung 519: Das „Recken“ gibt der Luvitherm-Folie Schmiegsamkeit und Festigkeit. Dazu wird die Folie von einer (im Bild nicht sichtbaren) schneller laufenden Walze über die feststehende Riffelwalze gezogen (Bildmitte). Das Recken lässt die Folie schmäler und länger werden.



Abbildung 520: Höchste Präzisionsarbeit bedeutet das Schneiden der Magnetbänder auf die vorgegebene Breite, hier auf ¼ Zoll = 6,3 mm (September 1957).

Über die zweite Hürde auf dem Weg zum Rundfunkband LGR ist naheliegenderweise kaum publiziert worden. Das LGS-Magnetpigment fiel nämlich nicht gleichmäßig genug an, so dass die Forderungen des ARD-Pflichtenhefts Magnetbänder an ein Rundfunkband nicht zu erreichen waren.²⁹⁸⁸ Unter dem Druck der europaweit vordringenden Scotch 111-Mengen²⁹⁸⁹ suchte BASF auch extern nach einem geeigneten Magnetpigment und fand es im Sommer 1956 unter der Bezeichnung *gamma-21* (auch γ -21) bei der französischen Chemiefirma Couleurs de Provence aus La Barasse, Saint-Marcel, Bouches-du-Rhône.²⁹⁹⁰ Dieses Pigment, bis in die späten 1970er Jahre zugekauft,²⁹⁹¹ empfahl sich auch wegen seiner hervorragenden Kopierdämpfung von 56 – 58 dB.²⁹⁹²

Mit dem braunrot rückseitenmattierten Magnetophonband Typ LGR hatte BASF seit dem Späthjahr 1956 wieder ein uneingeschränkt wettbewerbsfähiges Magnetband für Rundfunk, Schallplattenfirmen und Tonstudios im Programm und konnte damit in einem – nicht zuletzt prestigeträchtigen – Sektor vergleichbare Erfolge verbuchen, wie sie die LGS-Typen auf dem Heimtonmarkt zu verzeichnen hatten. Interne Untersuchungen der Agfa²⁹⁹³ wie des Südwestfunks bestätigten die beachtliche Qualität des neuen Bandes,²⁹⁹⁴ ebenso auch weitgehende Übereinstimmung mit Agfa FR und dem dank der Rückseitenmattierung übertroffenen Vorbild 3M Scotch 111. Im ersten „vollen“ Jahr, 1957, war die 24.500 km-Produktion von Magnetophonband Typ LGR am Magnetophonband-Umsatz zwar nur mit 4,5 % beteiligt, brachte es aber auf den beachtlichen Exportanteil von 38 %.²⁹⁹⁵ Bemerkenswert ist, dass sich amerikanische Magnetbandhersteller mit der Rückseitenmattierung lange Zeit nicht anfreunden konnten. Sie hat nämlich prinzipiell auch einen Nachteil: ihre Struktur kann sich in die Schichtoberfläche der anliegenden Windung einprägen, wenn das Band entsprechend „hart“ gewickelt wird – stärkeres

Modulationsrauschen wäre die Folge. Die richtige Abstimmung zwischen Rauigkeit der Rückseitenmattierung und Wickelglätte einerseits, Härte der Magnetschicht und elektroakustischen Daten andererseits erforderte also immer diffizile Abwägungen. Das tendenziell niedrigere (bessere) Modulationsrauschen erkaufte man in den USA mit schlechteren Wickeleigenschaften. Allerdings war dort Studiopraxis, Magnetbänder erstens nahezu ausschließlich auf Spulen zu betreiben und sie, zweitens, so zu archivieren, wie sie nach dem Abspielen auf dem rechten Wickelteller lagen, „tails out“, also das Band-Ende außen auf dem Wickel. Standard in Europa war dagegen „heads out“, Bandanfang außen auf dem Wickel. Im Sendebetrieb brachte diese Praxis bei Zeitdruck natürlich einen beachtlichen Gewinn.²⁹⁹⁶

Rundfunkband BASF LGR 30

Der nächste Entwicklungsschub kam Mitte der 1960er Jahre, als die ARD ihre Hörfunkprogramme auf Stereo-Betrieb umstellte. Da stereofon aufgenommene Bänder auch in den zunächst weit häufigeren Mono-Sendungen abgespielt werden mussten, ergab sich ein spezielles Kompatibilitätsproblem, denn ein im Mono-Betrieb (oder auf einer Vollspur-Maschine) abgespieltes Stereo-Magnetband sollte den gleichen Ausgangspegel liefern wie ein Vollspurband. Das war zunächst nicht gegeben, denn schon die 0,75 mm breite Trennspur der Stereo-Bänder bedingt einen Pegelverlust von 1,1 dB. Da die beiden Stereo-Spuren aber, genau betrachtet, unterschiedliche Aufzeichnungen tragen, ist der „addierte“ Wiedergabepegel im statistischen Mittel um weitere 3 dB kleiner, als wenn zwei exakt gleiche Aufzeichnungen zusammen abgespielt würden. Dieser 4,1 dB niedrigere Wiedergabepegel war am einfachsten zu kompensieren, wenn Stereo-Bänder um eben diese 4,1 dB höher ausgesteuert wurden²⁹⁹⁷ – dabei durften allerdings die Verzerrungen nicht zunehmen. Einziger Ausweg: die Aussteuerbarkeit der Rundfunkbänder musste mit verbesserten Pigmenten angehoben werden. Der entsprechende BASF-Typ, gefertigt seit etwa Mitte 1967, hieß LGR 30 (zur Unterscheidung von LGR). 1968 entwickelte BASF als konkurrenzfähige Alternative zum PVC-Typ das LGR 30 P auf Polyester-Folie,²⁹⁹⁸ das ab 1972 ausschließlich in Fertigung blieb.

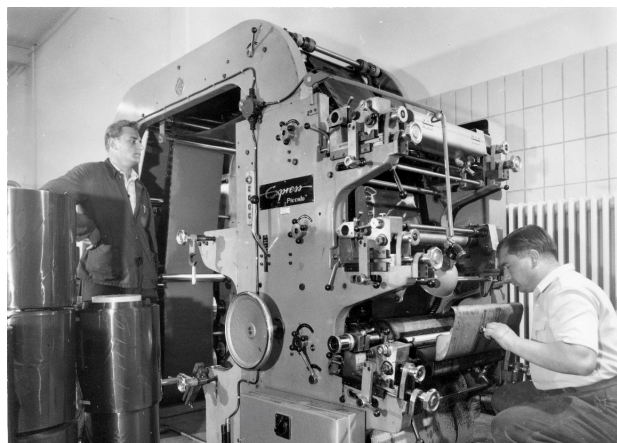


Abbildung 521: Die Druckmaschine zur Rückseitenbedruckung von Studio- und Rundfunkbändern (1959).

Die begossenen Magnetbandblöcke (RECHTS, unten) laufen durch eine Druckmaschine mit auswechselbarem Klischee, mit dem auf jeden Block die individuelle Chargennummer gedruckt wird. Anhand einer zusätzlichen Nummerierung über die Blockbreite kann die Lage jedes Einzelbandes erkannt werden.



Polyester verdrängt Luvitherm [BASF LGR 30 P und LR 56 P]

1968 traten bei LGR 30 Probleme wie schlechter Frequenzgang, unzulässige Querkrümmung (Regenrinnen-Effekt), zu steife und staubende Bänder auf. Die Indizien wiesen auf die Luvitherm-Folie als (Mit-)Verursacher. Nach den Erfahrungen der Magnetbandproduktion in Willstätt sollten derartige Fehler mit PE-Folie nicht auftreten. So gering die Feuchtigkeitsempfindlichkeit des PVC auch gewesen sein mag, bei 1- und 2-Zoll-Bändern führte sie gelegentlich zu „unüberwindlichen Schwierigkeiten“.²⁹⁹⁹ Ebenso hatte ein früher gern herausgestellter Vorzug der PVC-Folie, ihre bessere Schmiegsamkeit,³⁰⁰⁰ an Bedeutung eingebüßt, nachdem kalender-geglättete Magnetschichten den satten Kontakt zwischen Magnetkopf und Band sicherstellten. Der Beschluss, in Willstätt (statt in Ludwigshafen PVC auf den 42 cm-Gießmaschinen) Versuche mit PE-Folie gleich mit der Breite 65 cm zu fahren, markierte den Anfang vom Ende der PVC-Folie auch bei professionellen Bändern: LGR 30 und LR 56 wurden seit 1969 nach und nach auf PE-Träger umgestellt. Sie hießen dann aber nicht etwa PGR 30 oder PR 56, nachdem „L“ ursprünglich ja für Luvitherm stand, sondern, wohl um die eingeführten Namen halbwegs beibehalten zu können (... und keine akustische Verwechslung mit den Agfa-PER-Typen zu provozieren ...), LGR 30 P, noch 1983 im Fertigungsprogramm³⁰⁰¹ und LR 56 P, das die Lieferprogramme zuletzt 1974 nennen.³⁰⁰²

Mit dem Übergang von 1-Zoll-Band (25,4 mm) auf die Abmessung 2 Zoll (50,8 mm) stiegen naturgemäß auch die Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften der Bänder, und so zeigten sich Mitte 1971 endgültig die Grenzen der Luvitherm-Folie im Studio-Bereich, wie schon 1961 am „anderen Ende“ des Produktbereichs, als das Dreifachspiel- und Cassetten-Band TP 18 nur mit PE-Folie zu verwirklichen war. Die PE-Folie war zwar teurer als PVC, wies aber eine bessere Planlage auf und war reißfester, was dem Hersteller die Beschichtung bedeutend erleichterte. Kurz gesagt, vereinigte die temperatur- und feuchtigkeitsunempfindliche PE-Folie die Vorteile und vermied die Nachteile der traditionellen Celluloseacetat- und PVC-Folien, was ihr günstige Archivierungseigenschaften gab und damit für professionelle Produkte empfahl.³⁰⁰³

Die letzten PVC-Bänder liefen 1972 mit der Schließung der Luvitherm-Fabrik aus. Der alles in allem verdienten Folie, die sich immerhin 30 Jahre halten können, wird bei BASF jetzt niemand mehr eine Träne nachgeweiht haben (Heinrich Jacqué war 1967 gestorben). Dass die 1957 hochmoderne Luvitherm-Fabrik schon nach fünfzehn Betriebsjahren abgeschrieben werden musste, mag zwar wirtschaftlich ärgerlich gewesen sein, war aber technisch unvermeidbar: PE hatte sich weltweit durchgesetzt, und kein Tonstudio wollte das Risiko eingehen, ein Produkt einzusetzen, das nicht auf der modernsten und zuverlässigsten Folie gefertigt war.

Langspielbänder für den Rundfunk: BASF PES 40 und LGR 40

Als es sich 1958 nicht mehr umgehen ließ, ein Doppelspielband PES 26 auf Polyesterträger anzubieten, erschien auch ein PES 40 genannter Langspielband-Typ mit gelber Rückseitenmattierung,³⁰⁰⁴ der einerseits als Signiertonband für die Schmalfilm- und Dia-Vertonung, andererseits als Langspielband für Rundfunk-Reportageräte sowie zur Tonaufnahme bei Fernseh-Filmaufnahmen mit Pilottonaufzeichnung gedacht war. Zum „Signieren“ wegen seiner beschriftbaren Rückseitenmattierung geeignet, setzten Dia- und Filmfreunde das stabile Band für bestimmte Vertonungsverfahren ein, die sichtbare Markierungen auf der Bandrückseite voraussetzten. Noch 1962 wurden die Rundfunk-Bezugsbandleerteile für die Bandgeschwindigkeit 19,05 cm/s auf dem Magnetophonband LGS 52 Charge 22138 gefertigt, was wohl heißt, dass Rundfunk-Reportagegeräte bis dahin mit Standardband betrieben worden waren. Seit November 1965 erscheint als Bezugsband-Leerteil das BASF-Langspielband PES 40, Charge A 341 D.³⁰⁰⁵

Zeitgleich mit der Einführung des LGR 50 im Jahr 1981 (Nachfolger des LGR 30 P) erschien das Langspielband LGR 40. Aus dem kurzlebigen Rundfunkband LGR 51 von 1986 abgeleitet ist das LGR 41, das mit der Rück-Umstellung auf LGR 50 wieder zurückgezogen wurde, da es mit LGR 51-Rezeptur produziert worden war. Seit 1987 amtiert als IEC-Referenzleerband für professionelle Anwendung bei der Bandgeschwindigkeit 19,05 cm/s die LGR 40-Charge A 342 D, die mangels Bedarfs keinen Nachfolger bekommen hat.

Rundfunkband BASF LGR 50, LGR 51 – und LGR 50

Wegen des sachlichen Zusammenhangs seien hier im Vorgriff auf die unten beschriebenen Low-Noise-Studio-bänder die BASF-Rundfunkbänder LGR 50 und LGR 51 besprochen.

Die europäischen Rundfunkanstalten, namentlich die ARD, wollten verständlicherweise von den Vorteilen der „kopierfesten“ Low-Noise-Studio-bänder profitieren. Sie konnten oder wollten sich freilich nicht mit der schwarzen Rückseitenmattierung dieser Typen anfreunden, weil darauf Stempel- oder Bleistiftmarkierungen, unverzichtbar zum genauen Schnitt, nicht zu erkennen waren. Versuche mit „heller“ Stempelfarbe und einer Applikation des damals zur Tippfehler-Korrektur beliebten Tippex-Bandes blieben erfolglos. Schließlich lag die Rezeptur für eine fast weiße Rückseitenmattierung vor, die die Rundfunkanstalten akzeptieren konnten. Das neue Rundfunkband, streng traditionell LGR 50 genannt (obwohl L als Kennung für Luvitherm ja längst obsolet war), ging 1981 in Vertrieb und verdrängte das LGR 30 P bis zum Jahr 1983. Eine kuriose Konsequenz: weil auf der LGR 50-Rückseite die weißen Klebebandstreifen so gut wie unsichtbar blieben, waren die Klebebänder jetzt auf blauer Trägerfolie zu fertigen.

Die Überschrift dieses Abschnitts – LGR 50, LGR 51 – und LGR 50 – ist korrekt. Als 1985 der optimierte Bandtyp Studio Master 911 herauskam, lag es nahe, hier gewonnene Kenntnisse auch dem Rundfunkband zukommen zu lassen, was 1986 zum Typ LGR 51 führte. Dieses Band kam auf eine Aussteuerbarkeit von +12,5 dB (rel. zu 320 nWb/m) und zeigte bei Aussteuerung auf Bezugspegel 320 nWb/m so minimale Verzerrungen, dass die gängigen Messinstrumente keine verwertbare Anzeige lieferten, lag doch der maßgebliche Klirrfaktorwert im Promillebereich, weit unterhalb jeder gehörsmäßigen Wahrnehmbarkeit.³⁰⁰⁶ Dementsprechend hochgespannt waren die Erwartungen, wie sich LGR 51 in der Praxis bewähren würde. Es scheiterte innerhalb kürzester Frist daran, dass den Entwicklern entgangen war, wie „brutal“ Rundfunkbänder zuweilen unter Zeitdruck behandelt werden. Sauste ein Bandende beim Rückspulen derart schnell aus der Maschine, dass es irgendwo hart anschlug, platzten Schichtteile ab. Solchen Umgang mit einem hochwertigen Präzisionserzeugnis wie Magnetband abzustellen, galt als aussichtslos; die unliebsame Konsequenz war, die abgelegte LGR 50-Rezeptur nochmals aufzufrischen.³⁰⁰⁷ Das 1987 „reaktivierte“ LGR 50 (nach 1991: Audio Broadcast LGR 50) hat immerhin das Ende der BASF Magnetics GmbH um einige Jahre überlebt.

Letzter Neubau: Magnetbandfabrik Willstätt ³⁰⁰⁸

Angesichts der Magnetband-Hochkonjunktur der Jahre zwischen 1955 und 1965 war es kein Wunder, dass die Ludwigshafener Magnetophonbandfabrik, ungeachtet neuer Maschinen und beschleunigten Produktions tempos, schon 1962 (gut sechs Jahre nach ihrer Inbetriebnahme 1956) endgültig „aus allen Nähten“ platzte und immer öfter merkliche Lieferschwierigkeiten zu verantworten hatte.³⁰⁰⁹ 1962 / 1963 gab es erste Überlegungen, eine neue Magnetophonbandfabrik zu bauen, und zwar in einer Größenordnung, für die auf dem Werksgelände Ludwigshafen kein Platz mehr zu finden war.

Wie schon öfter in der Magnetbandgeschichte, machte ein Außenseiter das Rennen, die kaum bekannte Gemeinde Willstätt im damaligen Landkreis Kehl, auf halbem Weg zwischen Offenburg und Strasbourg. Ausschlaggebend war das Argument „Wasserversorgung“: die Kinzig, Südgrenze des späteren Werksgeländes, bot alle „wassertechnischen Voraussetzungen“ für die Ansiedlung von Europas größtem Magnetbandproduzenten.³⁰¹⁰ Für

Willstätt sprachen weiter die gute Anbindung an das deutsche Autobahnnetz, saubere Luft und ein beachtliches Arbeitskräftepotential, das die Ludwigshafener Personalabteilung als „*günstiger als in allen Bezirken, die ... mit dieser Frage besucht wurden*“ beurteilte: die Bevölkerung sei „*sehr arbeitssam, solide und unverdorben*“ (so noch 1964 formuliert).



Abbildung 522: Die erste in Willstätt aufgebaute Magnetband-Gießmaschine, August 1966; Folieneinlauf und Begußstation.



Abbildung 523: Die gleiche Maschine; Aufwickelstation für das beschichtete Magnetband.

Willstätt war eigentlich ein Zufallsfund zweier informierter BASF-Mitarbeiter, die dort im November 1963 einen privaten Besuch machten. Als sie sich wegen weiterer Auskünfte an den Ortsbürgermeister Fritz Fuhri wandten, hielt der sie zunächst für Gäste, die nur eine Angelerlaubnis suchten.³⁰¹¹ Fuhri ging jedoch schnell auf, dass er selbst den Fang seines Amtslebens an der Angel hatte; bald erwies er sich vor Ort als bester Anwalt, den die BASF-Ansiedlungspläne finden konnten. Grundstückseigentümer, die sich mit dem Verkauf schwer taten, stimmte er mit dem schlagenden Argument um: sie seien dabei, die gleiche Dummheit zu machen wie ihre Vorgänger, die ein Jahrhundert zuvor die Bahnlinie Appenweier-Strasbourg nicht über ihre Gemarkung geführt haben wollten. Gut ein Jahr nach dem Besuch der vermeintlichen Angler, am Freitag, 11. November 1964, wurde der Grundstein für das Werk Willstätt gelegt. Es sollte als fünfte und größte Tonbandfabrik der BASF nach zweieinhalb Jahren Bauzeit zunächst 400 bis 500 Mitarbeiter beschäftigen, bei voller Bebauung etwa 2.000 bis 2.500 Personen – „*das wird vielleicht erst in 30 bis 40 Jahren der Fall sein*“.³⁰¹²

Mitte November 1965 war schon größere Teile der Produktionsanlagen montiert³⁰¹³ und am 15. März 1966 beschichtete die erste (von zunächst vier) Gießmaschine probeweise einen Magnetbandblock.³⁰¹⁴ Dieses Tempo war vor allem der von BASF erstmals angewandten computerunterstützten Planung und Fortschrittsüberwachung zu verdanken. Bei der offiziellen Einweihung am 28. Oktober 1966 war die Magnetbandproduktion mit 548 Mitarbeitern schon in vollem Gange; 92 % der Fertigungsmenge entfiel auf Spulentonband, dazu kamen monatlich 4.000 Computerbänder, seit 1966 auch komplette Compact-Cassetten. Zwischen 1966 und 1996 änderte sich die Willstätter Produktpalette mehrfach und umfassend. 1983 hatte das zunächst dominierende Spulenband einen Anteil unter 1 %; aus 4.000 Computerbändern monatlich (Erlös pro Stück anno 1966: DM 200) waren 200.000 Stück (Stück-Erlös DM 20) geworden, eine Entwicklung, die in den folgenden Jahren von anderen Produkten (vor allem im Videobereich) noch über- oder unterboten wurde. Natürlich spiegelt das Fertigungsprogramm unverkennbar auch die technische Entwicklung:

1967	Magnetfilm, Magnetfolien, Datenkarten
1968	Rundfunkband LGR 30 P (auf Polyesterfolie) ³⁰¹⁵ und Magnetplattenstapel
1970	Magnetplatten-Laufwerke ³⁰¹⁶
1971	erste Chromdioxid-Compact-Cassetten der BASF in Serie
1972	Magnetband-Laufwerke (EDV) ³⁰¹⁷
1973	Produktionsbeginn Floppy-Disk (8- und 5 ¼-Zoll-Versionen), erste Produktion Videoband
1975 – 1977	Übernahme der Studioband-Produktion aus Ludwigshafen ³⁰¹⁸
1977 ff.	Videocassetten für die Systeme U-matic, Betamax, Video Home System und Video 2000
1985	MTC-Datencassette (magnetic tape cartridge, Nachfolger des ½-Zoll-Computerbandes)

Vom Magnetophonband BASF zu BASF Tonband

Was Außenstehenden als Äußerlichkeit erscheinen mochte, doch gewissermaßen das Ende einer Epoche symbolisierte, war die Entscheidung der BASF von 1966, das traditionsreiche, drei Jahrzehnte lang gebräuchliche Wortzeichen *Magnetophonband* aufzugeben. Geheimrat Büchers Wortprägung von 1934 galt jetzt als schwer aussprechbar und erklärungsbedürftig. Schwerer wog freilich das Argument, der Anwendungsbereich dieser BASF-Entwicklung habe sich entscheidend erweitert, was die traditionelle Bezeichnung nicht widerspiegele. Künftig gab es also beispielsweise *BASF Tonband*, *BASF Videoband*, *BASF Magnetfilm* und *BASF Computerband*.³⁰¹⁹ Zeitgleich mit der Eröffnung des Werks Willstätt, der vierten Magnetbandfabrik der BASF in Deutschland, endete

damit nach 34 Jahren die verbale Verbundenheit mit der AEG und Telefunken (AEG-Telefunken hielt am Warenzeichen Magnetophon bis zur Aufgabe des Arbeitsgebiets 1989 fest ³⁰²⁰).

Gewissermaßen eine Ebene tiefer lief seit November 1967 die Um-Benennung des nun schon vierzehn Jahre alten Bandtyps LGS auf eine international verständliche Nomenklatur: LGS 52 hieß jetzt SP 52 (also Standard Play), LGS 35 hörte auf LP 35 (gleich Long Play) und LGS 26 mutierte zu DP 26 (Double Play).³⁰²¹ Mit der Umstellung des BASF-Firmenlogos von den umrisshaften „Hohlblockbuchstaben“ auf die Schrifttype Helvetica veränderte sich 1968 entsprechend auch das Markenzeichen der BASF-Magnetprodukte (vergleiche die Produktfotos in Abbildung 525).

Abbildung 524: Als der Willstätter Himmel noch voller Spulen hing (1966!) ... Die attraktiven „Lampions“ entpuppten sich als Stapel von aufgehängten, leeren Polystyrol-Spulen für Heimtonband.



BASF (beziehungsweise I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Werk Ludwigshafen) hat 60 Jahre lang im industriellen Maßstab Magnetbänder gefertigt. 1966, zu Beginn der zweiten Hälfte dieses Zeitraums, verschob sich der Fertigungs-Schwerpunkt nach Willstätt. In den nächsten fünfzehn Jahre erreichte das Magnetband den Höhepunkt seines Lebenszyklus', und so ist Willstätt geradezu zum Symbol für die überragende Bedeutung magnetischer Informationsträger in den Jahren 1970 bis 1985 geworden. Doch als nach 1983 die Compact-Disk die Compact-Cassette in Sachen Qualität und Bedienungs-Freundlichkeit wie auch -Sicherheit überholte, PCs mehr und mehr populär wurden, Videokassetten und vor allem Video-Rohwickel mit zunehmendem Erlösverfall aufgrund andernorts aufgebauter Überkapazitäten zu kämpfen hatten, war klar, dass der Lebenszyklus des Magnetbandes auf dem absteigenden Ast angekommen war. Nach den unruhigen, verlustreichen Jahren vor und nach 1991 gab eine neue Sichtweise, nach der Magnetband nicht mehr zu den Kernkompetenzen rechnete, für die Werksleitung der BASF Aktiengesellschaft den Ausschlag, sich zum Jahresende 1996 von ihrem einst „populärsten“ Produkt zu trennen. Die Nachfolgefirma, EMTEC Magnetics, erlebte nach einer kurzen Blütezeit einen steilen Abstieg und musste 2004 Insolvenz anmelden, in deren Folge das Werk Willstätt vollständig versteigert wurde.



Abbildung 525 (LINKS): Erscheinungsbild des BASF-Tonbands im Jahr 1967 (die Bezeichnung „Magnetophonband“ war bereits 1966 aufgegeben worden). (RECHTS): mit dem neugestalteten BASF-Firmenzeichen und der 1969 eingeführten, stabileren Heimtonbandspule, die zwar genau so viel Platz zum Anlegen des Bandes an den Spulenkern bot wie die alte Ausführung, aber zwecks besseren Staubschutzes und größerer Stabilität einen größeren Flächenanteil des Bandwickels abdeckte. Variationen des Erscheinungsbilds „rotes Quadrat“!

Es spricht viel dafür, dass AEG-Telefunken noch bis in die 1960er Jahre den Studiotonbandgeräte-Markt in Deutschland und einigen angrenzenden Ländern weitgehend beherrschte; die Mitbewerber Studer (Seite 396) und auch Vollmer (Seite 297) lagen teils weit noch zurück. Studer gewann spätestens mit den Erfolgsmodellen C37 und J37 stetig an Gewicht und dürfte Anfang der 1970er Jahre mit der A80-Reihe AEG-Telefunken nach Stückzahl und Umsatz zumindest eingeholt haben. Der Markt USA, zunächst Domäne einheimischer Hersteller wie Ampex und MCI, erwies sich auch für Studer als durchaus lohnend, wenn auch hier wie international bald auch japanische Mitbewerber, etwa Otari und Sony, Erfolge verbuchen konnten, nicht jedoch AEG-Telefunken (merkwürdigerweise haben sich japanische Hersteller auf dem Audio-Studiobandsektor nie engagiert, im Gegensatz etwa zum Profi- und Endverbrauchermarkt Videoaufzeichnung oder in dem Bereich Compact-Cassette). Den abgeschotteten Ostblock bediente, von einigen wenigen „West“-Importen abgesehen, vor allem die ungarische Firma Mechlabor (Seite 373), die ihrerseits im Westen so gut wie nicht präsent war.

Hatte die AEG bis Ende der 1960er Jahre als kritische Kunden vor allem die deutschen Rundfunkanstalten, in Gestalt des Instituts für Rundfunktechnik und seinen Vorgängern, so waren spätestens jetzt auch die Errungenschaften der Mitbewerber zu berücksichtigen. Mit welcher Gewichtung Kundenwünsche, Betriebsablaufs-Analysen, eigene Entwicklungsergebnisse oder die immer stärker genutzten Regelungs- und Automatisierungs-Möglichkeiten der Computer-Steuerung in das „layout“ der folgenden Modellreihen eingingen, wird im Einzelnen nicht mehr aufzuschlüsseln sein.

Spätestens mit der Generation des Magnetophon M 15A oder der Studer A80 dürfte sich die analoge Magnetbandtechnik den Grenzen des Möglichen genähert haben; nun spielten ergonomische Gesichtspunkte – zu denen man durchaus auch jeglichen Bedienungskomfort zählen kann – eine immer wichtigere Rolle, schließlich zog am Horizont schon eine dunkle Wolke namens „Digital Audio Recording“ auf, die um 1990 den definitiven Niedergang (wenn auch nicht das sofortige Verschwinden) der analogen Magnetbandtechnik besiegelte.

AEG-Telefunken-Magnetophone aus Konstanz (1960 – 1989)

Magnetophone bauten AEG und Telefunken 55 Jahre lang (von 1934 bis 1989); mehr als die Hälfte dieser Zeit, nämlich während 29 Jahren, kamen sie aus Konstanz am Bodensee.

Der Umzug der Magnetophon-Geräteproduktion von Wedel nach Konstanz im April 1960 war die Folge von Management-Entscheidungen, mit denen Telefunken nach offizieller Lesart verstreute Betriebe an wenigen Standorten konzentrieren wollte, allerdings ohne diesen Vorsatz konsequent durchzuführen. Um 1956 war der Konstanzer Betrieb Pintsch-Electro in Schwierigkeiten geraten und von Telefunken übernommen worden, die damit einen kleineren, aber durchaus ernstzunehmenden Nachrichten- und Informationstechnik-Konkurrenten neutralisierte. Das Konstanzer Pintsch-Werk war 1938 als Tochtergesellschaft der renommierten Berliner Firma Julius Pintsch AG unter dem Namen Funkstrahl-Ges. für Nachrichtentechnik mbH gegründet und nach einer turbulenten Nachkriegszeit als Pintsch-Electro wiederaufgebaut worden.

Telefunkens Hauptargument für den Magnetophon-Umzug von Wedel nach Konstanz war, dass dort (in der Abteilung AH/TM, „Anlagen Hochfrequenz/Technisches Magnetophon“) die Magnetbandspeicher für die Datenverarbeitung gebaut werden sollten, und zwar als Komponenten der Telefunken-Rechner TR 4 und TR 440, eine Entwicklung, die unter Heinz Wehde bereits in Wedel begonnen hatte.³⁰² Ob die Synergieeffekte, die das Management dabei im Auge hatten, angesichts der nur im Grundprinzip vorhandenen Übereinstimmung zwischen Tonbandgerät und Magnetband-Massenspeicher auch tatsächlich eintraten, bleibt offen – auch deshalb, weil fast alle Erfahrungsträger den Umzug nicht mitmachten (Näheres dazu auf Seite 397) – und insbesondere auch Heinz Wehde und dessen rechte Hand Heinz Włodarczak eben nicht nach Konstanz, sondern zu Teldix nach Heidelberg gegangen waren. Auch war damit nicht der Umzug der Studio-Magnetophon-Technik zu begründen. Das eigentliche Motiv der Unternehmensführung dürfte aber gewesen sein, die unerfreuliche interne Konkurrenz zwischen den Werken in Berlin und Wedel zu neutralisieren. Die geographische Nähe (rund 75 km) zu einem bald überaus bedeutenden Mitbewerber, der späteren Revox ELA AG Willi Studers, seit 1960 mit rund 140 Mitarbeitern in Regensdorf bei Zürich aktiv, scheint vorerst keine Rolle gespielt zu haben.

Studio-Tonbandgeräte M 10A, M 15 und M 15A

Die Konstanzer Magnetophon-Fertigung startete mit den Modellen M 10 und M 5, deren Komponenten aus Wedel übernommen (Seite 411 ff.) und weiterentwickelt wurden. Als erste Neuentwicklung wurden die „Wedeler“ Röhrenverstärker V 86/V 87 durch Halbleiterverstärker ersetzt, die V 96/V 97; sie finden sich auch in dem in Konstanz weiterentwickelten M 5B. Da in den V 96/V 97 noch Germanium-Transistoren arbeiteten, führte deren Rauschen – obwohl die Transistoren einzeln ausgesucht worden waren – zu Dynamikverlusten dieses M 10-Typs. Deshalb gingen die Konstanzer Entwickler noch einmal an das Gesamtgerät und entwickelten es im Jahre 1963 zur M 10A, wobei nicht nur die Verstärkerkarten auf Silizium-Halbleiter umgestellt, sondern auch die Laufwerkseigenschaften verbessert wurden. Die neuen Verstärker (V 396 / V 397) arbeiteten dann auch im neuen M 5C; für das M 10A gab es mit 397 P/Q die notwendigen Piloton-Karten in Halbleitertechnik – die Zeit der röhrenbestückten, voluminösen und schweren Einschub-Verstärker wie V 66 / V 67 und zuletzt V 86 / V 87 war endgültig vorbei; damit war gleichzeitig der Weg frei für die Multitrack-Generation, deren bis zu 64 Verstärkerzüge ansonsten ein kaum zu lösendes Platz- und Abwärmeproblem geschaffen hätten.

Das M 10-Laufwerk hatte im Laufe der Zeit einige Schwächen gezeigt, die in einem hochwertigen Magnetophon tunlichst vermieden werden sollten. Handlungsbedarf in Konstanz erzeugte nicht zuletzt der eigentliche Regensdorfer Erstling, die Studiomaschine Studer C37 (Abbildung 455), mit der dem M 10 seit 1961 ein ernsthafter und erfolgreicher Rivale aus europäischer Produktion gegenüberstand. Nicht nur mit ihrem für die damalige Zeit fast futuristischen Design, sondern auch mit ihrer bemerkenswerten Zuverlässigkeit war die C37 eine ernstzunehmende Alternative zum M 10.

Als M 10-Schwachstelle erwies sich der Gummiring auf dem Schwungrad, über den der Tonmotor die Tonwelle antrieb: hier entstand Abrieb, wodurch sein Durchmesser langfristig kleiner und die Bandgeschwindigkeit größer wurde. Außerdem gab es Probleme mit der konstanten Bandgeschwindigkeit während eines Durchlaufs: Die Zugregelung am rechten Wickelteller arbeitete mit konstantem Drehmoment des Motors. Damit war der Bandzug am Anfang (kleiner Wickeldurchmesser) größer als am Ende des Wickels, was einen Geschwindigkeitsunterschied des Bandes von 0,2 % ausgemacht haben soll. Das ist zwar wenig, macht aber auf 1.000 m Länge 2 m Differenz oder rund fünf Sekunden Spielzeit aus und macht sich bemerkbar, wenn beim Cutten Bandteile vom Anfang mit solchen vom Ende eines Wickels verbunden werden müssen.

Magnetophon M 10A

Telefunken reagierte darauf 1963 mit der Variante M 10A, bei der ein direkt antreibender Synchronmotor die beiden Hauptprobleme löste. Entwickelt hatte den umschaltbaren Außenläufer (6/12 Pole) der Schwarzwälder Motorenspezialist Papst (ironischerweise hatten Probleme mit einem solchen Motortyp den Fertigungsanlauf der Studer-C37 längere Zeit aufgehalten³⁰²³). Da der Außenläufermotor die Tonwelle direkt antrieb, musste die Übersetzung zur Filterwelle mit einem neuen Reibradgetriebe angepasst werden (Abbildung 490). Der Tonwellen-Durchmesser wurde auf 7,235 mm reduziert, der Filterwellendurchmesser blieb bei 33,5 mm. Das Zwischenrad wurde von einem Rad angetrieben, das sich unter dem Außenläufer befand. Auf der Zwischenradwelle saß zudem noch ein kleineres Reibrad, das die Filterwelle antrieb. Über diese beiden Reibräder wurde also die Drehzahlanpassung zwischen Tonrolle und Filterrolle realisiert. Auf die fertig geschliffene Tonwelle wurde abschließend eine diamantpulver-haltige Paste aufgetragen und in die Oberfläche eingewalzt. Ihre Rauigkeit wurde damit definiert erhöht, was die Langzeitkonstanz des Bandtransports deutlich verbesserte.

Ein beleuchtetes Stroboskop wurde jetzt auf der linken Umlenkrolle montiert – allerdings nur bei den Geräten für ¼ Zoll-Bänder. Dieses Stroboskop, ebenso groß wie die „Filmuhr“ auf der rechten Seite, war ein Kriterium, das schon auf den ersten Blick erlaubte, ein „Viertelzoll“-M 10A von einem M 10 zu unterscheiden.

Zum ersten Mal wurde für das M 10A im Zubehör eine Einstell-Lehre zur optischen Höhenjustage der Kopfräger angeboten. Diese Lehre enthielt eine Nachbildung von Ton- und Filterwelle sowie eine Aufnahme für den Kopfräger. Mit Hilfe einer Optik mit Skala konnten, ausgehend von einem Bandmitten-Bezugstrich auf der nachgebildeten Filterwelle, alle Komponenten unterschiedlicher Kopfräger auf ihre Positionen einjustiert werden. Das nachfolgende Einstellen der Köpfe in Bezug auf Bandumschlingung (Drehung der Köpfe) und Azimut-Einstellung („Einwippen“) war dann wieder gegenüber dem M 10 unverändert.

Magnetophon M 10A, Kenndaten (ohne Angabe von Toleranzen):³⁰²⁴

Bandgeschwindigkeit umschaltbar (in Klammern Tonhöhenchwankungen):

38,1 cm/s (<0,08 %; nach anderen Unterlagen <0,06 %)³⁰²⁵

19,05 cm/s (<0,12%; nach anderen Unterlagen <0,1 %)

Auslegung bis zu Bandbreiten von 1 Zoll. ¼-Zoll Schicht innen oder außen umrüstbar, ½ und 1 Zoll grundsätzlich Schicht innen.

Spulen: freitragend mit 100 mm Wickelkern und Doppelflansch mit 60 mm Kern für ¼ Zoll-Bänder
NAB-Kern 114 mm für ½- und 1-Zoll Bänder

Rillensteuerung (Schallplattenschnitt) sowohl für 38 wie für 19 cm/s vorgesehen

Umspulen <150 s für 1000m-Wickel ¼ Zoll

<120 s für 750 m Wickel ½ Zoll

<90 s für 500 m Wickel 1 Zoll

<100 s für 350 m Band auf Doppelflansch-Spulen ¼ Zoll, 60 mm Kern

Netz 220 V, 50 Hz, einphasig, maximal 290 VA (Umspulen, ohne Verstärker)

Abmessungen: 64,5 x 52,5 x 30,9 cm

Gewicht: je nach Ausstattung, etwa 65 kg für ¼“-Laufwerk ohne Verstärker,

Ausführungen für breitere Bänder plus Verstärker bis 150 kg.

Das M 10A-Konzept wurde um 1968 auch auf Mehrspurausführungen für die Bandbreiten ½ Zoll und 1 Zoll übertragen, jeweils gebaut für „Schichtlage innen“. Die ½-Zoll-Ausführung wurde mit drei oder vier Spuren gebaut (Ampex hatte seit 1955 in den USA Dreispur-Geräte besonders propagiert³⁰²⁶), die 1-Zoll-Ausführungen boten vier, sechs oder acht Spuren.³⁰²⁷ Die 1969 vorgestellte 1-Zoll-Achtkanal-Version³⁰²⁸ arbeitete mit der Spurbreite 1,8 mm und 1,5 mm breiten Trennschritten.³⁰²⁹ Die 1-Zoll-Vierkanal-Type war häufig als „Mastermaschine“ in der Musicassetten-Produktion zu finden (Abbildung 556), sie brachten immerhin bis 150 kg auf die Waage.

Telefunken versuchte um 1971 mit der „Schnellkopieranlage M 1028“ am aufsteigenden Markt bespielter Compact-Cassetten und 8-track-Cartridges (Seite 500) teilzuhaben. Anstelle eines Masterläufers mit Endlosbandschleife arbeiteten hier zwei 6,3 mm-M 10A wahlweise mit 304 cm/s und 152 cm/s (Schichtlage innen), als Tochtermaschinen („slaves“) dienten bis zu zwölf M 28, die Kopien mit 152 cm/s beziehungsweise 76,2 cm/s herstellten – also mit 16-facher Originalgeschwindigkeit (mit 3,81 mm-Kopfräger und 4,76 cm/s für Compact-Cassetten-

Bänder, mit 6,3 mm-Kopfträger und 9,5 cm/s für Cartridge-Bänder). Im Kopierbetrieb lösten die beiden Master-M 10A einander ab. Die Qualität der Kopien sollte eine M 28 in Sonderbauart für 9,5 cm/s beziehungsweise 4,76 cm/s prüfen. Die aufwendige und wegen der *zwei* benötigten „schmalspurigen“ Mutterbänder wenig überzeugende Konfiguration dürfte gegen das übersichtlichere Verfahren mit breitem Endlos-Masterband nur geringe Chancen gehabt haben, zumal das Kopierverhältnis (Original- zu Kopiergeschwindigkeit) sehr bald auf 1: 32 und 1:64, auf dem Höhepunkt der Audio-Duplizierttechnik schließlich auf 1:128 anstieg.³⁰³⁰

Magnetophon M 15

Zur Hannover-Messe 1971 stellte Telefunken die Neuentwicklung Magnetophon M 15 vor, einen regelrechten Technologiesprung gegenüber der Generation M 10: waren beim älteren Modell viele Funktionen über Relais gesteuert und der Tonband-Antrieb bis zu einem gewissen Grad netzabhängig – etwa bei Frequenzschwankungen oder Phasensprüngen –, gehörte M 15 zu den ersten Studiogeräten, die durchweg von den Errungenschaften der Halbleitertechnik und den Fortschritten in der Regelungs- und Steuerungstechnik profitierten. So übernahmen nun elektronische Bauelemente alle bisherigen Relaisfunktionen. Innovativ war hier nicht zuletzt der elektronisch geregelte, daher netzfrequenzunabhängige, kollektorlose Gleichstrommotor, der für besonders geringe Tonhöhenchwankungen und Schlupfwerte sorgte, wozu auch die triac-gesteuerten Wickelmotore beitrugen – da die Triacs nur im Strom-Nulldurchgang geschaltet werden, entstehen keine störende Knacke. Ein geschliffener Flachriemen verkoppelte den Tonmotor mit der Tonwelle und ihrer Schwungmasse; dank seiner Elastizität wirkte er auch als Tiefpass gegen mechanische Störungen. Ein wesentlicher Vorteil dieser Anordnung war, den Tonmotor so platzieren zu können, dass sein Störfeld kaum noch auf die Tonköpfe wirkte.³⁰³¹ Das machte zumindest bei den 6,3 mm-Geräten auch eine Abschirmung vor dem Wiedergabekopf überflüssig und vereinfachte vor allem beim Schneiden die Handhabung. Zudem hing nun die Tonwellen-Temperatur, anders als beim Direktantrieb, nicht mehr von der Motortemperatur ab. Logischerweise diente die Tonwellen-Drehzahl auch als Steuerungsgröße für den Tonmotor.³⁰³²

In den sechs Leuchttasten zur Laufwerksbedienung arbeiteten Feldplatten als kontaktlose und damit prellfreie Schalter; die damit realisierte Schaltlogik konnte weitgehend Bedienungsfehler verhindern. Anders als Relaiskontakte war diese Anordnung auch immun gegen Verschmutzung oder Korrosion aufgrund von Umwelteinflüssen und Abbrand. Das sekundengenau anzeigende Zählwerk arbeitete bei der ersten 6,3 mm-Ausführung noch mechanisch, in den Mehrspuranlagen ersetzt von einer digitalen Ausführung, deren Steuerimpulse die linke Umlenkrolle lieferte.³⁰³³



Abbildung 526: Magnetophon M 15A, (LINKS) in einer Standard-Ausführung, (RECHTS) eine Sonderausführung mit dunkel eloxierter Verkleidungsplatte, beide ausgelegt für Magnetbandwickelsinn „Schicht innen“. Mono-Stereo-Umschaltung auf der Oberseite des Kopfträgers. Man beachte die Hersteller-Angaben!

Während die deutschen Rundfunkanstalten bekanntlich auf „Schichtlage außen“ beharrten, musste Telefunken für den Export vor allem Versionen mit „Schichtlage innen“ anbieten. Dank eines geschickt symmetrisch entworfenen Kopfträgers blieben beim Magnetophon 15 die konstruktiven Änderungen denkbar gering, erlaubten sogar prinzipiell, die Maschinen nachträglich auf eine andere Schichtlage umzurüsten. Die Auflageflächen für die Köpfe und den gesamten Kopfträger waren in einem Durchgang geschliffen, was einen Kopfträger-Tausch ohne große Justierarbeiten erlaubte. Der ergonomisch geschickt gestaltete „Bandpfad“ des M 15 erleichterte Schnittarbeiten merklich, unterstützt von einer Schere, die das Magnetband unmittelbar vor dem Wiedergabekopf durchtrennte (siehe auch Abbildung 530, Seite 446). Diese Schere stammte vom Wedeler Unternehmen Peter Westphalen, einem Fachbetrieb für Schneidetechnik.

Waren beim Magnetophon 10A die Verstärker-Karten noch in einem separaten Einschub untergebracht, wanderten sie bei der Viertelzoll-M 15 in ein Verstärkermagazin, das im Gerätechassis selbst eingebaut war. Damit endete die systematische Aufteilung in „Laufwerk“ und „Verstärkersatz“; beide bildeten nun eine Einheit, was

natürlich in der Praxis (etwa im Studiobau oder beim mobilen Einsatz) durchaus vorteilhaft war. Es handelte sich nach wie vor um die vom M 10A bekannten Karten der V 396- und V 397-Reihe.

Die ¼-Zoll-Ausführungen der M 15 waren als Mono-, Stereo- oder Zweispurgeräte, auch für bildsynchronen Pilotton-Betrieb, erhältlich. Mehrspurausführungen des M 15 wurden in zwei Versionen geliefert, nämlich acht Spuren auf 1 Zoll breitem Magnetband, die 16-Kanal-Version verwendete 2-Zoll-Band, jeweils mit Schichtlage innen auf (maximal) 10 ½-Zoll-Spulen (26,5 cm Ø). Diese erste M 15-Mehrspur-Generation hatten keinen besonderen Erfolg, denn im Grunde war hier eine 6,3 mm-Maschine ins Ein- beziehungsweise Zwei-Zoll-Format vergrößert worden, was ihrer Stabilität nicht unbedingt zuträglich war.

Magnetophon 15A

Telefunken sah sich daher gezwungen, Ende 1976 ein neues Modell nachzuschieben, ohne aber radikale Änderungen vorzunehmen; Ergebnis war die Baureihe Magnetophon 15A. „Äußerlich“ waren die Bauarten am ehesten anhand des Zählwerks zu unterscheiden: anstelle der mechanischen Ausführung arbeitete beim Nachfolger ein vierstelliges elektronisches Zählwerk, eine kleine, drehbare Scheibe mit Zeigernase hatte den „Edit“-Hebel abgelöst (er veranlasst während des Umspulens und beim Bandstillstand das Anlegen des ansonsten abgehobenen Magnetbands an den Wiedergabekopf). Der „Zero Locator“ stoppte das Band beim schnellen Umspulen bei der Anzeige „Null“. Optional gab es als Regietischschub oder als Zusatzgerät auf Rädern den Auto Locator AL 15 A, der das Auffinden markierter Bandstellen erleichterte.

Wesentliche Unterschiede zwischen M 15 und M 15A gab es in der Elektronik. Insbesondere war die Laufwerkselektronik noch konsequenter als bei M 15 mittels integrierter digitaler Schaltkreise derart überarbeitet worden, dass sie schnelleres und präziseres Nachsteuern des Tonwellenantriebs und damit der Bandgeschwindigkeit erlaubte. Dies war unerlässlich für Synchronisationszwecke, also das Verkoppeln zum Beispiel mit Videorecordern, nachdem auch das Fernsehen höhere Ansprüche an die Tonbearbeitung stellte, seit sich hier der Stereoton durchgesetzt hatte. Die Audioverstärker waren mit ICs bestückt und hatten höheren Rauschabstand. Studioübliche Techniken, wie „punch in“ (zu gegebener Zeit wird eine Spur von Wiedergabe auf Aufnahme und gegebenenfalls zurück umgeschaltet) verlangten knackfreie und lückenlose Umschaltvorgänge. Dazu mussten die Verstärker zeitrichtig rampenartig ansteigende oder abfallende Signale und Vormagnetisierungsströme bereitstellen, was mit vertretbarem Aufwand nur mit Halbleiterschaltungen zu erreichen war.

Weitgehend unverändert blieb der mechanische Aufbau. Anstelle der relativ teuren Feldplatten finden sich auch preisgünstige elektromechanische, weitgehend prellfreie Mikroschalter. Schließlich erschienen auch preiswerte integrierte Schaltkreise, deren Logikfunktionen verhinderten, dass Kontaktprerler auf nachfolgende Stufen „durchschlugen“.



Abbildung 527 (LINKS): Ansicht des M 15A-Laufwerks, hier die AEG-Version für Schichtlage außen, Stereo-Ausführung, Drucktaste (rechts oberhalb des Zählwerks) der Bandschere vor Wiedergabekopf, Schnittstellen-Markierstempel gegenüber dem Wiedergabekopf.
Abbildung 528 (RECHTS): Ein Kopfträger mit Wahlschalter für Zweispurbetrieb. In der Stellung 1+2 ist Stereobetrieb möglich.

Mehrspurmaschinen sind wegen der schmalen Magnetbandspuren auf besonders rauscharme Verstärkerschaltungen angewiesen, um weitere Dynamikverengungen zu vermeiden. AEG-Telefunken hatte 1971 das Rauschminderungssystem Dolby A in Deutschland eingeführt,³⁰³⁴ entwickelte dann, als Reaktion auf dessen etwas komplizierte Betriebsweise, das Rauschminderungssystem „telcom c4“³⁰³⁵. Näheres dazu siehe Seite 460.

M 15A als 6,3 mm-Maschine war für eine maximale Bandlänge von 1.000 m und die beiden Bandgeschwindigkeiten 38,1 cm/s und 19,05 cm/s ausgelegt, 38/76 cms/s wurde wahlweise angeboten. Ausweislich der Lieferlisten sind rund 4.000 Geräte gefertigt worden, davon ein gutes Drittel in Stereoausführung, Schichtlage außen, ein Fünftel für Schichtlage innen. Ein weiteres Viertel teilten sich umschaltbare Mono-Stereo-Ausführung; 9 % waren Zweispurmaschinen. Auffallend ist der hohe Teil der Mono-Geräte, die immerhin ein Achtel der Auflage ausmachten. Die Schicht-außen-Versionen überwogen mit einem Anteil von gut 60 % – darin spiegeln sich die großen Aufträge deutscher und einiger ausländischer Rundfunkstationen. Knapp 9 % der Fertigung dürfte auf weniger gefragte und Sonder-Anfertigungen entfallen sein, darunter 31 Maschinen mit Vorhör-Einrichtung für

den Schallplattenschnitt im Füllschriftverfahren, die zu einem beachtlichen Teil an die Berliner Firma Georg Neumann gingen, bekannt auch für ihre weltweit vertriebenen Schallplattenschneidemaschinen. – Die ersten Viertelzoll-M 15A (Stereo, Schichtlage außen) verließen das Werk Konstanz Ende September 1976; bis Ende des Jahres folgten die Serienmodelle (mono-stereo umschaltbar, Zweispur und Vollspur, jeweils Schicht innen und außen).

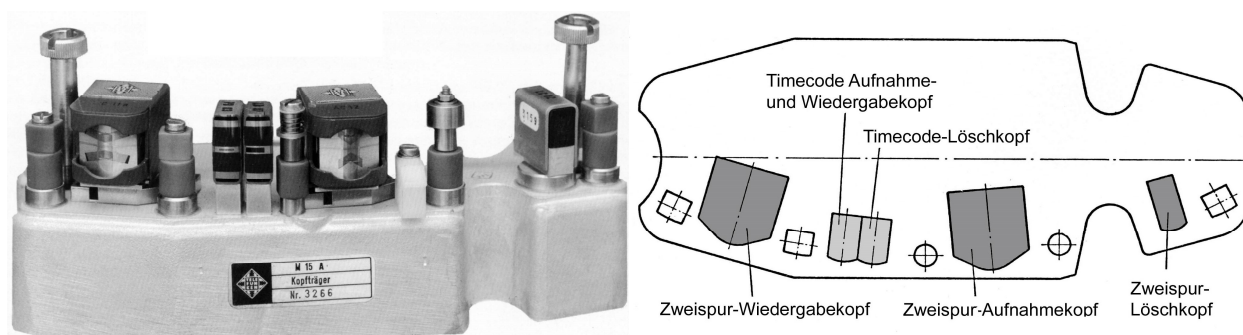


Abbildung 529 (LINKS): Der „symmetrische“ Kopfträger des Magnetophon M 15A – hier die Ausführung für Timecode-Aufzeichnung, Band mit Schichtlage außen; von vorn, (RECHTS): Erläuterung dazu (Bandlaufrichtung von rechts nach links!). Dieser Kopfträger war mit „Schmetterlingsköpfen“ bestückt, so genannt wegen der Doppel-V-Form ihrer Kopfpakete.

Die Mehrspurversionen (Achtspur für 1-Zoll-Band, 16-, 24- und 32-Spur mit 2-Zoll-Band) des M 15A boten Platz für 12 ½ -Zoll-Spulen (317 mm Ø), die 1.280 m Standardband fassten; Betrieb mit Studio-Langspielband war ebenfalls möglich. Als Bandgeschwindigkeiten wurde außer 38,1 cm/s und 19,05 cm/s auch die Paarung 76,2 cm/s und 38,1 cm/s angeboten, eine Reaktion auf die Mitte der 1970er Jahre einsetzende „Wiederentdeckung“ der hohen Bandgeschwindigkeit, die eine merklich stärkere Höhenaussteuerung des Magnetbands erlaubte.

Von den etwa 190 M 15A-Mehrspurmaschinen wies ein Siebentel acht Spuren auf, ein gutes Viertel sechzehn, knapp die Hälfte entfiel auf das „Standard-Multitrack-Format“, also 24 Spuren, und immerhin 21 Geräte waren für 32 Spuren ausgelegt (ihr Geräuschspannungsabstand war nur 2 dB schlechter als der der 24-Spur-Version). Die Auslieferung der Mehrspur-Versionen begann im Herbst 1977, also gut ein Jahr nach den ersten ¼ Zoll-Maschinen. Das letzte 32-Spur-Gerät wurde Ende April 1986 abgeliefert. Zu den letzten Magnetophonen aus Konstanz gehörte eine 24-Spur-Version, die Anfang September 1989 das Werk verließ, jedoch schon über Regensburg ausgeliefert wurde. 30 Maschinen waren ab Werk mit Telcom ausgerüstet, darunter 15 der 24-Spur-Maschinen.

Dank der integrierten Halbleiterschaltungen boten Magnetbandgeräte der M 15A-Generation einen Bedienungskomfort und Betriebsweisen, die zuvor undenkbar waren. Fernbedienungen zur Laufwerksteuerung und für die Spurwahl, Synchron-Verkopplungen mit Videorecordern und anderen Magnetbandgeräten dank Timecode-Aufzeichnung rationalisierten den Aufnahmebetrieb im Studio und führten damit zu neuartigen Produktionsabläufen, die nicht nur technisch bessere Qualität der Aufzeichnungen brachten, sondern bis in künstlerische Bereiche hinein neue Impulse gaben. Diese ganz überwiegend im elektronischen Bereich realisierten Innovationen zu beschreiben, würde allerdings den hier gegebenen Rahmen überdehnen.

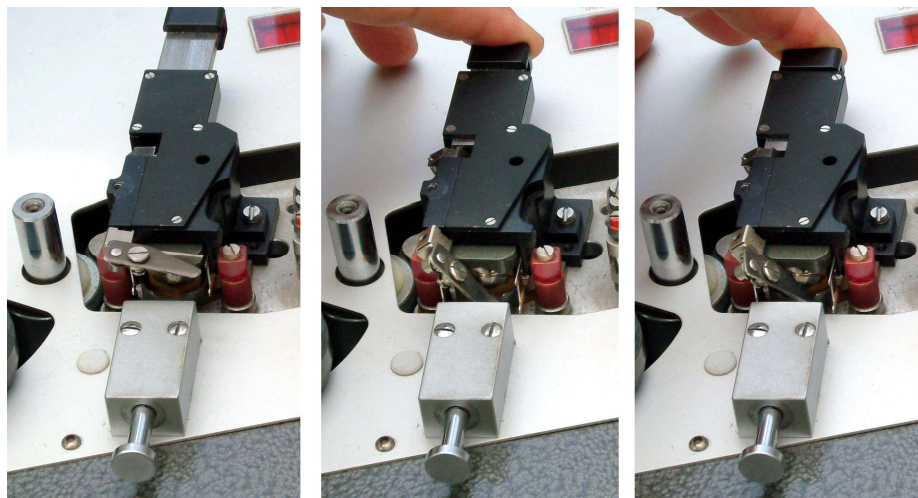
Das Magnetophon M 15A, „Lieblingskind der ARD“,³⁰³⁶ sollte das letzte und auch insgesamt erfolgreichste der „großen“ Magnetophone bleiben.³⁰³⁷ Die Arbeiten am Magnetophon M 16, einer als Alternative zu Studers A820 vorstellbaren, 1989 freilich nur in Entwicklungsmustern vorhandenen Konstruktion, wurde bald nach der Übernahme durch die Studer-Gruppe aufgegeben. Einen Prototyp dieses Magnetophons zeigt Abbildung 544.

Abbildung 530: Bandschnitt mit der eingebauten Schere, die das Band genau vor dem Spalt des Wiedergabekopfes durchtrennt. Die Kopfträger-Abdeckung ist entfernt.

(LINKS): Bandschere in Ruhestellung,

(MITTE): die Schere ist im Winkel von 45° nach unten gekippt und hat das (hier weggelassene) Band vom Kopf abgehoben,

(RECHTS): das Band wird durchtrennt.



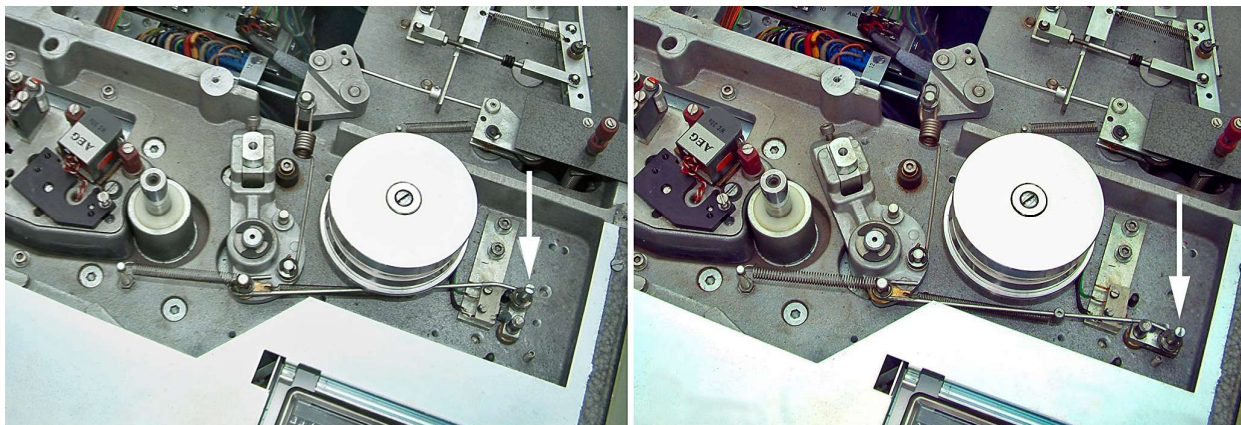


Abbildung 531: M 15A, Kinematik der Gummi-Andruckrolle und des Edit-Schalters. Die Tonwelle folgt in Bandlaufrichtung unmittelbar auf den Wiedergabemagnetkopf. Weiter nach rechts das Lager der Gummi-Andruckrolle, Schwenkrichtung auf die Tonwelle zu. Steht das Andruckrollenlager am Anschlag (linkes Bild), läuft das Magnetband ohne Berührung an den Magnetköpfen vorbei. Stangen geben die Bewegungen des Andruckrollen-Arms an die Bremsen des Aufwickeltellers weiter. – Um bei der Schnittstellensuche die Bandaufzeichnung abhören zu können, wird der Edit-Schalter nach rechts gedreht (Pfeile deuten auf seine Achse). Über eine Zugstange wird die Andruckrolle so weit eingeschwenkt, dass das Magnetband am Wiedergabekopf anliegt, ohne dass dies Einfluss auf die Bremsen hat. Gleichzeitig wird ein Mikroschalter betätigt, der diese Stellung an die Elektronik meldet.

Abbildung 532: Die Funktion des Bandabhebers. Während Aufnahme und Wiedergabe schwenkt er in eine Ausnehmung des Kopfträgers ein (LINKS), beim Umspulen fährt er in die Abhebe-Stellung (RECHTS); hier weiter ausgefahren als normalerweise beim Umspulen) und verhindert so, dass das Magnetband über die Köpfe schleift.

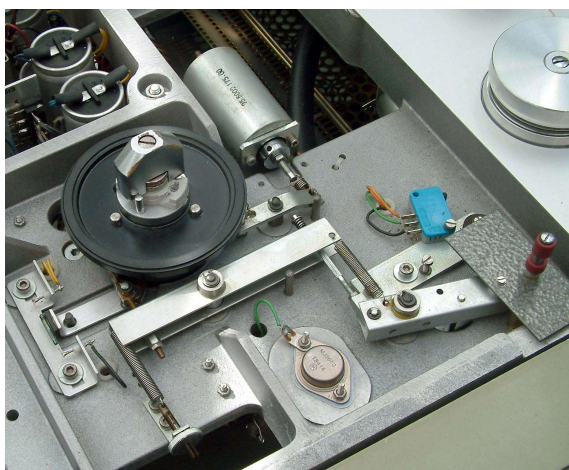
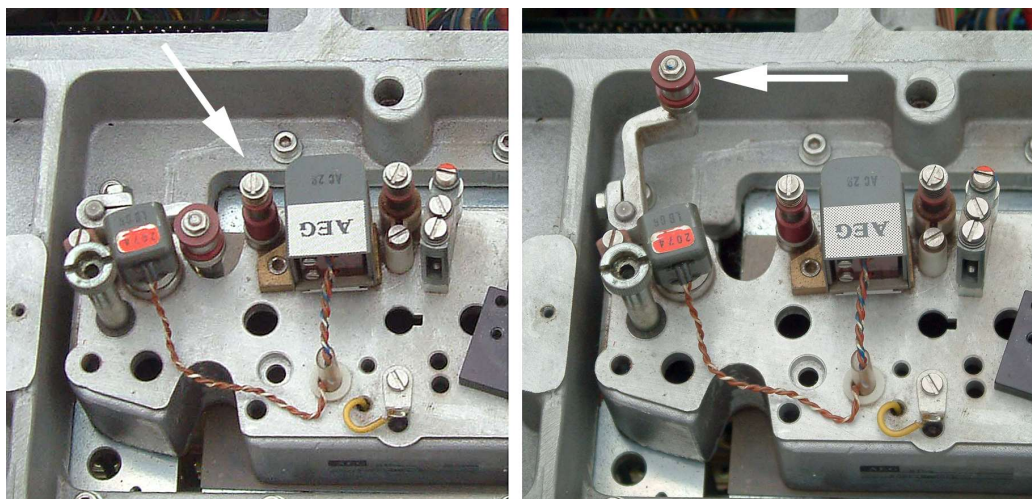


Abbildung 533 (LINKS): M 15A, Laufwerkabdeckblech entfernt, linker Wickelteller (von schräg links hinten gesehen), Zugmagnet für Bandbremse, der Fühlhebel rechts (auf einem Abdeckblech) steuert die Bandbremse über Hebel und gegen Federkräfte. Der Mikroschalter dient der Bandzugbegrenzung beim Rückspulen; er wird vom Umlenkhebel betätigt.

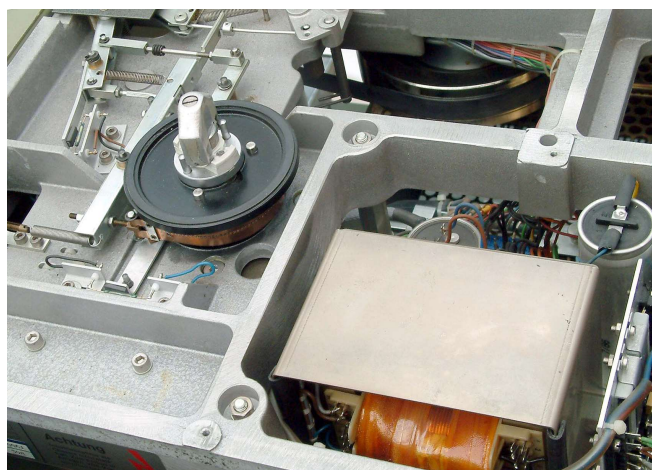


Abbildung 534 (RECHTS): rechter Wickelteller, vorn rechts der abgeschirmte Netztransformator mit Flachgleichrichtern und Sieb-Elkos.

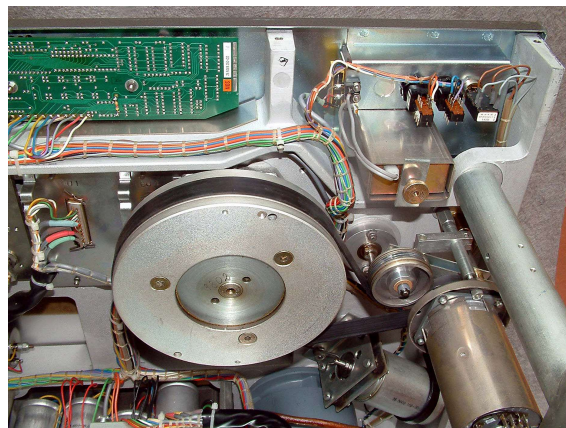
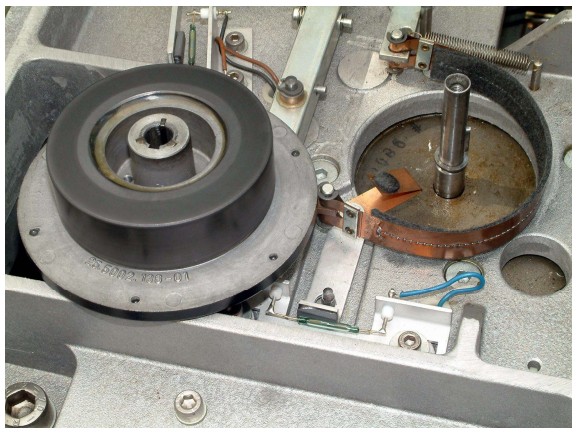


Abbildung 535 (LINKS): M 15A, die rechte Wickelbremse ist auseinandergenommen worden. Der Graphit-Zylinder zeigt hier nach oben, rechts ist der auf Bronzeblech genähte und mit Graphit getränkte Filz als Bandbremse zu sehen.

Abbildung 536 (RECHTS): M 15A, rechte Laufwerkshälfte von unten. Am unteren Rand (etwa Bildmitte) der rechte Wickelmotor, darüber schrägliegend der Zugmagnet der Andruckrolle. Rechts außen der Antriebsmotor, kleiner, drehzahl geregelter Gleichstromtyp, abgeschirmt. In Bildmitte die Tonwelle mit Schwungscheibe, dahinter (etwas verdeckt) das Lager. Zwischen Motor und Schwungscheibe die Kraftübertragung per Flachriemen, der mit gefederter Andruckrolle gespannt wird. Ganz oben rechts die Komponenten innerhalb des Kastens unter den Cutterwerkzeugen: rechts Netzschalter, links davon Geschwindigkeitsumschaltung, dann davon links Taster für Fernsteuerung. Das größere, nach „unten“ herausragende Bauteil ist der Betriebsstundenzähler.

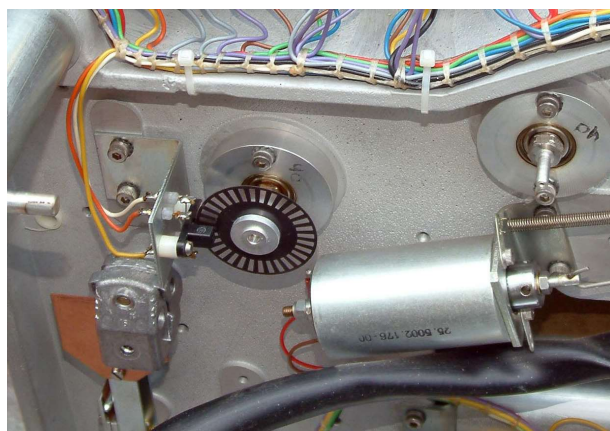
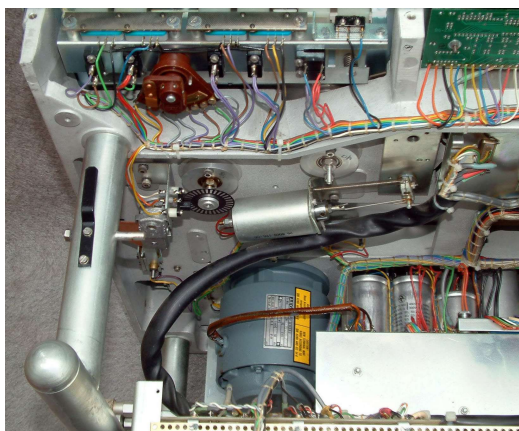


Abbildung 537: Linke Laufwerkshälfte von unten (Details siehe RECHTS). Unten der linke Wickelmotor. In der Mitte der Zugmagnet für den Bandabheber. Über dem Zugmagneten die Welle der linken Führungsrolle – unbestückt. Oben rechts die gedruckte Platinschaltung der Bandlängenanzeige. Oben links das Tastenfeld. Darunter der bekannte, auffällige Stufenschalter des Rangierhebels, rechts und links davon die schwarzen Fassungen der Tastenbeleuchtung.

Abbildung 538: Links vom Zugmagnet das Bandwegmesswerk in Form einer Strichscheibe (ohne Drehrichtungskennung). Links davon die Wirbelstrombremse des linken Fühlhebels (mit paddelförmigem Kupferblech).

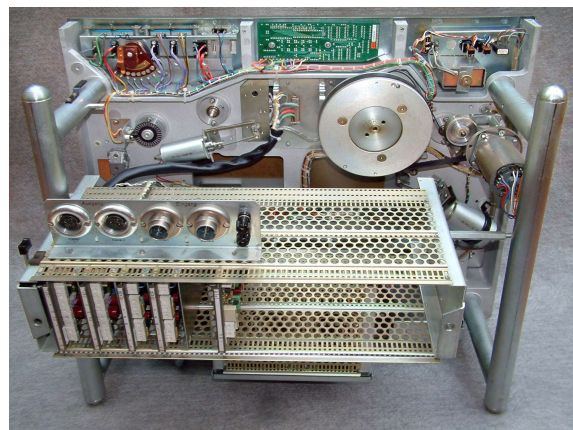
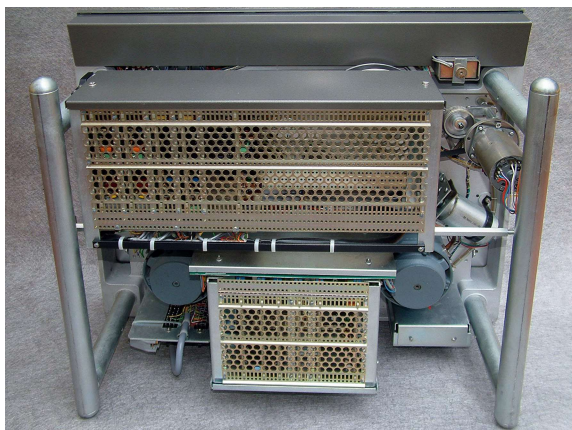


Abbildung 539 (LINKS): M 15A von unten. Oben der Verstärker-Kartensatz, unten – zwischen den Wickelmotoren – der Kartensatz zur Steuerung von Motoren, Magneten und so weiter.

Abbildung 540 (RECHTS): Das Magazin mit den Verstärkerkarten wurde nach vorne geklappt, die Eingangs- und Ausgangsstecker der Verstärker sind bei diesem Gerät noch als dreipolige Tuchelstecker ausgeführt, andere M 15A hatten XLR-Stecker. Rechts der abgeschirmte, geregelte Gleichstrom-Tonmotor mit Flachriementrieb zur Schwungscheibe der Tonrolle sowie der Riemenspanner. Darunter der Zugmagnet für die Andruckrolle.

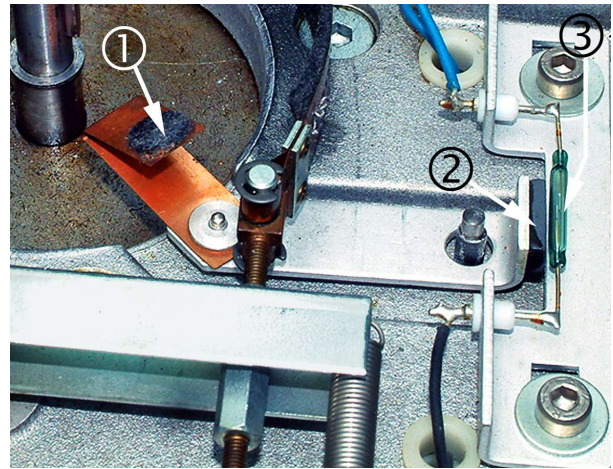
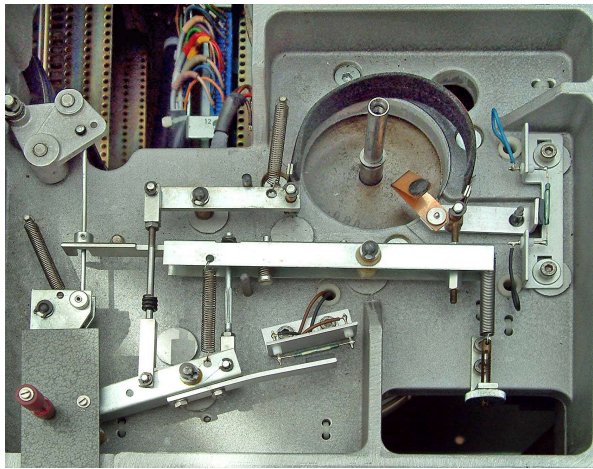


Abbildung 541 (LINKS): M 15A, rechte Maschinenhälfte, Antrieb des rechten Wickeltellers und der Steuerungselemente. Links unten der Fühlhebel, der einmal mit einem Festkörper-Magneten am gekrümmten Hebel ein Reed-Relais vorne in Glaskörper betätigt, wenn Hebel vom Band aus der Nullstellung gezogen wird (Schnellbremsung bei Bandende), zum andern die Feinregelung des Bandzugs am linken Ende der Bandbremse realisiert. Ein weiteres Reed-Relais befindet sich rechts an der Versteifungsrippe. Es wird grundsätzlich betätigt wenn sich die Drehrichtung des Tellers ändert (siehe Ausschnitt (RECHTS)). Dies wird von der Bronzefeder ① unter dem Kohle-Zylinder bewirkt, die auf dem Zylinder schleift und je nach Drehrichtung den kleinen Magneten ② nach links oder rechts vor dem Reed-Relais ③ bewegt. Dieser Schalter wird deshalb Schlepp-Schalter genannt, sein Signal wird in der Elektronik genutzt, z. B. um den Bandzähler vor- oder zurück zu schalten, die richtigen Bremsen zu betätigen usw. (Die rechte Seite der Bandbremse lag wieder an der Kraftbremse, die im Normalzustand scharf bremste. Sie wurde z. B. gelöst, wenn die Gummiandruckrolle an die Tonrolle gelegt wurde - mit Hilfe der links zu sehenden Drehhebel und Steuerstangen.

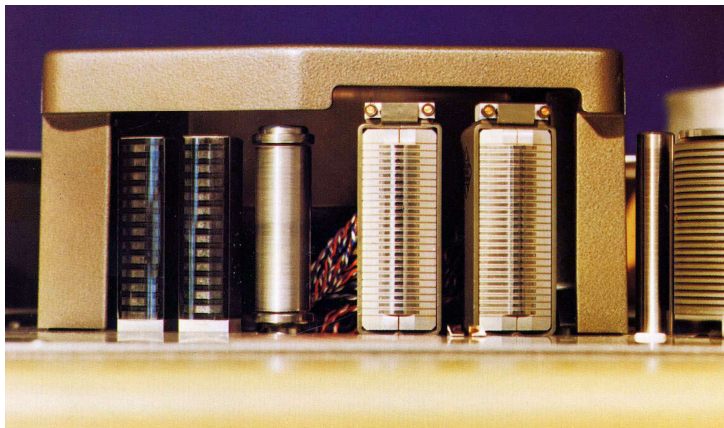


Abbildung 542 (LINKS): Der Kopfträger des Magnetophon 15A mit 24 Spuren (Spurbreite 1,0 mm, Trennschuldbreite 1,13 mm).

Abbildung 543 (RECHTS): 50 Jahre Magnetophon auf einem Bild (Geräte von links nach rechts: Magnetophon M 20, Magnetophon 15A, 16-Spur-Ausführung, Magnetophon K 4).

Abbildung 544: AEG-Telefunken Magnetophon M 16, Labormuster, etwa 1985 gebaut.



Dem Vernehmen nach war auch eine Mehrspur-Version in der Entwicklung. Nachdem AEG den Magnetophon-Bereich an Studer veräußert hatte, wurde die Entwicklung des M 16 nicht weitergeführt.

Magnetophon M 28 und Magnetophon M 12

Nach dem Auslaufen der Magnetophon-Modelle M 23, M 24 und M 26 um 1962 (Seite 417) stellte Telefunken Konstanz 1967 das „kleine Studio-Tonbandgerät“ Magnetophon 28 vor, gebaut bis etwa 1973.³⁰³⁸ Es gehört zur gleichen Klasse wie das ebenfalls 1967 erschienene Revox-Tonbandgerät A77, das zwar nominell für anspruchsvolle Amateure gedacht war, aber im professionellen Umfeld ebenfalls eine gute Figur machte.



Abbildung 545: Das Telefunken Studio-Tonbandgerät Magnetophon 28A (Mischpult-Ausführung)

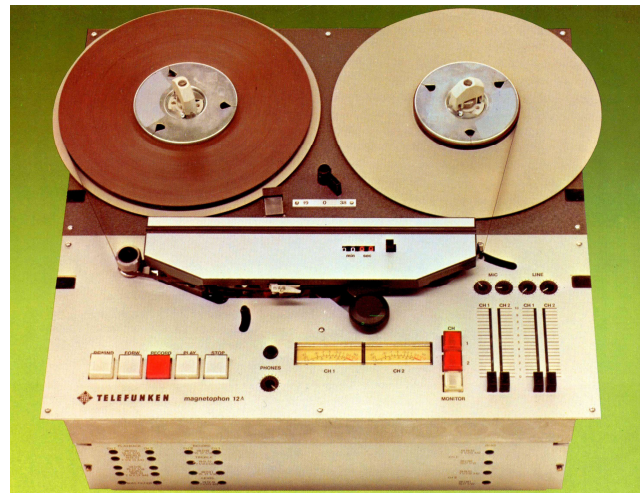


Abbildung 546: AEG-Telefunken Magnetophon M 12A, ebenfalls in Mischpultausführung. Schräg oberhalb des linken VU-Meters ist die eingebaute Bandschere zu erkennen.

Das Magnetophon 28, nach dem Bausteinprinzip und nur für die internationale „Schichtlage innen“ konstruiert, wurde mittels Kombination verschiedener Baugruppen für diverse Einsatzgebiete maßgeschneidert. Die am reichhaltigsten ausgestattete Variante dürfte die „Mischpultausführung“ M 28A gewesen sein. Zwei symmetrische Mikrofoneingänge plus zwei Hochpegel-Eingänge (zum Mikrofoneingang umrüstbar) sowie zwei Standard-VU-Meter erlaubten durchaus kleine, also weniger anspruchsvolle Produktionen ohne Mehrkanalmischpult und dergleichen. M 28 A war für die Bandgeschwindigkeiten 9,5 und 19,05 cm/s und Zweikanalaufzeichnung ausgelegt. Ohne Mischpult und Anzeigeelemente geliefert wurden die beiden „Rundfunkausführungen“ M 28B und M 28C; statt dessen waren studioübliche Ein- und Ausgänge für den Standardpegel +6 dB 1,55 V vorgesehen. Die Bandgeschwindigkeiten waren 19,05 cm/s und 38,1 cm/s; M 28B hatte Vollspur-Köpfe, M 28C war eine Zweikanal-Ausführung mit Spurwahlschalter (was also sowohl Stereo- wie auch Halbspurbetrieb bei 2,3 mm Spurweite erlaubte). Schließlich erschien 1968 auch eine Version mit Pilotton-Aufnahme- und -Wiedergabeverstärker, womit die M 28 auch für kleinere Film- und Fernsehproduzenten in Frage kam.³⁰³⁹ Alle M 28 waren für 10 1/2-Zoll Spulen (26,5 cm) ausgelegt. Ohne Probleme konnten aber auch 1000-Meter-Wickel verwendet werden. Die Tonwelle wurde indirekt über einen Flachriemen von einem polumschaltbaren Hysteresesynchronmotor angetrieben.

Nach und nach stellte sich heraus, dass die mechanische Stabilität des Magnetophon 28 für den professionellen Einsatz nicht genügte. Einige wenige Fotos – eines davon eindeutig beschriftet – zeigen einen Typ M 29, der zumindest bis zur Musterproduktion gelangt war. Seine äußerliche Übereinstimmung mit dem späteren M 12A (Abbildung 546) lässt vermuten, dass letzten Endes nur ein Name gewählt wurde, der die Zuordnung zu den professionellen Magnetophonen signalisieren beziehungsweise jede „Klassenähnlichkeit“ mit den Magnetophonen M 23, M 24 und M 26 ausschließen sollte. Letztlich entstand 1970 als stark überarbeiteter Nachfolger – mit deutlich verstärkter Grundplatte – das Magnetophon M 12. Das Innenleben der Typen M 28 und M 12 sowie des M 12A war teilweise gleich (indirekter Tonwellen-Antrieb von einem Hysteresesynchronmotor) und die Bandgeschwindigkeits-Paarungen (19/38 oder 9,5/19 cm/s) waren unverändert, auch wurden einzelne Baugruppen weiterverwendet.³⁰⁴⁰ Das M 12 konnte auch mit freitragenden Wickeln und AEG-Kernaufnahme betrieben werden. Zu den bisherigen Spurkonfigurationen kam eine Vollspur-Ausführung mit Pilotton und einem einstellbaren Modulationseingang hinzu. Die wichtigsten Laufwerks-Funktionen des M 12 waren zudem auch über einen Fernsteuerzusatz zu bedienen. Zur einfacheren Bedienung trug eine tastenbetätigte Bandschere bei, die das Band unmittelbar vor dem Wiedergabekopf durchschneiden konnte; diese Zusatzausrüstung (wie auch beim Magnetophon M 15 von dem Wedeler Fachbetrieb Peter Westphalen geliefert) war allerdings nicht serienmäßig.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen M 12 und M 12A lag in der Laufwerksteuerung. M 12 hatte eine relativ einfache Ausführung, die versehentliche Fehlbedienungen nicht erkannte. Anders das M 12A: hier war eine Steuerelektronik eingebaut worden, deren interne Logik unzulässige „Eingaben“ abfing und damit unerlaubte Laufwerks-Reaktionen verhinderte. Äußere Unterscheidungsmerkmale waren beim M 12A eine Umlenkrolle links vom Kopfträger (anstelle eines Bandfühlshebels beim M 12), die die Fühlhebel-Funktion übernahm, sowie große, quadratische Bedienungstasten, die die länglich-rechteckigen des M 12 ersetzten.³⁰⁴¹

19-Zoll-Geräte: M 20, M 21, M 21R

Um 1980 entstanden als Folge neuer Rundfunk-Gesetze im westlichen Europa zahlreiche private Rundfunkanstalten (in Deutschland ab etwa 1984), deren Programme sich ebenso stark von denen der (bis dahin ausschließlich existierenden) öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten unterschieden wie ihre Produktions-Verfahren und -Umfänge. Vor allem in der sogenannten „Dritten Welt“ herrschte diese Organisationsform vor. Finanziell oft recht eingeschränkt, benötigten private Hörfunksender preiswertere Geräte als die typischen Studiomaschinen wie M 15A, und so entstand ein neues Marktsegment für kleine, nichtsdestoweniger technisch hochwertige Tonbandgeräte, die bald auch bei den „öffentlich-rechtlichen“ Anstalten zu finden waren (die M 15A-Fertigung lief derweilen weiter). Die gelegentliche benutzte Bezeichnung „19-Zoll-Maschinen“ weist auf ihre kompakte, für den Gestelleinbau gedachte Größe hin, aber auch darauf, dass diese Typen in allen Lagen zwischen waage- und senkrecht betriebsfähig waren, so dass sie bei leichter Schrägstellung auch im Sitzen bedient werden konnten. Typische Vertreter dieser Gattung sind die zwei (beziehungsweise drei) letzten AEG-Magnetophon-Typen, M 20, M 21 und M 21R. AEG konnte zwar ca. 1.500 dieser Maschinen fertigen,³⁰⁴² nach anderen Quellen sogar 3.000 Stück,³⁰⁴³ aber diesen Zahlen stehen die Erfolge der aufs gleiche Marktsegment zielenden Studer A810 (seit 1982) und insbesondere der 1986 erschienenen A807 gegenüber, von der allein bis 1992 5.000 Stück gefertigt worden waren.³⁰⁴⁴ – Eine Sonderlösung, das für den Rundfunkbetrieb gedachte Kassettensystem Magnetophon M 19, wird auf den Seiten 519 f. vorgestellt.

Magnetophon M 21

Nachdem ein Vorserienmodell des M 21 im Jahr 1982 noch nicht recht überzeugt hatte, verließ das erste Gerät der ausgereiften Version im Frühjahr 1986 das Werk Konstanz. AEG beschrieb diesen Typ in nüchternster Technikerprosa so:

Das Studio-Magnetongerät M21 (kurz für „Magnetophon 21“) ist für Tonaufnahme und -wiedergabe höchster Qualität bei Rundfunk und Fernsehen, in der Schallplattenindustrie und in Tonstudios aller Art bestimmt. Mit diesem völlig neu entwickelten Gerät setzt AEG die große Tradition der mobilen, robusten und zuverlässigen Studio-Magnetongeräte mit den geringen Abmessungen fort. Das Magnetophon 21 ist ein modernes, professionelles System mit erhöhtem Bedienungskomfort unter Berücksichtigung der modernsten Technologie.



Abbildung 547 (LINKS): Magnetophon 20 VU, Ausführung mit VU-Meter-Brücke und Abhöreinrichtung, Schichtlage innen.

Abbildung 548 (RECHTS): Der Kopfträger eines Magnetophon M 20 mit Timecode-Köpfen (links neben Löschkopf sowie zwischen Aufnahme- und Wiedergabekopf zu sehen).

Das M21 ist für die analoge Tonaufzeichnung bestimmt und soll parallel zu anderen Aufzeichnungsarten die Kontinuität in einer bewährten Technik gewährleisten und darüber hinaus alle Anforderungen für künftige Aufgaben erfüllen. AEG hat damit parallel zum Studio-Magnetongeräte-System M 15A als Masterrecorder-Klasse mit einem Kompakt-Gerät für ¼"-Magnetband seine Familie der Magnetophone abgerundet.

Das M21 bietet jetzt als logische Weiterentwicklung moderne Technologie, wie Mikrocomputer-Steuerung, elektronische Regelung des Bandzuges und des Tonwellen- und Wickelantriebs. Durch die Steuerung mit dem Mikrocomputer ist die Bedienung für das Laufwerk und die Verstärker programmierbar und damit an einen breiten Anwendungsbereich anpassungsfähig.

Die Maschine ist ausgelegt für Mono-, Stereo- oder Zweispur-Aufzeichnung für Schichtlage innen oder Schichtlage außen. Der Betrieb ist mit allen Spulenverriegelungen möglich, wie: Wickelkern mit Bandteller für freitragende Wickel, NAB-Verriegelung oder Dreizack. Dabei kann mit NAB-Spulen bis zu 12 ½" Durchmesser oder Bandtellern mit 300 mm Durchmesser gearbeitet werden. Der minimale Kern-Durchmesser von Bandspulen ist 45 mm.

Das kompakte und leicht transportable Gerät erfüllt die Anforderungen von Studios sowohl an das Laufwerk als auch an die Verstärker.

Dieses Magnetongerät ist für den stationären Betrieb in Studios, Übertragungswagen und mobilen Anlagen geeignet. Durch seine geringen Abmessungen und damit geringem Platzbedarf eignet sich das M21 auch sehr gut für den Einbau

in 19"-Gestelle oder Koffer. Selbstverständlich kann das Gerät auch in alle vorhandenen Truhen eingebaut werden. Eingebaut ins Vario-Gestell ist sogar die Wahl der Arbeitshöhe und Geräteneigung für sitzende oder stehende Bedienung möglich. Das Gerät arbeitet in jeder Lage zwischen horizontal und vertikal. Besonders wichtig für den Betrieb im Ü-Wagen ist: Das M21 ist bei -5 °C nach einer Anlaufzeit von 5 Minuten betriebsbereit.

Für den weltweiten Einsatz sind alle Entzerrungen IEC (CCIR), NAB oder AES einstellbar. Die Aufnahme- und Wiedergabeköpfe sind mit 0,75 mm oder 2 mm Zwischenraum zwischen den beiden Tonspuren lieferbar. Außerdem ist als Zusatzgerät eine VU-Meter-Einheit mit Abhörlautsprecher und Kopfhöreranschluss lieferbar.³⁰⁴⁵

Weiter sind genannt: Magnetköpfe aus amorphem Metall, Magnetbandantrieb mit quarzbezogenem, elektronisch geregelten bürstenlosen Gleichstrommotor als Direktantrieb, vier Bandgeschwindigkeiten; Tonwellenregelung bestehend aus Frequenzregelung für schnelle Korrektur, Phasenregelung für exaktes Halten des Sollwerts, elektronisch geregelte Wickelantriebe mit Gleichstrommotoren und Standbremse, gewählte Umspulgeschwindigkeit konstant, das heißt, unabhängig vom Wickeldurchmesser, Aufsuchen von Bandstellen mit konstanter Abhörgeschwindigkeit rückwärts (Reverse) und automatischer Übergang in Wiedergabe bei Loslassen der Taste und schließlich eine hohe Vormagnetisierungs-Frequenz 205 kHz.

Unverkennbar hatten Datenverarbeitungs- und Regelungstechnik weitgehend alle kritischen mechanischen Bauteile eines Tonbandgeräts teils ersetzt, teils kompensierten sie elegant ihre Unvollkommenheiten. Es scheint, als hätten sich per Mikrocomputer alle sinnvollen Wünsche verwirklichen lassen, die aus der Praxis an die Entwickler herangetragen wurden. Bei aller Kompaktheit war das M 21 allerdings kein Leichtgewicht: das Chassis wog immerhin 45 kg, das der M 15A (6,3 mm-Ausführung) nur wenig mehr, nämlich 53 kg.

Neben der Ausführung für 6,3 mm-Magnetband gab es auch eine Version M 21-1/2" für 12,7 mm-Band; dazu heißt es in einem Prospekt:

Bevorzugt wird die Stereo-Ausführung mit einer Bandgeschwindigkeit von 38 / 76 cm/s zur Herstellung eines Masterbandes für die Schallplattenproduktion (disk mastering) oder die Zwei- aus-Vierspur-Ausführung mit einer Bandgeschwindigkeit von 9,5 / 19 cm/s zur Herstellung eines Masterbandes für die Kassettenproduktion.³⁰⁴⁶

Erhaltenen Unterlagen zufolge blieb es allerdings bei nur elf dieser Geräte, ausgeliefert im Frühjahr 1985.

Magnetophon M 21R

Das „Redaktions-Magnetongerät magnetophon 21R“, so die AEG-Bezeichnung, hat man sich als vereinfachtes M 21 vorzustellen – das Gerät sollte offenbar mehr zu Abhör- und Schnittaufgaben dienen als zur Produktion (oder unauffällig eine preiswertere Ausführung kennzeichnen). Die qualitätsbestimmenden Antriebs- und Verstärker-Kennzeichen dieser Ende 1985 erstausgelieferten Version blieben beibehalten, jedoch waren nur die Bandgeschwindigkeiten 19,05 und 38,1 cm/s vorgesehen, auch fehlten die meisten elektronischen Bedienungshilfen des M 21.³⁰⁴⁷ Die Auflage des M 21R blieb nur etwas halb so hoch wie die des M 21. Bezeichnenderweise war die Bauart „Schicht innen“ mit rund 71 % vertreten.³⁰⁴⁸

Magnetophon M 20

Äußerlich dem M 21 fast zum Verwechseln ähnlich sah das Magnetophon 20 aus, vorgestellt zur Feier des Jubiläums „50 Jahre Magnetophon“ im Jahr 1985 und ab Anfang 1986 ausgeliefert. Vom Paralleltyp hatte das M 20 einen Großteil der elektronischen beziehungsweise datenverarbeitenden Ausstattung geerbt (die Leistungsdaten stimmen weitgehend überein), übertraf ihn aber mit ausgeweiteten und verfeinerten Bedienungshilfen. So bekam das M 20 nicht nur die elektronische Laufwerkssteuerung (einschließlich aller Fernbedienungsmöglichkeiten), optional ließ sich die Maschine sogar von einem externen Computer einmessen und überwachen – ideal für den automatisierten Sendungsablauf. Als große Neuerung war das M 20 für 80 bit-Timecode-Verkopplung mit weiteren Ton- und Bildgeräten ausgelegt, vor allem wohl professionellen Videorecordern (und zwar wahlweise für 25 Hz / PAL wie 30 Hz beziehungsweise 29,97 Hz / NTSC). Zu den vier serienmäßigen Bandgeschwindigkeiten zwischen 9,53 cm/s und 76,2 cm/s konnte der jeweils gewünschte Entzerrungsstandard (CCIR oder NAB) voreingestellt werden. Für wechselnde Einsatzbedingungen hielt der Speicher die Einmessparameter für drei beliebig wählbare Bandsorten (unter anderem Vormagnetisierung, Empfindlichkeit, Frequenzgang) bereit. Die Bandgeschwindigkeit war mittels eines Potentiometers im Bedienfeld um ±20 %, extern sogar um ±50 % variierbar. Die Position von vier beliebigen Bandstellen speicherten „Locator“-Tasten, was gezieltes und zeitsparendes Anfahren zuvor „gesetzter“ Bandpositionen erlaubte.³⁰⁴⁹ Wie bei der Vielfalt aller dieser „Angebote“ nicht anders zu erwarten, dürften auch versierte TechnikerInnen einige Einarbeitungszeit gebraucht haben, um das volle Potenzial der Maschine zu nutzen.

Soweit die vorhandenen Lieferaufstellungen des M 20 vollständig sind, dominierte mit fast 70 % die „Schicht innen“-Ausführung, davon war gut die Hälfte zur Timecode-Verkopplung mit weiteren Ton- und Bildgeräten ausgelegt. Alle M 20-Lieferungen zusammengerechnet, machten die „Schicht außen“-Geräte nur ein Fünftel der Auflage aus, darunter die am 14. August 1989 ausgelieferte letzte Maschine. Drei im August 1988 gebaute M 20 arbeiteten mit der Bandbreite ½ Zoll, deren zwei 5,07 mm breite Spuren (nach DIN IEC 94 Teil 6) etwa 3 dB bessere Geräuschabstandswerte garantierten als die Stereoaufzeichnung auf ¼ Zoll-Band mit 0,75 mm Trennspur und 2,575 mm Spurbeite.³⁰⁵⁰ Derartige Maschinen dürften vor allem mit hochwertigen analogen Sicherungskopien wertvoller Originalaufnahmen betraut worden sein.

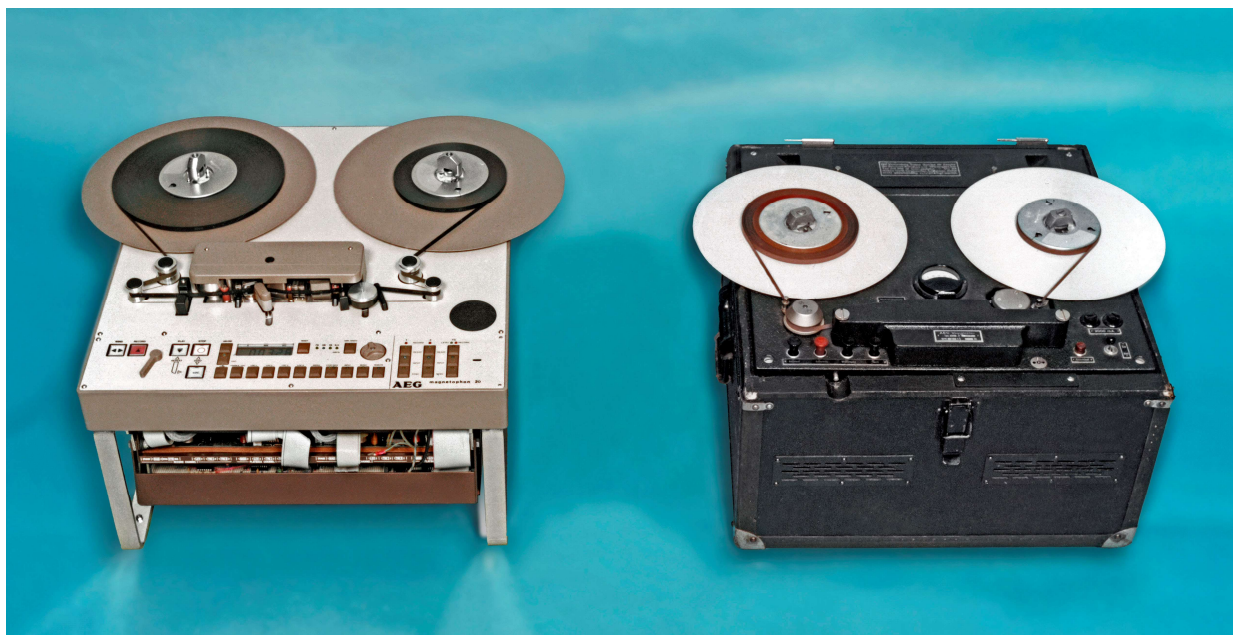


Abbildung 549: Knapp 50 Jahre AEG-Magnetophon-Entwicklung auf einem Bild: Magnetophon 20 von 1985, letztes und höchstentwickeltes Gerät, und Magnetophon K 4 (1939), mit dessen RRG-Variante R 22 die Geschichte des Magnetophons beim Rundfunk begann. 1989 stellte AEG-Telefunken den Magnetophon-Gerätebau ein.

Ende der AEG-Magnetophon-Produktion 1989

Der Bereich Magnetbandtechnik war innerhalb des 1989 „AEG Olympia AG“ genannten Firmenverbundes mit zuletzt etwa 60 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz von DM 20 Mio (ca. € 10 Mio) eine aus Management-Sicht eher zu vernachlässigende Größe und hatte wohl auch damit zu kämpfen, innerhalb des Konzerns die für ein eher sensibles Projekt notwendigen Freiräume zu finden. Wie dies zu verstehen ist, zeigt am ehesten der Vergleich mit dem bedeutendsten Mitbewerber, der damaligen Studer-Revox-Gruppe im schweizerischen Regensdorf, nur 70 km von Konstanz entfernt. Über Jahrzehnte von einem charismatischen und allgemein geachteten Unternehmer, Dr. e.h. Willi Studer, geleitet, waren hier die Studiomaschinen das Haupt- und Leitprodukt des ganzen Hauses, während sie im Firmenverbund AEG Olympia kommerziell eher eine Nebenrolle spielten. In den Geschäftsjahren 1985/1986 bis 1988/1989 hatte Studer mit Studiomaschinen und Zubehör jährlich durchschnittlich CHF 100 Mio (ca. € 67 Mio) umgesetzt, also ein Mehrfaches des AEG-Magnetophon-Umsatzes.³⁰⁵¹ 1983 war in einem Zeitungsbericht zu lesen, die AEG habe bis dahin weltweit 15.000 Magnetongeräte „im Gegenwert von 200 Millionen DM an den Mann“ gebracht – eine nachprüfbare Quelle für diese Zahlen ist nicht mehr zu finden.³⁰⁵²

Bei AEG-Telefunken dominierten bis zuletzt Rundfunkanstalten, vor allem der ARD, unter den Haupt-Abnehmern – oder umgekehrt: der AEG-Umsatz resultierte zu einem Gutteil aus den innerhalb der ARD eingesetzten Maschinen mit „deutscher“ Schichtlage. Der Versuch der AEG Olympia, auch den florierenden nordamerikanischen Markt zu erschließen, scheiterte nicht zuletzt am personellen Einsatz: in Nashville, TE (Dr. e.h. Willi Studer war Ehrenbürger der Stadt) versuchte AEG mit gerade *einem* Mitarbeiter, gegen die übermächtige Schweizer Konkurrenz anzukommen.³⁰⁵³ Und doch kam die während der AES-Convention im März 1989 in Hamburg bekanntgegebene Entscheidung der AEG Olympia AG, „ihre Geschäftsaktivitäten im Bereich Magnetbandtechnik in Konstanz aufzu[zu]geben“, auch für Branchenkenner überraschend.³⁰⁵⁴

Im Nachhinein ist hier die erste schwere Verwerfung zu lokalisieren, die den scheinbar so stabilen Kontinent der analogen, magnetbandgestützten Aufzeichnungstechnik innerhalb des nächsten Jahrzehnts immer stärker erschüttern und schließlich auf einen Bruchteil seiner früheren Bedeutung reduzieren sollte. 1995 stellte 3M die Magnetbandproduktion ein, zum Jahresbeginn 1997 schied die gerade erfolgreich sanierte BASF Magnetics GmbH als EMTEC Magnetics GmbH aus dem BASF-Verbund aus. Ampex hatte sich schon vor Jahren aus dem Audio-Geräte-Sektor zurückgezogen und 1995 die Magnetband-Produktion der Nachfolgefirma Quantegy übertragen, die 2007 endgültig in die Insolvenz ging.³⁰⁵⁵

Studer A816: M 15A-Nachfolger aus Regensdorf

Das „Arbeitsgebiet Magnetophon“ verkaufte AEG Olympia AG zum 1. April 1989 an das Haus Studer, das auch den Service und die Ersatzteillieferung übernahm. Studers Maschinen waren, mit der Ausnahme A81, durchweg für die international übliche Magnetschichtlage innen gebaut. Woher sollte nun die ARD, in deren Schallarchiven nicht weniger als rund 60 Mio. „Schicht außen“-Bänder lagerten, Ersatz für die allmählich alternden M 15 der ersten Generation bekommen? Angesichts dieser „marktpolitischen Dimension“ konnten ARD und das Haus Studer eine Übereinkunft erzielen, nach der der M 15-Nachfolger in Regensdorf gebaut werden sollte (und man-

gels Alternative wohl auch musste). Doch den Konstanzer Prototyp M 16 zur Serienreife bringen, konnte Studer „aus logistischen und servicetechnischen Gründen“ nur ablehnen.³⁰⁵⁶ Die Lösung: Entwicklung einer mit der ARD-„Einheitstruhe“ für Magnetbandgeräte kompatiblen Maschine, worauf sich ARD und Studer Ende 1989 verständigten. Das Studer A816 genannte Ergebnis passte aber nicht nur elektrisch, sondern vor allem auch ergonomisch zur ARD: die Maschine übernahm wesentliche Bedienungsmerkmale vom M 15, so dass die TontechnikerInnen, deren Arbeitsstil sich seit Jahren auf das M 15 eingespielt hatte, sozusagen eine vertraute Umgebung wiederfanden. Ein Fachbericht zählt auf:

- die Bandführung wurde der M 15 nachempfunden, obgleich hier ein anderes technisches Konzept zugrunde liegt
- die Maschinenfunktionen verfügen über eine ähnliche Anordnung; die Funktionen der Laufwerksteuerungstasten ließen sich nach dem Telefunken-Standard konfigurieren: U(mspulen), A(ufnahme), W(iedergabe), H(alt).
- die Umspulfunktion wird durch Funktionsanwahl und einen Rangierhebel mit kontinuierlicher Geschwindigkeitsregelung gesteuert
- die Edit-Funktion, welche die Bandabhebefunktion deaktiviert, wird über einen rechts angeordneten Drehhebel aufgerufen
- der Bandmarkierungsstempel wurde der Konstruktion des M 15-Stempels nachempfunden [...]
- die Schneide- und Klebschiene auf der rechten Seite der Maschine ist etwa gleich angeordnet
- der Schnittwinkel der Bandschere verläuft, anders als bei Studer-Bandscheren üblich, im 60 Grad-Winkel von links oben nach rechts unten [...]
- optional ist eine eingebaute Vorkopfbandschere erhältlich, ähnlich dem alten M 15-Konzept [...]³⁰⁵⁷



Abbildung 550 (LINKS): Studer A81, eine für ARD-Anstalten entwickelte Version der erfolgreichen Studer A80, und daher für Schichtlage außen ausgelegt. Erste Auslieferungen 1976. Bandgeschwindigkeiten 19,05 cm/s und 38,1 cm/s, Trennschrittbreite 0,75 mm.

Abbildung 551 (RECHTS): Studer A816, ebenfalls ausgelegt für Schichtlage außen, Nachfolgerin des M 15 oder „Erbin“ des Magnetophon M 16, gebaut für deutsche Rundfunkanstalten, erste Auslieferungen 1992. Die A816 konnte in die M 15A-Truhe eingeschoben werden. Sie bot vier Bandgeschwindigkeiten zwischen 9,5 cm/s und 76,2 cm/s und eine Vielzahl programmierbarer Funktionen – fast könnte man sie als „Computer zum Be- und Abspielen analoger Magnetbänder“ bezeichnen, was nicht zuletzt eine immerhin 539 Seiten starke Betriebs- und Service-Anleitung belegt (knapp der Textumfang der vorliegenden Arbeit ...)

Freilich war die A816 kein oberflächlich modernisiertes M 15, sondern eine in ihrer Antriebs- und Ausstattungs-Konzeption durchaus Studer-typische Lösung, in die viele der Bedienungs- beziehungsweise Komfort-Merkmale etwa der Studer A820 oder auch des Magnetophon M 20 eingegangen waren – und zwar in einer Vielfalt und Flexibilität, die sich hier einer angemessenen Darstellung entzieht. Der zitierte Fachbericht schließt:

Ausgereift müßte das Prädikat bei der Beurteilung der A816 heißen - ausgereizt das Prädikat für die Technologie der analogen Aufzeichnungstechnik, die mit dieser Maschine erreicht wurde. Es scheint so, als hätten 50 Jahre „Senkelmaschinengeschichte“ mit der A816 ihren Höhepunkt und, auch dies ist durchaus nicht auszuschließen, ihren Abschluss gefunden. Dank der soliden Bauweise der A816, die zwangsläufig auch ihren Preis hat, wird das Ende der analogen Zweispur-Ära in 5, 10 oder gar 15 Jahren sicherlich noch von ihr mit geprägt werden.³⁰⁵⁸

Ein A816-Prototyp war Ende 1990 auf der Tonmeistertagung Karlsruhe zu besichtigen, Ende 1991 / Anfang 1992 begann die Serienfertigung, die es allerdings nur auf knapp 200 Geräte brachte.³⁰⁵⁹ Aber mit dem Marktverfall für analoge Magnetbandgeräte trennte man sich auch in Regensburg vom AEG-Telefunken-Erbe: Mitte 1998 übernahm die Hamburger Firma Hilpert-Tonstudiotechnik Ersatzteilvertrieb und Service-Angebote, auch für AEG-Maschinen. Mit dieser melancholisch stimmenden Rückkehr nach Hamburg endet schließlich auch die Geschichte der AEG-Magnetophone.

Was die 1992 vorhergesagte Lebensdauer (nicht nur) der A816 angeht, behielt der Autor Recht: 2002 fand sich in Sendekomplexen des Bayerischen Rundfunks „versteckt in einer Truhe die einzige Bandmaschine der Welle. Für die tägliche Arbeit wird sie in der Rechner-gestützten, rein digitalen Umgebung nicht gebraucht, aber wenn einmal ein Redakteur mit einem alten O-Ton aus dem Archiv käme, hätte man noch die Möglichkeit der Umspielung“³⁰⁶⁰ (eine bezeichnende Häufung von Konjunktiven!): auch hier hatte die Magnetplatte das Magnetband abgelöst.



Abbildung 552 (LINKS): Studer A80, vorgestellt 1970 (für Bandbreite 6,3 mm, Bandgeschwindigkeiten 19,05 cm/s und 38,1 cm/s), hier in der Ausführung mit VU-Meter-Konsole.



Abbildung 553 (RECHTS): Studer A820, das Regensdorfer Flaggschiff in Sachen analoger Bandaufzeichnung auf 6,3 mm breitem Magnetband, vorgestellt 1984. Neben dem nun acht Jahre alten, recht schnörkellosen M 15 wirkte die A820, „eine außerordentlich elegante Erscheinung mit der Ausstrahlung von Präzision und großzügigem Bedienungskomfort“, wie der Vorreiter einer neuen Generation – doch die A820-Familie war sozusagen der Abgesang auf die analoge Periode der magnetischen Schallaufzeichnung; zwei Jahre später erschien die „digitale Schwester“ D820X, 1989 die Mehrkanal-Maschine D820 MCH, die auf nur ½ Zoll breitem Band 24 Kanäle im DASH-Format aufzeichnen konnte.

Tabelle 10: Spurbreiten bei Mehrspurmaschinen (genaue Angaben siehe DIN IEC 94, Teil 6)

Spurzahl	Bandbreite	Nutzspurbreite	Trennspurbreite
8	25,4 mm	1,78 mm	1,52 mm
16	50,8 mm	1,78 mm	1,45 mm
24	50,8 mm	1,0 mm	1,13 mm
32	50,8 mm	0,7 mm	0,88 mm
Zweispur mit Timecode-Aufzeichnung (DIN IEC 94 Teil 10)	6,3 mm	1,95 mm	2,0 mm / Timecodespur 0,38 mm

Multitrack Recording

Mehrspurtechnik für die Tonaufnahme

Dass man Magnetband nicht nur auf seiner vollen Breite bespielen kann, sondern auch „streifen-“ oder „spuren“-weise, hatte Fritz Pfelemer schon 1931 demonstriert. Die ersten *serienmäßigen* „Halbspur“-Magnetbandgeräte erschienen gegen Ende der 1940er Jahre, die Viertelspurtechnik setzte sich bei Heimtonbandgeräten seit 1959 durch. Im „Vor-Stereo-Zeitalter“ waren das, genau genommen, keine Mehrspur-, sondern voneinander unabhängige, schmalspurige Einspur-Aufzeichnungen, um das Magnetband möglichst gut auszunutzen; für die Magnetkopftechnologie brachte diese Entwicklung wichtige Kenntnisse und Erfahrungen.

Dagegen sind bei Stereo-Aufnahmen, wie sie die RRG seit 1943 / 1944 praktizierte, die beiden Spuren nicht unabhängig voneinander, sondern müssen zur Erhaltung der Richtungsinformationen absolut synchron aufgezeichnet und abgetastet werden. Das gilt auch für die sieben-, später sechskanaligen Tonaufzeichnung der Cinema-, CinemaScope- und Todd-AO-Kinofilme, weil die Aufzeichnungen bestimmten „Richtungslautsprechern“ zugeordnet sind, ähnlich auch für die hochgelobten Drei-Spur-Stereoaufnahmen auf Halbzoll-Band, mit denen Ampex während der 1950er Jahre in den USA Furore machte.

Die technischen Wurzeln der Mehrspurtechnik liegen, wieder einmal, bei Eduard Schüller. Am gleichen Tag des Jahres 1942, als er das Schutzrecht auf den Stereo-Magnetkopf anmeldete, reichte er auch eine Anmeldung „Hör- oder Sprechkopf für Mehrspuraufzeichnung bei der magnetischen Schallaufzeichnung“ ein, die einen Magnetkopf für mehrere getrennte Spuren mit drei oder mehr Einzelköpfen sowie Abschirmplatten zwischen den Systemen beschreibt. Sein Hinweis auf einen zusätzlichen „Einzelkopf zur Aufzeichnung und Wiedergabe von Steuersignalen“ könnte bedeuten, dass Schüller an mehrspurige Filmtonaufzeichnungen gedacht hat – die unumgängliche elektrische Verkopplung des Magnetfilmläufers mit dem Projektor oder mehreren Ton-Maschinen untereinander hätte er damit bereits vorweggenommen.³⁰⁶¹

Playback mausert sich zu „Sel-sync“

Der bahnbrechende Einfall, bei Musikproduktionen zunächst die Begleitstimmen aufzuzeichnen, diese Aufzeichnung einem Musiker vorzuspielen und dessen Darbietung ebenso wie die Erstaufnahme auf einem zweiten Gerät festzuhalten, dürfte schon in frühesten Jahren der Tonfilmtechnik geboren worden sein. Dieser bekannteste aller Tontricks, schlicht „*playback*“ genannt, lässt sich mit zwei Tonbandgeräten bequem verwirklichen, ja sogar auf mehrere Generationen ausweiten. Je besser die Qualität der Geräte, desto mehr „Schichten“ ließen sich übereinanderstapeln, sozusagen als „Ein-Mann-Orchester“ verlebendigen. Da es aber seinerzeit fast unmöglich war, dieses Verfahren auch nur auf zwei *wiedergebende* (plus ein aufnehmendes Gerät) auszuweiten, weil ein präzises synchrones Zusammenspiel nicht zu erreichen war, blieben das Notbehelfe. Kein Wunder, dass gerade ein Playback-Perfektionist, der amerikanische Gitarrist Les Paul, die Entwicklung einer neuen Tonbandgeräte-Generation, der Mehrspurmaschinen, anregte: nach einigen, teils selbstgebauten Provisorien ³⁰⁶² orderte er 1955 bei Ampex als Sonderanfertigung ein Acht-Spur-Magnetbandgerät mit 1 Zoll (25,4 mm) breitem Band, das 1956 betriebsbereit war.³⁰⁶³ „Sel-Sync“ (Selective Synchronous Recording) – den entscheidenden technischen Einfall hatte der Ampex-Ingenieur Ross H. Snyder ³⁰⁶⁴ – verhalf Les Paul und seiner Frau Mary Ford zu einer Reihe auch bei Technikern und Produzenten vielbeachteter Erfolgsaufnahmen.³⁰⁶⁵

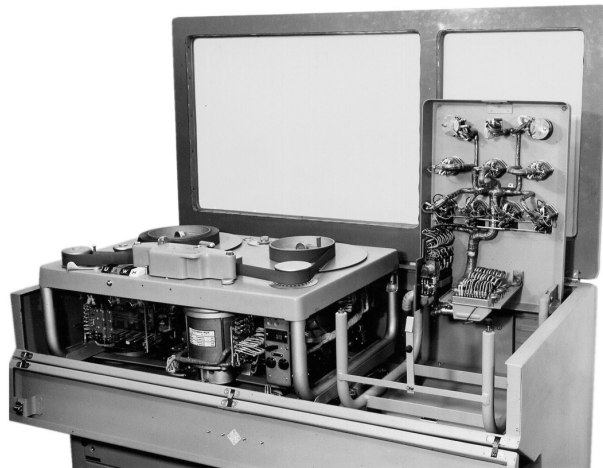


Abbildung 554 (LINKS): Magnetophon T 9, Vierspurausführung mit 1 Zoll (25,4 mm) breitem Magnetband, eine der ersten Mehrspurmaschinen. Rechts das hochgeklappte Bedienpult für die Spurwahl- und -steuerung.

Abbildung 555 (RECHTS): Magnetophon T 9, Achtspurausführung mit ebenfalls 1 Zoll breitem Magnetband, links Mischpult, rechts Laufwerk, im Knieraum die insgesamt sechzehn Verstärker. Die Konsole setzte sich nach rechts und links noch um eine Verstärkerbreite fort.

Magnetköpfe für die Mehrspur-Magnetbandgeräte

Die Schlüssel-Bauelemente für die Mehrspurtechnik sind, wie ohne weiteres einleuchtet, die Magnetköpfe. Pro Spur werden je ein Löscher-, Aufnahme- und Wiedergabesystem benötigt, also bei einem Achtspurgerät ein Achtspur-Löscher-, Achtspur-Aufnahme- und Achtspur-Wiedergabe-Magnetkopfstack. Eine solche Vielzahl von Systemen mit weitgehend identischen technischen Daten zu fertigen, sie dann so zusammenzubauen, dass die Kernspalte exakt „fluchten“ und, wegen der geforderten Kompatibilität, die Spurlagen-Standards genau einhalten, setzt beachtliche feinmechanische und metallurgische Kenntnisse voraus.

Für die praktische Arbeit mit Mehrspur-Geräten fehlt aber noch eine wesentliche Ergänzung. Ein Musiker im Aufnahmestudio muss die Aufzeichnungen auf den zuvor bespielten Spuren exakt gleichzeitig mit dem Spielen seines eigenen Parts hören können. Würde man nun die vorhandenen Aufzeichnungen mit dem Wiedergabekopf abtasten und ihm zuspiesen, wäre seine Darbietung etwas „zu weit hinten“ auf dem Magnetband aufgezeichnet, weil ja der Aufnahmekopf, in Bandlaufrichtung gesehen, vor dem Wiedergabekopf angeordnet ist. Die Abhilfe liegt nahe: man benutzt zum „Einspielen“ eben nicht die Wiedergabekopf-, sondern die entsprechenden Aufnahmekopf-Systeme und schaltet sie an die zuständigen „Taktspur-(Wiedergabe-)verstärker“. In diesem Fall zeichnet also ein System des Aufnahmekopfs in der Tat auf, während einige andere wiedergeben.

Dieser im Prinzip überschaubare technische Hintergrund der „Sel-Sync“-Technik erfordert aber einen Kompromiss: Aufnahmeköpfe mit der üblichen Spaltbreite – optimal sind 13 – 18 µm – eignen sich (wegen Verlusten bei höheren Frequenzen) nicht besonders gut zur Wiedergabe. Im Interesse hoher Taktspur-Wiedergabequalität ist es also notwendig, ihnen schmalere Kopfspalte zu geben; üblicherweise maßen sie nur 7 µm.

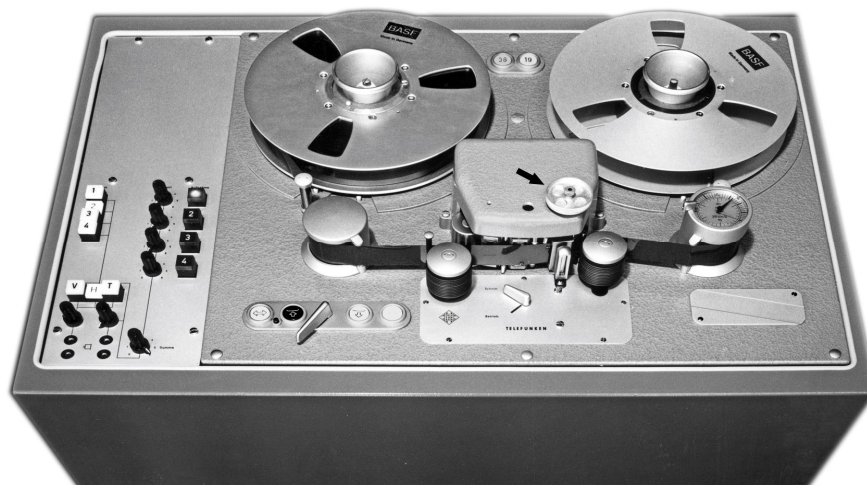
Anders als bei (reinen) Stereo-Tonbandgeräten können also bei Mehrspur-Maschinen die einzelnen Spuren unabhängig voneinander bespielt und/oder wiedergegeben werden. Die Vorteile liegen auf der Hand: eine „Spur“-Aufnahme lässt sich beliebig oft wiederholen, ohne die anderen Teil-Aufnahmen zu gefährden. So kann ein Musiker auch mehrere Parts übernehmen, etwa „mit sich selbst“ als Duo singen oder nachträglich einzelne Partien zu passender Zeit aufzeichnen, ohne dass auch die anderen Musiker anwesend sein müssen. Es war später

durchaus nichts Ungewöhnliches, dass ein Magnetband dazu in ein anderes Studio, womöglich auf einem anderen Kontinent, verfrachtet wurde. Schließlich erlaubt die Mehrspurtechnik, nahezu ihr wichtigster Vorteil, das Mischungsverhältnis der Einzelaufzeichnungen, unabhängig von Aufnahme-Zeit und -Umständen, bei einem späteren Termin auszubalancieren; damit gewannen die „post production“ eines Musiktittels und der „balance engineer“ etwa die gleiche Bedeutung wie der Schnitt beziehungsweise der „editor“ beim Spielfilm.

Abbildung 556: Eine Vierspur-Maschine für die Produktion von Masterbändern für Musicassetten, die 1-Zoll-Version des Telefunken Magnetophon M 10A. Bei dem aufgelegten Band handelt es sich vermutlich um BASF SP 50 M, das „Schicht innen“ gewickelt ist, wie bei Mehrspurmaschinen die Regel.³⁰⁶⁶

Der Pfeil zeigt auf ein nicht serienmäßiges Handrad zur Azimut-Einstellung des Wiedergabekopfs.

Eine Maschine dieses Typs benutzten die Beatles zwischen Oktober 1963 und Juni 1966 – der wesentlich bekanntere Nachfolger ist in Abbildung 557 zu sehen.³⁰⁶⁷



Nur kurz seien weitere Entwicklungen skizziert, die der Einzug der Multitracks in die Studios anstieß: die Mischpulte mussten jetzt wenigstens so viele Regler haben wie das Tonbandgerät Spuren, und so entstanden „Regietische“ mit ihrer für Außenstehende kaum noch begreifbaren Vielzahl von Einstell- und Klangbeeinflussungs-Möglichkeiten, darunter natürlich auch Mischregler zum Einspielen ins Studio. Die Anforderungen, die eine komplexe 24-Spur-Abmischung – das Erstellen des „Masterbandes“ für die Produktion von Platten, Kassetten und so weiter – an den Toningenieur stellt, führten zum Bau „automatisierter“ Mischpulte, die unter anderem Reglerbewegungen speichern und reproduzieren können. Schließlich spezialisierten sich einige Studios ganz auf das Abmischen von anderwärts gemachten Aufzeichnungen – also „post production“-Arbeiten –, was die Standardisierung der Mehrspur-Aufzeichnung voraussetzte.

Das Zeitalter der Mehrspurmaschinen begann in Deutschland mit Vierspur-Magnetophonen,³⁰⁶⁸ die 1956, anlässlich der Industriemesse Hannover vorgestellt,³⁰⁶⁹ zuerst im Studio für Elektronische Musik des Westdeutschen Rundfunks Köln und bei der DGG (Deutsche Grammophon Gesellschaft), Hannover, in Betrieb gingen.³⁰⁷⁰ Die Maschine auf Basis des damaligen Standard-Studiotonbandgeräts, Magnetophon T 9, arbeitete mit ½ Zoll (12,7 mm) breitem Band und dürfte darauf, wie später üblich,³⁰⁷¹ vier je 1,78 mm breite Spuren geschrieben haben, getrennt von 1,42 mm breiten Leerspuren beziehungsweise „Rasen“. Dieser ist notwendig, um das ungewollte „Übersprechen“ von einer Spur auf die benachbarte zu unterdrücken. Auch die britische EMI beschaffte 1958 / 1959 ein Vierkanal-T 9, ihr erstes Mehrspurgerät.³⁰⁷²

Von ihrem Nachfolgetyp, einem Achtspur-Magnetophon für 1-Zoll-Band (25,4 mm, ebenfalls auf T 9-Basis), sind nur zwei Exemplare bekannt, die seit 1958 beim Südwestfunk Baden-Baden und DGG im Einsatz waren,³⁰⁷³ nachdem die Praxis gezeigt hatte, dass vier Spuren nicht ausreichten und Zwischen-Umschnitte, das heißt, das Zusammenkopieren zweier Spuren auf eine dritte, notwendig wurden.³⁰⁷⁴ Die acht Spuren dürften je 1,78 mm breit gewesen sein, getrennt von 1,52 mm breiten Rasenstreifen. Die Magnetsysteme mussten noch auf zwei „Kopfeinheiten“ aufgeteilt werden, weil die damals verfügbare Technologie nicht erlaubte, alle acht Systeme in einem Stapel zusammenzufassen. Da der beschränkte Platz im Kopfträger keine separaten Wiedergabe-Köpfe zuließ, dienten diese Kopfsysteme sowohl für Aufnahme wie für Wiedergabe; es handelte sich also gewissermaßen um Kombiköpfe.³⁰⁷⁵ Beim SWF war bekannt, dass um 1958 amerikanische Schallplattenfirmen schon intensiv mit Mehrspur-Magnetbandgeräten arbeiteten.³⁰⁷⁶

1964 stellte die Schweizer Firma Studer den Prototyp ihrer Vierspur-1-Zoll-Maschine J37 vor, weiterentwickelt aus dem bemerkenswert erfolgreichen ¼-Zoll-Modell C37. Die J37 war das letzte Mehrspur-Modell mit röhrenbestückten Verstärkern; alle Nachfolger arbeiteten mit Halbleiterschaltungen. EMI kaufte nicht weniger als acht J37. Zwei Exemplare, mit denen zwischen Juni 1966 und September 1968 im Londoner EMI-Abbey Road Studio die Beatles und ihr Produzent George Martin arbeiteten (und unter anderem ihr Welthit-Album SGT. PEPPER'S LONELY HEARTS CLUB BAND aufzeichneten), schrieben ein Stück Technikgeschichte; derartige Maschinen sind zudem ausgesprochen langlebig.³⁰⁷⁷ Bei einer Auktion im Jahr 1980 erbrachte eine der „Beatles“-Maschinen immerhin noch £ 500.³⁰⁷⁸ Fairerweise muss hier erwähnt werden, dass die Beatles zwischen Oktober 1963 und etwa Juni 1966 ein Vierspur-Magnetophon M 10 benutzten; im Herbst 1968 wechselten sie zu einer der ersten Acht-Spur-Maschinen von 3M.³⁰⁷⁹



Abbildung 557 (LINKS): Eines der in Europa bekanntesten Vierspur-Magnetbandgeräte: Studer J37, entwickelt 1963, vor allem bekannt geworden durch seinen Einsatz bei der Beatles-Produktion „SGT. PEPPER'S LONELY HEARTS CLUB BAND“ (1967).³⁰⁸⁰

Abbildung 558 (RECHTS): Studer A80, 24-kanalige Mehrspur-Tonbandmaschine (1970).³⁰⁸¹ – Wegen der großen Zahl der „im Feld“ arbeitenden Maschinen standen A80 sowohl in der Magnetband-Entwicklung in Ludwigshafen wie in der Produktion in Willstätt im Einsatz.³⁰⁸²

Mehrspurmaschinen und ein zeitweise aktueller Trend im Aufnahmestudio, genannt Polymikrofonie, förderten sich gegenseitig. Der Einsatz von „Stützmikrofonen“ zur prägnanteren Wiedergabe von Solisten oder einzelner Instrumente(ngruppen) war bekannt, doch ihre separate Aufzeichnung und die daraus resultierenden Gestaltungsmöglichkeiten bei der späteren Abmischung ergaben teils neuartige Klangbilder, die freilich qualifizierter Kritik nicht immer standhielten. Andererseits konnten Produzenten und Tonmeister die Mehrspur-Technik bewusst und gezielt einsetzen, um einen bestimmten „Sound“ zu betonen oder gar zu erzeugen, letzteres dank einer bunten Palette von Effektfiltren und Hallgeräten, was ihnen zu einer stärkeren Stellung gegenüber den ausübenden Musikern verhalf. Private Musikstudios mussten der Neigung ihrer Kunden Rechnung tragen, geräte-technische Ausstattung und künstlerisch-technische Kompetenz in Beziehung zueinander zu setzen: wer keinen Multitrack-Recorder neuester Generation vorzuweisen hatte, galt schnell als rückständig.

Auch die Mengenproduktion von Musicassetten kam ohne Mehrspur-Maschinen nicht aus, musste doch das Masterband (Seite 514) vier Spuren tragen, das heißt, die beiden Stereo-Spurpaare für Hin- und Rücklauf einer Musicassette. Die Bandbreite dieser Vierspur-Geräte war hier anfangs 1 Zoll, später überwiegend $\frac{1}{2}$ Zoll.

Mehrkanalmaschinen wurden häufig auch mit professionellen Videorecodern verkoppelt, die meist nur eine, bestenfalls zwei Tonspuren aufwiesen, die in der Regel weder die Tonqualität noch die Bearbeitungsmöglichkeiten der Mehrspur-Technik boten. Konnte ein solcher Videorecorder den SMPTE-Zeitcode (stark vereinfacht gesagt: eine auf Band in Impulsform aufgezeichnete millisekundengenaue Zeitansage) auslesen, genügte das bereits für die Verkopplung mit einem Mehrspurgerät: die Tonbandmaschine las aus den Veränderungen des Zeitcodes ab, ob sie wiedergeben oder aufnehmen, umspulen oder stoppen sollte.³⁰⁸³

Es kann nicht die Aufgabe dieser auf technische Aspekte begrenzten Arbeit sein, die Gestaltungs-Möglichkeiten detailliert zu erörtern, die die Mehrspurtechnik im künstlerischen Bereich öffnete – siehe dazu etwa den Abschnitt „Magnetband und elektronische Musik“ (Seite 396).

Der bei jeder künstlerischen Betätigung mitschwingende Spieltrieb fand, wie abzusehen, rasch Ausprägungen, die immer wieder an die technischen Grenzen der Mehrspur-Geräte heranführten und den Bau einer neuen Generation mit noch mehr Spuren anstießen. Zu den kreativsten Künstlern scheinen die Beatles gehört zu haben; aufgrund ihrer kommerziellen Erfolge konnten sie fast jederzeit durchsetzen, dass modernstes „equipment“ angeschafft wurde, und gehörten so zu den Wegbereitern der Mehrspurtechnik. Allerdings hatten die Beatles als Gruppe an dem eigentlichen Durchbruch zur 24-Kanal-Technik nicht mehr teil.

3M tat 1966 den Schritt zur „echten“ Achtspur-Maschine M23 (also mit jeweils achtspurigen Aufnahme- und Wiedergabeköpfen). Im Oktober 1967, kaum zufällig genau 20 Jahre nach der ersten Vorführung ihres Model 200, stellte Ampex die 16- und 24-Spur-Maschinen AG-1000-16 und AG-1000-24³⁰⁸⁴ für 2 Zoll = 50,8 mm breites Band vor: „The transport is similar to those used on video recorders“,³⁰⁸⁵ was natürlich nicht das letzte Wort in Sachen Laufwerkstechnik und Design sein konnte. Studer nahm sich Zeit bis 1970, um eine Acht-Spur-Variante der A80 mit 1 Zoll-Band herauszubringen.³⁰⁸⁶ 1972 erschien die sehr erfolgreiche Ampex-Maschine MM1000, gleichzeitig mit der 24-Kanal-Maschine M79 von 3M, beide möglicherweise kurz nach einem ersten 24-Spur-Modell der Firma MCI aus Fort Lauderdale, Florida.³⁰⁸⁷ Die Geschichte der amerikanischen Multitracks endet 1983, als sich Ampex aus dem Tonbandgeräte-Markt zurückzog; Hauptgrund waren die Erfolge junger japanischer Firmen wie der 1965 gegründeten Otari Company, die 1978 ihren 24-Kanal-2-Zoll-Multitrack-Recorder MTR-90 vorstellte und sich mit Modellen wie MX-70 (1983) und MTR-100A (1987) schnell etablieren konnte.³⁰⁸⁸



Abbildung 559 (LINKS): AEG-Telefunken Magnetophon M 15A in 24-Spur-Ausführung (etwa 1976).

Abbildung 560 (MITTE): Ebenfalls ein Magnetophon M 15A in 24-Spur-Ausführung mit alternativer Anordnung von VU-Metern und Spurwahlschaltern.

Abbildung 561 (RECHTS): Studer A820, hier in der fernsteuerbaren 24-Kanal-Version für 2-Zoll-Band (1986), konnte Spulen bis zu 14 Zoll Durchmesser (36 cm) für 1.524 m Standard-Magnetband aufnehmen, bot drei Geschwindigkeiten und konnte, als große Besonderheit, sich selbst auf jeden geeigneten Bandtyp einmessen. Die Maschine war mit 142 cm Höhe, 77 cm Breite und 75 cm Tiefe bemerkenswert kompakt. Die Spulgeschwindigkeiten waren einstellbar zwischen 0,1 m/s und 15 m/s. Die drei Motoren waren Gleichstromtypen. Die Fernbedienungskonsole (links im Bild) konnte maximal 100 m vom Gerät entfernt betrieben werden.

Ausgereift präsentierten sich 1970 die Mehrkanal-Ausführungen des Typs A80 von Studer,³⁰⁸⁹ in verschiedenen Versionen bis zu 16 und 24 Kanälen gebaut (auch als 1-Zoll-Maschine für vier oder acht Spuren). Die A80-Varianten dürften zusammen mit den etwas später vorgestellten Mehrkanal-Maschinen AEG-Telefunken Magnetophon M 15 in Europa dominiert haben, während auf dem internationalen Markt außerdem Hersteller wie 3M, Ampex, MCI, Otari, Scully und Lyrec vertreten waren. Studer setzte 1977 neue Maßstäbe mit der A800, die unter anderem Spulen bis 14 Zoll = 36 cm Durchmesser aufnahm, mit 2-Zoll-Band voll bewickelt rund 9 kg schwer – man kann sich die komplexen Anforderungen an die Laufwerksteuerung, vor allem beim schnellen Umspulen und Rangieren, leicht vorstellen.

Analoge Mehrspurmaschinen wurden vereinzelt auch für 32 und sogar 40 Spuren gebaut, konnten sich aber praktisch nicht durchsetzen. Gelegentlich wurden mehrere Multitracks miteinander verkoppelt. Es war ein Triumph des Spieltriebs, als bei einer italienischen Produktion 1984 nicht weniger als fünf 24-Spur-Maschinen zugleich im Einsatz waren.³⁰⁹⁰ Selbst dieser Aufwand war offenbar zu überbieten: an einer US-Produktion sollen gar elf 24-Spur-Maschinen (gleichzeitig oder nacheinander?) beteiligt gewesen sein, was die logistischen Fähigkeiten der Beteiligten aber doch stark strapaziert haben dürfte.³⁰⁹¹ Ein 1978 vorgestelltes, jedoch nie produziertes Magnetbandgerät der amerikanischen Firma MCI sollte mit 3 Zoll = 76,2 mm breitem Band und der ungewöhnlichen Bandgeschwindigkeit 20 ips (50,8 cm/s) arbeiten,³⁰⁹² blieb aber erfolglos, vermutlich wegen Bandführungsproblemen.³⁰⁹³ Nicht zuletzt der Hunger nach immer mehr Spuren führte schließlich zu den *digitalen* 48-Kanal-Recordern der 1990er Jahre, die mit ½ Zoll breitem Digitalband auskamen.

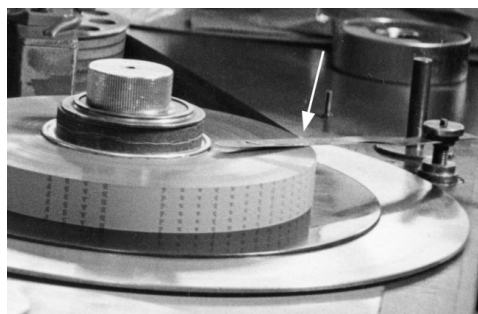
BASF fertigte seit August 1972 Zwei-Zoll-Bezugsbänder (38,1 cm/s, mit Entzerrung nach DIN und NAB, ab Februar 1973 auch für 19,05 cm/s), wobei der Leerteil dem jeweiligen Stand der eigenen Produktion angepasst war. Spätestens zu dieser Zeit hatte sich also die (von Seriengeräten) nicht überbotene Bandbreite 50,8 mm als Stand der Technik durchgesetzt.

Mehrspurtechnik – hohe Schule technischer Kompromisse

Um 1965 galt beim 1-Zoll-Band 3,8 mm als minimale Spurbreite für ausreichende Dynamik (mit 2,6 mm breitem Rasen). Sechzehn Kanäle konnten seit etwa 1972 auf 2 Zoll-Band untergebracht werden (Spurbreite 1,78 mm, Rasen 1,445 mm). Bei 24 Kanälen schrumpfte die Spurbreite auf nur 1,0 mm, dreiundzwanzig 1,13 mm breite Rasenstreifen mussten geopfert werden. Die seltenen 32-Spur-Maschinen wiesen gar nur 0,7 mm breite Nutzspuren bei 0,88 mm Rasenbreite auf – nicht weit entfernt von den 0,6 mm breiten Stereo-Spuren der Compact-Cassette, wenn auch bei den Bandgeschwindigkeiten 38,1 cm/s oder 76,2 cm/s.

Bekanntlich schrumpft die Dynamik einer Magnetbandaufzeichnung mit der Spurbreite:³⁰⁹⁴ halbe Spurbreite bedeutet 3 dB weniger Dynamik. Im Vergleich mit der Vollspuraufzeichnung 6,3 mm schneidet die 1 mm breite 24-Spuraufzeichnung um volle 8 dB schlechter ab, dazu kommen noch Verluste beim Zusammenmischen der Spuren.³⁰⁹⁵ Die Mehrspurtechnik verlangte also, sämtliche verfügbaren dynamik-steigernden Maßnahmen auszuschöpfen – und damit waren in erster Linie die Magnetbandhersteller gefordert.

Abbildung 562: Das BASF-Magnetophonband LR 56 in 1 Zoll Breite auf den Kontroll- und Umspultischen der Prüfstelle Magnetophon (1961). Man beachte den „Geigenbogen“ auf der Oberfläche des rechten Wickels: dieser Blechstreifen sorgte für ein optimales Wickelbild im Auslieferungszustand.³⁰⁹⁶



Exkurs XV: Elektronische Rauschminderung: Dolby A und Dolby SR, Telefunken Telcom

Ray Dolby, als Achzehnjähriger an der Entwicklung des Quadruplex-Recorders Ampex VR-1000 beteiligt, hatte 1965 in London ein eigenes Labor eröffnet. Als erstes Produkt brachte die junge Firma – kaum mehr als zwei Dolby-Brüder und ihre Ehefrauen – ein Hilfsgerät für die Magnetton-Aufzeichnung namens Dolby A heraus, das der Chefingenieur des renommierten britischen Schallplattenherstellers Decca, Arthur Haddy, bereits im April 1966 für Klassik-Musikaufnahmen einsetzte³⁰⁹⁷ (weltweit verbindet sich der Name Dolby seit 1970 mit dem vereinfachten Typ Dolby B, überwiegend in Compact-Cassetten-Recordern zu finden). Dolby A arbeitete, wie viele erfolglose Vorgänger, nach dem Prinzip, Musiksignale mit „zusammengeschobener“ Dynamik aufzuzeichnen – womit sie genügenden Abstand von der Rausch- wie der Aussteuerungsgrenze einhalten – und vor der Wiedergabe entsprechend „auseinanderzuziehen“, so dass mit der Original-Dynamik wiedergegeben wird. Worin sich Dolbys Verfahren von früheren Anläufen abhob, war die gelungene Synthese von Hörversuchs-Ergebnissen und innovativen Wegen zu ihrer Umsetzung in elektronische Schaltungen. Dolby A-„units“ teilten den Frequenzbereich zunächst in vier Sub-Bänder auf, um störungsfreies Arbeiten der „Kompander“ zu sichern, damit erweiterten sie den Dynamikbereich um rund 12 dB. Innerhalb von fünf Jahren eroberte „Dolby A“ die Studios aller führenden Musikproduktionsgesellschaften.³⁰⁹⁸ Ungeachtet happiger Preise – schließlich waren für eine 24-Kanal-Maschine zwei Dutzend Dolby-Einheiten zu beschaffen – verhalfen sie nicht zuletzt der Mehrspur-Technik zu beachtlichen Erfolgen, konnten sie doch die spurbreitenbedingten Dynamikverluste kompensieren.

Einer der wenigen nahezu gleichwertigen, allerdings ungleich weniger erfolgreichen Konkurrenten der professionellen Dolby-Systeme war der von Telefunken (ANT) entwickelte telcom c4-Kompander, den vor allem die deutschen Rundfunkanstalten einsetzten.³⁰⁹⁹ Wegen seiner durchwegs linearen Kennlinie war er von den Referenzpegeln unabhängig, die bei allen Dolby-System erforderlich waren. Ironischerweise hatte Telefunken (Hannover) 1971 zunächst den Vertrieb der Dolby A-Einheiten für Deutschland übernommen, etwa gleichzeitig mit der Vorstellung des Magnetophon 15.³¹⁰⁰

1985 präsentierte das Haus Dolby als einen seiner letzten Beiträge zur Analog-Technik das Rauschminderungssystem Dolby SR. Seit 1987 auf dem Markt, trug es mit einer moderaten Investition von USD 850 pro Kanal entscheidend dazu bei, das als sicher vorausgesagte Aussterben der analogen Mehrspur-Maschinen zwar nicht auf Dauer abzuwenden, aber doch um Jahre hinauszuschieben. So wurde beispielsweise der sehr erfolgreiche Studer-Multitrack-Recorder A820 (1986/1987) mit SR-Modulen angeboten, die auch mit Dolby A bespielte Archivbänder wiedergeben konnten.³¹⁰¹

Zwischenlösungen für Studio-Magnettonbänder

Studioband BASF LR 56 / LR 56 P

Unter den gegebenen Randbedingungen, wie hohe Bandgeschwindigkeit und Einsatz im professionellen Bereich, war der einfachste Weg zur Dynamiksteigerung, die Magnetschicht dicker aufzutragen, um die Aussteuerbarkeit zu vergrößern. Das entsprechende „*hochaussteuerbare Studioband*“³¹⁰² wurde bei BASF zum ersten Mal am 15. Juli 1960 gegossen und erhielt den Namen Magnetophonband Typ LR 56.³¹⁰³ Seine gelb rückseitenmattierte PVC-Trägerfolie war 20 µm dick mit LGR-Dispersion beschichtet, die Aussteuerbarkeit bei 1 kHz erreichte +9,5 dB (beim Rundfunkband LGR mit 13 µm dicker Schicht „nur“ +4,8 dB).³¹⁰⁴ Das Datenblatt des LR 56 verrät aber schon die Grenzen dieses Konzepts: zunächst ging die Kopierdämpfung von den 60 dB (!) des LGR auf 55 dB bei LR 56 zurück, freilich auch das immer noch ein hervorragender Wert. Worauf die Datenblätter dagegen nicht eigens hinwiesen, war, dass aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten die Höhenaussteuerbarkeit der beiden Bandtypen etwa gleich sein musste: Dickere Magnetbandschichten bringen höhere Aussteuerbarkeit ge-

naugenommen nur für tief- und mittelfrequente Signale (mit langen und mittleren Wellenlängen), denn bei kurzen Wellenlängen (entsprechend hohen Frequenzen) sind eher oberflächennahe Teilschichten wirksam. Die dickere Schicht erzeugt bei sinnvoller Aussteuerung jedoch weniger Klirr-Produkte im tiefen und mittleren Frequenzbereich und damit weniger „Intermodulations-Anlässe“ für beziehungsweise mit Signalen höherer Frequenzen, so dass das Klangbild der „Dickschichtbänder“, trotz gleicher Hörenaussteuerbarkeit wie bei Normaltypen, durchsichtiger bleibt. – Insgesamt überwog aus Anwendersicht also der Dynamikgewinn im Tief- und Mitteltonbereich. LR 56 wurde seit Anfang 1961 und nur in 1 Zoll Breite angeboten (LGR in ½ Zoll und 1 Zoll).³¹⁰⁵

Magnetband BASF SP 50 M

Ende August 1971 stellte BASF ein „Master-Band für Mehrspurbetrieb und Schnellkopieranlagen“³¹⁰⁶ mit der Bezeichnung SP 50 M vor.³¹⁰⁷ Seine kurze Geschichte ist im Abschnitt „Masterbänder für den loop-bin-Läufer“ auf Seite 518 geschildert. Das Band hatte zwar keine Rückseitenmattierung (im loop-bin-Betrieb, also im Schleifenkasten einer Schnellkopieranlage, auch nicht unbedingt notwendig), wurde aber gelegentlich auch auf Mehrspurmaschinen eingesetzt. Es zeigte nahezu die gleiche Dynamik wie LGR 30 P, allerdings geringeres Modulationsrauschen und dank eines besonderen Schneidverfahrens auch auf den Randspuren gute Pegelkonstanz, litt aber unter der kärglichen Kopierdämpfung von nur 51 dB und war damit nicht archivierungsfähig, dürfte zudem für freitragende Wickel nur bedingt geeignet gewesen sein.

Deutliche Signale, der technischen Entwicklung im Studiobereich, vor allem bei Mehrspurmaschinen, mehr Aufmerksamkeit zu widmen! 3M hatte bereits 1969 den rückseitenmattierten Typ Scotch 206 eingeführt,³¹⁰⁸ der fast 3 dB weniger rauschte als LR 56 und sich, ungeachtet seiner mäßigen Kopierdämpfung wie auch Wickeleigenschaften,³¹⁰⁹ nachgerade zum Standardband für Mehrspur-Maschinen entwickelte. BASF verfügte zu der Zeit über keine entsprechende Rezeptur, nicht zuletzt wegen der Auslastung aller Entwicklungskapazitäten als Folge der LH-Krise (Seite 390).



Abbildung 563 (LINKS): Studiobandprüfung in Willstätt, ca. 1978. Die Prüfmaschine ist ein Magnetophon M 15A, im Anschnitt links ein Kleinstudiogerät M 12, beide von AEG-Telefunken.

Abbildung 564 (RECHTS): BASF Studio Master 911, ab 1985 für ein Jahrzehnt das BASF-Spitzenprodukt für die Stereo- und Mehrspurtechnik, hier gezeigt in der Verpackungsgestaltung von 1988.



Kopierfeste Low-Noise-Studiobänder: BASF SPR 50 LH und SPR 50 LHL

So willkommen die Dynamik-Erweiterung mittels Dolby A für Bandhersteller sein mochte, brachte sie doch auch neue Anforderungen: Rauschen und Kopiereffekt-Signale schwächte der Kompaner zwar ab, jedoch nicht Modulationsrauschen und, schaltungsbedingt, Pegelschwankungen. Schließlich soll nicht ungesagt bleiben, dass eine Minderheit von HiFi-Puristen jegliche Rauschminderung ablehnte. „Dolby“ brachte den Bandentwicklern eine willkommene, aber nur kurze Atempause.

Das galt nicht zuletzt für BASF. Nachdem LR 56 nicht mehr konkurrenzfähig und SP 50 M guten Gewissens nur als Masterband in Schnellkopieranlagen zu empfehlen war,³¹¹⁰ drängten maßgebliche Kunden auf die Entwicklung von Bandtypen, die den (teils vorhersehbaren) neuen Produkten der hauptsächlichen Mitbewerber Agfa, 3M, Ampex und Zonal gleichwertig oder überlegen sein sollten.

Nun hatte sich 1971 im Zug der Entwicklung der späteren Heimtonband-Typen LPR 35 LH (Seite 391) gezeigt, dass ein als „Tempern“ bezeichneter Verfahrensschritt in der Eisenoxid-Produktion zu (statistisch) gleichmäßigeren und besser geformten Magnetpigment-Nadeln führte. Aus diesen Erkenntnis resultierten schließlich Oxide, die hochaussteuerbare, rauscharme und „kopierfeste“ Magnetbänder lieferten, eine Kombination, die zuvor nach dem Schema „wenn A und B gegeben sind, dann ist C nicht möglich“ unerreichbar schien.³¹¹¹ Bis Mitte 1972 entstanden aus dem getemperten BASF-Oxid „LLN“³¹¹² Studioband-Muster, die als SPR 50 LH an bekannt kritische Kunden gingen und ausgezeichnet beurteilt wurden. Nach Abschluss der notwendigen Optimierungen wurde SPR 50 LH im Sommer 1973 offiziell als „ein neues Tonband für höchste Anforderungen in der Studiotechnik“ vorgestellt.³¹¹³ Von den Heimtonbändern LPR 35 LH / DPR 26 LH hatte es eine Variante der schwarzen, elek-

trisch leitfähigen Rückseitenmattierung übernommen, die für knisterfreien Lauf – Metallspulen galten zumindest außerhalb Deutschlands als Standard – und glatte Wickel ohne herausstehende Bandlagen sorgte. Der schwarze, leitfähige Rückguss sollte zum Kennzeichen aller Mehrspurbänder werden.

SPR 50 LH, von Beginn an in allen Bandbreiten zwischen ¼ Zoll und 2 Zoll geliefert, war ein durchschlagender, nachhaltiger Erfolg, zeitweise konnte kaum die Nachfrage gedeckt werden. Das Band verdrängte vor allem das in der Kopierdämpfung unterlegene 3M-Band 206 aus vielen europäischen Studios.

Bemerkenswert ist, dass SPR 50 LH mit zwei verschiedenen Bindemittelrezepturen gefertigt wurde.³¹¹⁴ Für die Bandbreiten ½ Zoll bis 2 Zoll war VAGH vorgesehen, das seinerzeit mitgeholfen hatte, die LH-Krise zu überwinden (Seite 390). ¼-Zoll-Bänder wurden nach dem „P-Rezept“ produziert: hier wurde Pioloform eingesetzt, ein Polyvinylbutyral der Wacker-Chemie GmbH ³¹¹⁵ (aus Burghausen nahe Gendorf). Das „V-Rezept“ lieferte Bänder mit größerer Quersteifigkeit, entsprechend den Bandführungs-Gegebenheiten auf Mehrspurmaschinen, während das „P-Rezept“ den schmalen Bändern bessere Schmiegsamkeit verschaffte.

SPR 50 LH blieb – zunächst einmal – bis 1978 im Lieferprogramm und verschwand dann für drei Jahre zugunsten des Nachfolgetyps SPR 50 LHL, zwar ebenfalls mit LLN-Oxid, aber einer anderen Bindemittelrezeptur gefertigt. 1982 / 1983 erlebte SPR 50 LH eine zwei Jahre lange Renaissance, und zwar in allen Bandbreiten von ¼ Zoll bis 2 Zoll. War SPR 50 LHL zunächst ebenfalls in allen Breiten erhältlich, wurde es 1982 mit Hinweis auf seine „hervorragende Kopierdämpfung“ als „das Band für langjährige Archivierung“ ausgelobt, während SPR 50 LH als „das Band für die fortschrittliche Mehrspur-Technik“ figuriert. SPR 50 LHL scheint indessen nie recht ausgereift zu sein. Dafür spricht, dass nur ein vorläufiges Datenblatt existiert, denn solche spezifikationsähnlichen Papiere wurden offiziell erst ausgegeben, wenn die Produktion stabil lief, also verlässlich aussagefähige Daten aus einer längeren Fertigungsperiode vorlagen. In dem SPR 50 LHL-Datenblattvorläufer ist die Kopierdämpfung mit dem für diese Klasse ungewöhnlich hohen Wert 57,5 dB angegeben.

Nun sagt die Listung in einem Lieferprogramm noch nichts über tatsächliche Verkäufe aus. In der Tat gibt es Indizien dafür, dass 1982 / 1983 die beiden SPR-Varianten nur *pro forma* lieferbar waren. Die Qualität der beiden Typen war nämlich so stark unter Kundenkritik geraten, dass die unvermeidliche Entscheidung fiel: Einstellung des Produkts und Neuentwicklung. Das ungewöhnlich Riskante an diesem Vorgehen war jedoch, dass eine längere Periode in Kauf genommen wurde, während der BASF kein Studio-Masterband anbieten konnte, vor allem aber, dass die Firma den ihr bekannten Anwendern empfahl, während des „Interregnums“ auf das Ampex-Band Grandmaster 456 auszuweichen. Das Wagnis gelang: nahezu alle Kunden konnten, als das neue BASF-Produkt ausgereift war, zurückgewonnen werden.³¹¹⁶

Dass neue Forderungen den bisher bewährten Bandtypen zusetzten, dürfte teilweise auf das Konto eines Zusatzgeräts zu Mehrspurmaschinen gehen, dem „Autolocator“. Exakte Längenmessung des Bandes erlaubte jetzt nämlich, eine bestimmte, vorgegebene Bandstelle rasant und auf Bruchteile von Sekunden genau anzufahren, und zwar beim schnellen Vorspulen ebenso wie beim Rücklauf. War dies zuvor mittels „Rangierhebel“ und Zählwerk eine eher langwierige Prozedur, vor allem verlorene Produktionszeit, erlaubte jetzt der Autolocator, misslungene Aufnahmestellen wieder und wieder zu verbessern. Solche „punch ins“ sollen, immer an der gleichen Bandstelle, bis zu mehreren hundert Malen durchexerziert worden sein.³¹¹⁷ Diese Praxis stellte natürlich an das Magnetband, besonders die Schicht-Abriebsfestigkeit, erhebliche Ansprüche – alle Bandhersteller mussten anwendungsnahe, unvermeidlich zeitaufwendige Prüfverfahren für neue Magnetbandtypen ausarbeiten.

Die Studioband-Entwicklung bis 1990

Der SPR-Nachfolger BASF Studio Master 910 (entsprechend einem neuen Nomenklaturschema mit dem Ziel verbaler Imageaufbesserung) erschien 1984, hatte aber ein recht kurzes Leben. Im Modulationsrauschen blieb Typ 910 seinen Vorgängern, wie es schien, nur geringfügig (ca. 2 dB), unterlegen. Es dauerte jedoch nur wenige Wochen, bis „goldene Ohren“, Tonmeister mit besonders sensiblem Gehör, das Manko entdeckt und breitflächig kommuniziert hatten. Die eilends angesetzte Nachentwicklung des Magnetpigments und eine Modifikation der Herstelltechnologie führten zum Studio Master 911.³¹¹⁸ Dieses Band erschien Mitte 1985 und konnte sich noch über das Jahr 1996 hinaus behaupten. Es war einerseits der teils rauen Beanspruchung im Mehrspurbetrieb gewachsen, empfahl sich andererseits wegen seiner guten Kopierdämpfung auch als Archivband. Seinem eher konservativen Bindemittel-Schicht-Aufbau hatte dieses Band zu verdanken, dass es von Problemen wie Schichtzerfall aufgrund hydrolyse-bedingter Bindemittelzersetzung verschont blieb.³¹¹⁹

Magnettonband-Fertigung der Agfa-Gevaert AG

In den vier Jahrzehnten zwischen 1950 und 1990 verbanden die Magnetband-Produktionen von Agfa Leverkusen (seit 1964: Agfa-Gevaert AG) und BASF, stärker als die gemeinsame I.G. Farben-Vergangenheit, die Zusammenarbeit in deutschen und internationalen Normungsgremien und die Abstimmung mit den deutschen Rundfunkanstalten, insbesondere dem Institut für Rundfunktechnik (IRT). Bei allem Wettbewerb gab es immer eine freundlich-kollegiale Zusammenarbeit. Es war daher nur eine vernünftige Reaktion auf schwierige Verhältnisse, als im Juli 1987 eine engere Zusammenarbeit beider Häuser zur Diskussion stand, der jedoch das Bundeskartellamt Berlin (noch) nicht zustimmte. Resultat war immerhin die Verständigung zur gemeinsamen Grundlagenforschung.³¹²⁰ Die Fusion des Unternehmensbereichs Informationssysteme der BASF mit den Magnetband-

Aktivitäten der Agfa-Gevaert AG zur BASF Magnetics GmbH brachte die beiden Produzenten 1991 schließlich unter ein gemeinsames Dach, der BASF Magnetics GmbH.

Der Anlauf der Leverkusener Magnetbandproduktion ist auf den Seiten 343 bis 345 geschildert. Hier folgt eine Übersicht über Entwicklungen in Leverkusen und München seit 1954, beschränkt auf die Produktbereiche mit den deutlichsten Überschneidungen mit BASF: Rundfunk- und Studiomagnetband sowie Magnetfilm.

Agfa: Professionelle Audiobänder, 1954 – 1990 ³¹²¹

Agfa stellte 1954 das Magnetonband FR mit (immer noch) kubischem, allerdings recht rauscharmen Eisenoxid vor. FR signalisiert den relativ späten Wechsel der deutschen Rundfunkanstalten zur Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s;³¹²² ältere Archivbestände kopierten sie nach und nach auf neues Material um, was für den Hersteller die faktische Halbierung des Bandbedarfs fürs Erste ausglich. Das „R“ ist doppeldeutig: offiziell dürfte es auf „Rundfunk“ verwiesen haben, war aber auch als „raue Rückseite“ zu lesen. – Auf die Schreibweise „Magnetonband“ war Agfa verfallen, nachdem sie das Wortzeichen „Magnetophonband“ nicht mehr benutzen durfte.

Agfa verwendete fast zehn Jahre lang als Trägerfolie Celluloseacetat, gegossen auf eine sandgestrahlte Gieß-Unterlage, so dass die spätere Band-Rückseite – anders als die spiegelglatte Beschichtungs-Seite – leicht rau, „mattiert“ war.³¹²³ So liefen die Bänder auch auf den neuen, schnellspulenden Magnetophonen T 8 und T 9 glatt auf, das heißt, aus dem Wickel standen keine Windungen vor (was bei Celluloseacetat leicht Bandrisse infolge von Knickbrüchen provozierte). Rote Vorspannbänder und Bandrückseiten waren außerdem die „Signalfarbe“ für 38,1 cm/s, um sie von den 77 cm/s-Bändern mit ihren weißen Vorspannbändern eindeutig abzuheben, damit sie vor allem im Sendebetrieb nicht mit falscher Bandgeschwindigkeit abgespielt wurden.

Das kubische Agfa-Pigment hatte eine deutliche Schwäche: lief das Band bei normalem Bandzug um eine schlanke Führungsrolle, nahm der Pegel kurzer Wellenlängen um 2 – 3 dB (nach BASF-Messungen bis 8 dB) ab, das heißt, Höhen gingen verloren, das Klangbild stumpfte ab. Zudem produzierten die kubischen Oxide wegen ihrer Kobalt-Dotierung einen „Memory-Effekt“, das heißt, eine gelöschte Aufzeichnung war, wenn auch mit geringem Pegel, wieder zu hören, sobald das Band das Hochfrequenzvormagnetisierungs-Feld passierte.³¹²⁴ Ende 1955 hatte Agfa das Problem mit dem Magnetonband FR 6 zwar wieder im Griff – Bayer-Uerdingen lieferte ein verbessertes, nadelförmiges Oxid, das mit dem kubischen gemischt wurde –, aber der Ruf der würfelförmigen Pigmente hatte gelitten, weil das neue BASF-Rundfunkband LGR mit nadelförmigem, gerichtetem Pigment als ausgesprochen stabil galt.³¹²⁵ Immerhin hatte das FR-Band so viele Anhänger, dass es, jetzt „Magnetonband FR 4“ genannt, bis 1965 in der Fertigung blieb.³¹²⁶

Bis zur endgültigen Lösung brauchte Agfa mehrere Anläufe. Erster Schritt war das höherempfindliche Magnetonband FR 25 mit dem nadelförmigen Pigment von Bayer. Allerdings misslang das Orientieren des Magnetmaterials, weil beim Polymerisieren des so abriebfesten DD-Lacks molekulare Kräfte die gerichteten Pigmentnadeln wieder „verwirbelten“. Die Unarten der kubischen Oxide waren damit zwar ausgeräumt, aber der eigentliche Vorteil der Nadelform blieb ungenutzt – das „Ausrichten“, also das Drehen der Pigmentnadeln mittels äußerer Magnetfelder unmittelbar nach dem Guss in Laufrichtung des Bandes, verbessert bekanntlich gegenüber der ungeordneten Beschichtung die Aufzeichnungseigenschaften ganz erheblich.

Der Mehrspurtechnik mit ihren besonderen Anforderungen (schmalere Spuren bringen Dynamikverluste), dazu auch attraktive Band-Neuentwicklungen aus den USA (3M Scotch 120 ³¹²⁷), verdankt ein verhältnismäßig kurzlebiger Bandtyp seine Existenz, die „Dickschichtbänder“ FR 22 (1959 bis 1963) und der entsprechende 17,5/35 mm-Magnetfilm MF 22. Mit ihren bemerkenswert voluminösen Schichten (FR 22: 25 µm, FR 6: 15 µm) ließen sie sich höher aussteuern als die Normalversion. Vierspuraufzeichnungen auf 1-Zoll-Band erreichten damit ungefähr die gleiche Dynamik wie Vollspuraufzeichnungen auf ¼-Zoll-Band.

Anders als BASF mit ihrer eigenen PVC-Produktion konnte sich Agfa auch beim Rundfunk- beziehungsweise Studioband nahezu frei für Polyester (Polyethylenterephthalat, PE) entscheiden, was freilich das gesonderte Aufbringen einer bedruckbaren Rückseiten-Mattierungsschicht erforderlich machte. 3M hatte zwar mit dem Typ Scotch 102 Magnetbänder auf duPonts PE-Folie „Mylar“ schon seit 1953 im Programm,³¹²⁸ in Deutschland war ihr Einsatz wirtschaftlich aber erst möglich, als bei der Farbwerke Hoechst-Tochterfirma Kalle die lizenzierte „Hostaphan“-Produktion anlief. So stellte Agfa seit 1957 nach und nach von der F-Celluloseacetatfolie auf PE um und übernahm damit eine Vorreiterrolle in Europa. Ab 1956 entwickelt, erschienen im September 1958 als erste „Polyester-Bänder“ das Langspiel-Magnetonband PE 31 und das Doppelspielband PE 41 (mit dem rauscharmen, aber instabilen kubischen Pigment). Polyester, das sozusagen die Vorteile des Celluloseacetats mit denen der PVC-Folie verband, jedoch beider Nachteile vermied, reagierte kaum auf Feuchtigkeit, war vor allem wärmebeständiger als das oft „löchrige“ PVC, reißfester als Celluloseacetat, und schließlich wegen seiner besseren Planlage auch in der Magnetband-Produktion leichter zu verarbeiten.

Die Kombination Desmodur-Desmophen-Bindelacke und Polyesterfolie erlaubte Agfa eine verblüffende Demonstration auf der Funkausstellung in Frankfurt am Main 1959. Eine aus PE 31 zusammengeklebte Bandschleife wurde tagelang innerhalb von Sekunden durch eine auf -90 °C unterkühlte Azetonlösung, dann durch siedendes Wasser und schließlich einen auf 100 °C aufgeheizten Windkanal geführt, ohne Schaden zu nehmen.³¹²⁹

Agfas zweiter Schritt war das weltweit erste Rundfunk- beziehungsweise Studioband auf Polyesterfolie, das 1961 vorgestellte Magnetonband PER,³¹³⁰ allerdings noch immer mit ungerichtetem Pigment. Polyesterfolien-Folgetypen des FR 22 waren zunächst die Variante PE 22, gefolgt von PER 555 (1963 bis 1973, die 55 µm-Variante des

PER 525), seinerseits ein Parallel-Typ zu BASF LR 56 und dessen PE-Nachfolger LR 56 P (Seite 460). Die Entwicklung führte freilich folgerichtig zu Bändern mittlerer Schichtdicke, die über den gesamten Aufzeichnungsbereich höhere Aussteuerung erlaubten.

Bei der nächsten Agfa-Entwicklung spielte BASF unfreiwillig mit: Leverkusener Untersuchungen an ausgewaschenem BASF-Pigment hatten gezeigt, dass die Oberfläche der Oxidnadeln von einer molekül-dicken PVC-Schicht überzogen war, die überraschend auch in der Agfa-DD-Rezeptur das Orientieren möglich machten. Der Bayer-Oxidtyp 5, eine Winzigkeit PVC-Komponente und ein modifiziertes DD-Lacksystem waren das Erfolgsrezept für das 1963 eingeführte Magnetband PER 525,³¹³¹ so genannt wegen seiner Gesamtdicke von 52 µm und seinem Oxidtyp 5. Zwei Jahre später, 1965, ernannte der DIN-Normenausschuss die PER-525-Charge 077B zum Bezugsbandleerteil. Nach Maßgabe des ARD-Pflichtenheftes „Magnetbänder“ waren PER 525 und BASF LGR weitgehend gleichwertig, wenn auch einige Rundfunkanstalten darauf bestanden, jeweils etwa die Hälfte ihrer Maschinen explizit auf den einen oder anderen Bandtyp einzumessen.

Die Umstellung der Hörfunkprogramme auf Stereo-Betrieb stellte Agfa vor die gleiche Aufgabe wie BASF, nämlich die Entwicklung eines 4 dB höher aussteuerbaren Rundfunkbandes (Seite 438). Agfa führte daraufhin zur Jahresmitte 1967 das Magnetband PER 525 Stereo ein, gefertigt bis 1981.³¹³² Zum Bezugsband-Leerteil – später laut IEC-Nomenklatur Referenzleerband genannt – ernannten Normgremien die Charge 1544.

Da es auf dem Leverkusener Werksgelände zu wenig Platz gab, um die Magnetbandfabrik zu erweitern, begann 1965 die Verlagerung der Produktion nach München, wo es auf dem Areal der früheren Perutz-Filmfabrik genug Ausdehnungsmöglichkeiten gab. 1966 wurden dort erste Bänder hergestellt und konfektioniert.³¹³³ Schritt für Schritt wanderten nun sämtliche Magnetband- und Magnetfilm-Typen nach München, wo allerdings mit modernerer Gießtechnologie als in Leverkusen zu arbeiten war, so dass alle Rezepturen für Magnetschichten wie Rückseitenmattierungen anzupassen waren. Konstant bleiben mussten dabei alle elektroakustischen und mechanischen Eigenschaften. Erst als dieses Ziel 1971 erreicht war, endete die Bandproduktion in Leverkusen.³¹³⁴

Als Reaktion auf das hochaussteuerbare, „kopierfeste“ Studioband SPR 50 LH der BASF (Seite 461) stellte Agfa 1975 das vor allem für Musikproduktionen gedachte Studioband PEM 468 vor, das 2 dB weniger rauschte und über den ganzen Wellenlängenbereich 3 dB höher aussteuerbar war als seine Vorgänger,³¹³⁵ vor allem aber wegen seiner hohen Kopierdämpfung von 58 dB als Archivband geschätzt war. Wie SPR 50 LH, trug auch PEM 468 eine schwarze, leitfähige Rückseitenmattierung. Deutsche Rundfunkanstalten lehnten sie zwar ab, weil darauf keine Schnittmarkierungen zu erkennen waren (wie auch auf dem BASF-Band SPR 50 LH), was PEM 468 aber nicht daran hinderte, zum Standardband der BBC zu avancieren. Als der deutsche Rundfunk schließlich doch auf rauscharme Bänder drängte, entwickelte Agfa für eine PEM 468-Modifikation eine weiße Rückseitenmattierung. Weil dieses Band mit der Parallel-Entwicklung der BASF, dem LGR 50, kompatibel zu sein hatte, musste das höherkoerzitive Bayer-Pigment (PEM 468: ca. 30 kA/m gegenüber ca. 27 kA/m bei SPR 50 LH) mit einem BASF-Eisenoxid gemischt werden. Ergebnis war das Rundfunkband PER 528, eingeführt 1981 und repräsentiert von der Referenzleerband-Charge 43 211.³¹³⁶ Es sollte zum erfolgreichsten Rundfunkband Europas aufsteigen – BBC, wie gesagt, ausgenommen.

Das Masterband PEM 469, zwischen 1982 und 1983 entwickelt und 1984 / 1985 auf den Markt gekommen, war zunächst als Nachfolger des PEM 468 gedacht, das mit seinen gelegentlichen Abriebsproblemen und dem ungewohnten Arbeitspunkt nicht alle Anwender zufriedenstellte. Vor allem den Musikstudios im nordamerikanischen Markt sollte ein Band angeboten werden, das mit dem verbreiteten Ampex-Typ 456 qualitativ gleichwertig und arbeitspunkt-kompatibel war. PEM 469 erfüllte diese Forderung bei 38,1 cm/s und 76,2 cm/s, übertraf in Höhen- und Tiefenaussteuerbarkeit den USA-Konkurrenten und konnte sich auch gegen BASF Studio Master 911 behaupten. Dass jedoch PEM 468 in der Kopierdämpfung um nicht weniger als 4 dB überlegen war, sicherte diesem Typ auf Dauer seinen Platz neben PEM 469.³¹³⁷

Aus den ca. 50 µm dicken Studiobandtypen abgeleitet wurden Langspieltypen mit etwa 36 µm Gesamtdicke, die für die aktuelle Berichterstattung der Rundfunkanstalten sowie Filmproduktionen auf batteriebetriebenen Geräten wie Nagra, Uher und Stellavox laufen sollten. PER 368 für Rundfunkanwendungen war abgeleitet vom Masterband PEM 468; PEM 369, gedacht für Tonaufnahmen bei Filmproduktionen, vom Masterband PEM 469. Da sie zur Nachbearbeitung auch auf studioüblichen Maschinen laufen mussten, trugen sie ebenfalls die entsprechende Rückseitenmattierung.

Professionelle Tonbänder aus München (1991 – 2003)

Zum Jahresbeginn 1991 wurden die Magnetband-Aktivitäten der BASF mit der Magnetbandsparte der Agfa-Gevaert AG Leverkusen in der neuen BASF Magnetics GmbH zusammengeführt, was deren Studioband-Sortiment um einige in München produzierte Magnetband-Typen erweiterte.

Die beiden Masterbänder PEM 469 und PEM 468 wurden zunächst als Studio Master 468 beziehungsweise Studio Master 469 weiter produziert. Es war aber abzusehen, dass von den nahezu gleichwertigen Typen PEM 469 / Studio Master 911 am ehesten das wirtschaftlicher herstellbare Band überleben würde. So verschwanden 1992 aus den Lieferprogrammen Studio Master 469 (zugunsten von Studio Master 911) ebenso wie zuvor schon das Chromdioxid-loop-bin-Band Loop Master 920 zugunsten des robusteren Agfa-Masterbands Loop Master 526 (zuvor PEM 526, entwickelt aus einer Videoband-Rezeptur). Studio Master 468 hielt sich bis 2003 im Produktionsprogramm.

Etwas diffiziler war die Lage bei den Rundfunk-Spezialtypen LGR 50 aus Willstätt und PER 528 aus München. Hatten die deutschen Rundfunkanstalten seit Jahrzehnten großen Wert auf zwei unabhängige Lieferanten gelegt, mussten sie sich seit 1991 damit abfinden, dass beide Bänder aus Münchner Fertigung kamen. Sie bestanden allerdings auf der Zusage, beide Typen mit den bisherigen Rezepturen weiterzuführen. Das erklärt, warum bis zum Ende der BASF Magnetics GmbH (1996) nebeneinander Audio Broadcast LGR 50 und Audio Broadcast PER 528 gefertigt wurden. Erst Jahre später, angesichts stark schrumpfenden Verbrauchs im Rundfunk, wurde dieser Sortimentsbereich bereinigt: PER 528 überlebte, nicht zuletzt wegen seines Heimvorteils in der Magnetbandfabrik München, und behielt damit sozusagen das letzte Wort in Sachen Rundfunkband. Das Ende für PER 528 kam mit Insolvenz der EMTEC Magnetics GmbH im Jahr 2003 und damit auch, nach über 60 Jahren, das Ende einer ganzen Klasse von Magnetbändern.

In den letzten beiden Jahren der BASF Magnetics GmbH erscheint der „ultimative“ Analog-Magnetbandtyp: Studio Master 900 maxima, 1994 entwickelt als Reaktion auf die (bereits 1990 erschienenen) Bandtypen 499 Grand Master Gold von Ampex und 996 von 3M, kam auf eine Tiefenaussteuerbarkeit von erstaunlichen +15,5 dB (LGR erreichte 1961 ganze +5 dB) bei einer Dynamik von 78,5 dB und der Kopierdämpfung 55,5 dB (Werte bei 38,1 cm/s ermittelt; bei 76,2 cm/s erreichte die Dynamik den CD-nahen Wert 84 dB). Diese Leistungen waren zunächst nur mit aufwendiger Zweischicht-Technologie und dem Einsatz zugekaufter Magnetpigmente zu erreichen. Das vielleicht perfekte Analog-Studioband Studio Master 900 maxima setzte zwangsläufig auch den Schlusspunkt hinter eine mehr als sechzig Jahre dauernde Entwicklung. – Siehe dazu auch die Tabelle 31, Professionelle Magnetbänder, Beispiele für die Entwicklung der mechanischen Eigenschaften, sowie Tabelle 32, Beispiele für die Entwicklung magnetischer Eigenschaften, Seite 647 f.

Abbildung 565: Weißes und blaues Klebeband und eine un-magnetische Schere – wichtigstes Werkzeug und unentbehrliches Arbeitsmaterial beim Schneiden und Montieren von Tonaufzeichnungen auf Magnetband.

Hinten im Bild: der Klebeband-Spender von BASF, hier mit blauem Klebeband (oberer Streifen) für Bänder mit weißer Rückseitenmattierung. Die einzelnen Klebeband-Abschnitte sitzen zunächst auf dem gleitmittelbeschichteten unteren Streifen; wird dieser herausgezogen, trennen sich Träger und Klebebandabschnitt, der oben entnahmefertig „austritt“.



Zubehör für den Studioalltag

Klebeband

Einer der großen Vorteile des Magnetbands im professionellen Betrieb ist die Bearbeitbarkeit einer Aufzeichnung durch Schnitt und Montage: Fehlerhaftes wird entfernt, Aufnahmeteile werden in die endgültige Reihenfolge gebracht, Vorlauf- und Trennbänder angebracht ... *angebracht* womit? Die Verbinder, mit denen die getrennten Bandstücke zu einem sinnvollen Ganzen zusammengefügt werden, heißen Klebeband.

Klebeband, so unscheinbar es aussieht, ist das Ergebnis einer fertigungstechnischen Gratwanderung: es soll einerseits so dünn wie möglich sein, damit es im Wickel nicht aufträgt (was Verprägungen der benachbarten Windungen verursacht), andererseits so reißfest, daß es die Belastungen bei Start und Stop des Bandes aushält. Die Klebekraft soll so eingestellt sein, daß es sofort beim Aufbringen „anfaßt“, eine mißlungene Klebestelle sich aber wieder öffnen (das Klebeband sich also rückstandsfrei abziehen) läßt. Die Klebekraft soll dann über Jahrzehnte konstant bleiben, ohne daß der Kleber austrocknet oder seitlich austritt.

Wenn in einem Rundfunkstudio eine umfangreiche Montage anstand, längten TontechnikerInnen oft zwei Dutzend Klebebandstücke ab (etwa 3 ... 4 cm lang) und drückten sie eng nebeneinander leicht auf einer glatten Kante der Magnetbandmaschine oder -Truhe zugriffsbereit an. Eleganter – vielleicht nicht ganz so schnell im Zugriff – war der „Klebeband-Spender“, der auf Zug am Transportband (dem unteren, längeren Bandstück, zu sehen in Abbildung 565) oben ein schräg abgeschnittenes Klebebandstück „auswarf“. Das war vor allem bei Aufgaben vorteilhaft, die nur wenige Klebestellen erforderten.

Für braune Magnetbänder oder schwarze beziehungsweise rote Rückseitenmattierungen wurde weißes, für solche mit weißer Rückseitenmattierung blaues Klebeband angeboten. Die Breite war stets etwas geringer als die des Magnetbands (z.B. Klebeband 5,8 mm für Magnetband 6,3 mm), damit das überstandsfreie Aufbringen nicht artistisch schwierig und zeitraubend wurde.

Vorlauf- und Trennbänder (Schutz- und Kennzeichnungs-Bänder)

In der professionellen Magnetband-Anwendung werden farbige, nicht-magnetisierbare Vorlaufbänder vor das eigentliche Magnetband geklebt, um dem Anwender bestimmte Betriebsvoraussetzungen zu signalisieren (Bandgeschwindigkeit, Mono-oder Stereo-Aufnahme). Beispiel: Vorlaufband rot/weiß gestreift = Bandgeschwindigkeit 38 cm/s, Stereoaufzeichnung. Da viele professionelle Tonbandgeräte Vorrichtungen haben, die das „Muster“ eines Vorspannbands erkennen, muß z.B. die Lichtdurchlässigkeit einen standardisierten Wert haben. Betriebserfordernisse bestimmen andere Eigenschaften: definierte Rauigkeit, Beschriftbarkeit, Bedruckung und so weiter. Vorlaufbänder schützen außerdem den Bandanfang vor Verschmutzung (Staubansammlung). Trennbänder (meist gelb) kennzeichnen eindeutig (im Bandwickel sichtbar!) Anfang und Ende von Teilaufzeichnungen. Am Ende des Magnetbands wird gewöhnlich wieder eine bestimmte Länge Trennband („Gelbband“) als Schutz gegen Beschädigung beim Einlegen in die Spule beziehungsweise „Aufziehen“ auf den Wickelkern angebracht. – Siehe dazu auch die Tabelle 43: Vorspannbänder und ihre Bedeutung in der professionellen Praxis auf der Seite 654.

Wickelretter, „Katastrophenbobby“

Abbildung 566 zeigt das Problem, den Helfer und die Lösung: Ist z.B. der Wickelkern aus dem Band herausgestoßen worden, hilft der Wickelretter (mittleres Bild). Zunächst sind seine fünf „Arme“ ganz eingefahren. Nun wird das lose Bandstück abgeschnitten (und von Hand auf den Wickelkern zurückgespult). Ist der Wickelretter in die Öffnung eingesetzt (rechts Bild), werden durch Drehen der linken Rändelschraube (mittleres Bild) die Arme so weit ausgefahren, dass sie den Bandwickel zentrieren; in dieser Stellung werden sie mittels einer weiteren Schraube arretiert. Nun wird das Band vorsichtig umgespult und schließlich der Rest wieder angeklebt.

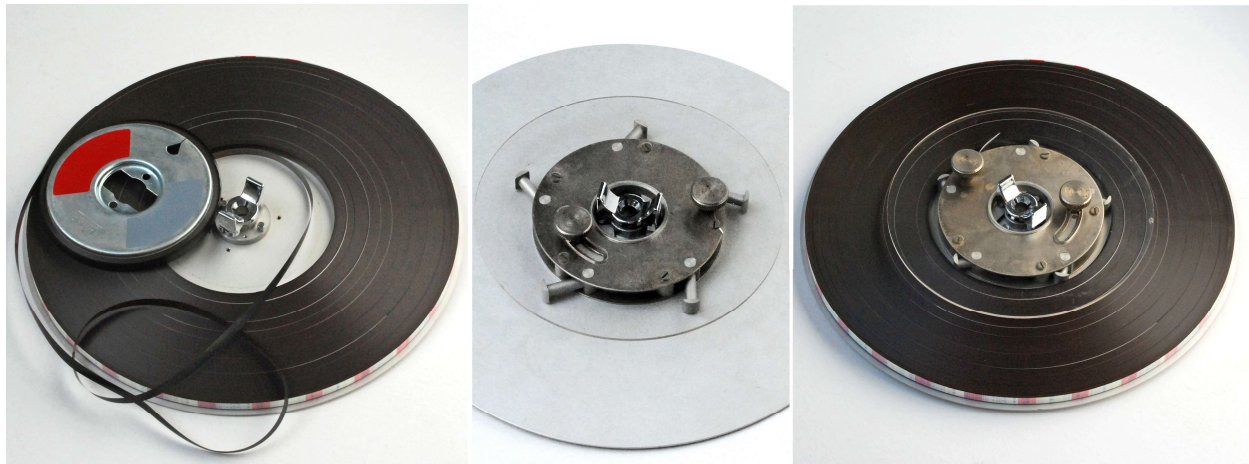


Abbildung 566: Diese Version des Wickelretters, die in jedem Studio- und Sendekomplex (west-)deutscher Rundfunkanstalten zu finden war, stammt von der Berliner Firma Konstantin Danner.

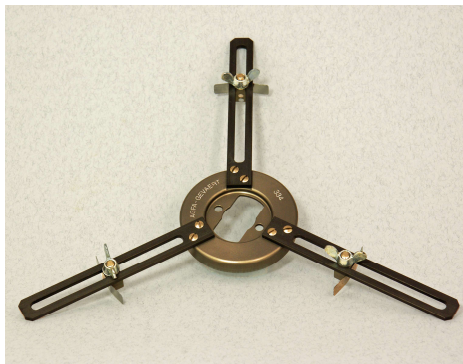
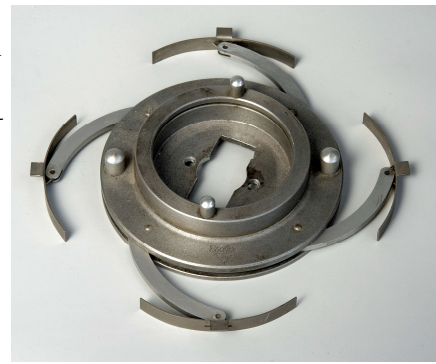


Abbildung 567 (LINKS): Eine ungleich einfachere Vorrichtung, die im Notfall natürlich auch gute Dienste tat, aber bei weitem nicht so mühelos-elegant arbeitet wie die beiden anderen gezeigten Varianten.

Abbildung 568 (RECHTS): Der „verstellbare Wickelkern“ R 47 mit vier Armen (beziehungsweise R 47a mit drei Armen), hier in der Bauart der Firma Scholte, Leipzig, Baujahr 1948, entwickelt vom Betriebslaboratorium des DDR-Rundfunks.



FÜNFTES BAND: Magnetton für Film und Fernsehen

Magnetfilm und Kinefilmformate

Nachdem die Filmindustrie Hollywoods vor 1946 prächtig verdient hatte, wurde die Nachkriegszeit schwieriger: die profitablen Komplexe aus Produktion, Verleih und Vorführung wurden aufgebrochen, neue Steuergesetze förderten kleine Produktionsfirmen („independents“) und bisher eingefrorene Rohfilmpreise schossen in die Höhe. Was Wunder, dass Kostensenkungs-Programme Hochkonjunktur hatten; eine technische Neuerung, die größere Einsparungen versprach, hatte jetzt eine einmalige Chance.³¹³⁸

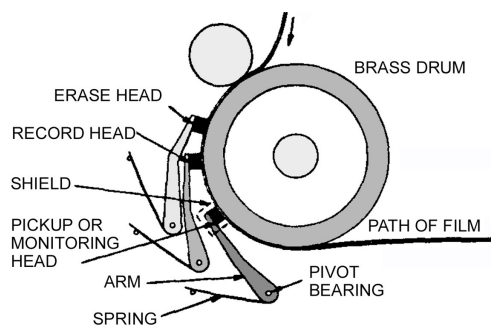


Abbildung 569: Skizze der Magnetkopfanordnung nach Marvin Camras, 1947. Die Köpfe liegen auf dem Film dort auf, wo er eine Messing-Umlenkrolle mit rund 180° umschlingt.³¹³⁹ – Vergleiche damit die wesentlich ausgereifteren Vorschläge von Karl Schwartz aus dem Jahr 1941 (Abbildung 234, Seite 216).

federt montierten Magnetköpfe auf. Das war ersichtlich eine „quick-and-easy“-Improvisation, denn der gute Gleichlauf war mit konkavem Anschliff der Köpfe erkaufte (folglich rasch instabilem Band-Kopf-Kontakt), aber für eine erste Demonstration ausreichend. Den Tonträger hatte Camras mit einem selbstentwickelten Magnetpigment hergestellt, das dem damaligen deutschen Material klar überlegen war.³¹⁴¹ Größtes Gewicht legte er auf seine Vorschläge für die Spurkonfigurationen: bis zu vier Spuren zu jeweils 4,75 mm Breite auf 35 mm-Film, ferner Magnettonspuren für 8 mm- und 16 mm-Schmalfilm.³¹⁴²

Leicht vorstellbar, wie aufmerksam das fachkundige Publikum dieser Demonstration folgte. Wie bei ihren deutschen Kollegen Jahre vorher, sprachen aus der Sicht amerikanischer Ingenieure – im Vergleich zum Lichtton – für den Magnetton vor allem die geringeren Materialkosten inklusive Wiederverwendbarkeit, sofortige Abhörmöglichkeit, die einfachere (das heißt zeitsparende) Bedienung der Geräte und die wegfallenden Material- wie Arbeitskosten für Entwickeln und Kopieren. Einsparungen bis zu 80 % erschienen realistisch, falls die Umstellung keine größere Änderungen der eingespielten Produktions- und Schnittverfahren erzwingen würde; Arbeitsaufwand und Kosten der Umstellung sollten also so gering wie möglich bleiben. Dass man sozusagen gratis auch noch bessere Aufzeichnungsqualität „mitnehmen“ konnte, machte die relativ kleinen Investitionen angesichts voller Kassen nur noch sympathischer.

Earl E. Masterson (später einer der Erfinder des helical-scan-Verfahrens zur Bildaufzeichnung auf Magnetband) gelang es bei RCA, eine PR-23 Lichttonkamera mit kleinstem Aufwand, sogenannten „conversion kits“, auf Magnetfilmbetrieb umzurüsten (damit hielt er sich also noch ein Hintertürchen offen).³¹⁴³ Im Herbst 1946 orderte RCA bei dem US-Chemiekonzern E. I. duPont de Nemours and Company Magnetfilmmuster, die als SW4 film ab Februar 1947 zur Verfügung standen.³¹⁴⁴ Bereits im Oktober 1948 kündigte RCA einen relativ leichten Zweifach-Magnetton-Recorder namens PM-61 an, genaugenommen eine umrüstbare Lichttonkamera PR-33. Die Firma Western Electric (Westrex) ging mit ihrer Lichttonkamera RA-1231, die auch als Magnetongerät geliefert wurde, ähnlich vor.

Zu den ersten Herstellern von Magnetfilmläufers gehört ebenfalls die schon erwähnte Stancil-Hoffman Corp. (Seite 291), die ihr Erstlingsmodell S4 bereits 1947 auslieferte und noch zwei Nachfolgemodelle präsentierte (S5 und S6), bevor sie sich ganz auf „voice logging“ konzentrierte.³¹⁴⁵ Als nächster Vorreiter präsentierte sich die Hallen Corporation aus Burbank, CA, die als technisch ambitionierte Lösung 1948 den Hallen Recorder anbot, ein erkennbar dem Magnetophon verpflichtetes Gerät, wenn auch mit Zahnrollenantrieb für 17,5 mm-Magnetfilm.³¹⁴⁶ „Magnetic recorders, being compact and in most cases portable [... total weight ... is ninety pounds], can be easily transported along with camera equipment to the most remote and therefore virtually inaccessible spots. For western location filming they are ideal.“³¹⁴⁷

Die Columbia Studios entwickelten 1950 ein höchst ökonomisches Verfahren: sie brachten auf einem 35 mm-Magnetfilm zwar „nur“ drei Spuren unter, zeichneten darauf aber konsequent getrennt Musik, Text und Geräuscheffekte auf – eine erhebliche Vereinfachung (und, natürlich, Kostenersparnis) aller Synchronisierarbeiten.

Unter „Magnetton“ dürften Hollywood-Toningenieure bis 1946 Drahtton-Geräte (sporadisch in der Industriefilm-Produktion eingesetzt) verstanden haben, bis sich, nach Mullins San-Francisco-Demonstration vom 16. Mai 1946, die verblüffenden Magnetophon-Eigenschaften herumsprachen. Resultat war eine Reihe von Veranstaltungen, die in der zweiten Oktoberhälfte 1946 den Magnetton-Start in Hollywood markierten.³¹⁴⁰ Zuerst wiederholte Mullin seine Magnetophon-Vorführung mit durchschlagendem Erfolg, womit das Qualitäts-Potenzial der „Kriegsbeute“ geklärt war. Auf die nächste Frage, ob nämlich der Magnetton eine apparative Lösung für den Filmtton bieten könne, gab es am 22. Oktober 1946 anlässlich der SMPE-Convention eine zumindest richtungsweisende Antwort. Als erster amerikanischer Konstrukteur, der sozusagen öffentlich mit Magnetfilm experimentierte, profilierte sich Marvin Camras, später der führende Magnetton-Experte der USA. In einem alten Projektor tauschte er die Stahl- gegen eine Messing-Umlenkrolle für den 35 mm-Magnetfilm, auf dieser lagen die ge-

Neben duPonts Typ SW4 bot auch der Chemieriese Minnesota Mining and Manufacturing Co. (3M) 1947 Celluloseacetat-Magnetfilme in den Breiten 35, 16 und 17,5 mm an (#115, #116 und #117),³¹⁴⁸ die noch 1956 im Programm waren.³¹⁴⁹ Allerdings blieben die Mengen, die 3M liefern konnte, noch relativ klein. So gründete Hazard E. Reeves, einer der Cinerama-Protagonisten, 1947 eigens seine Firma „Reeves Soundcraft“, um überhaupt an die notwendigen Magnetfilme zu kommen.

Man sollte glauben, der Magnetfilm hätte nun in „echt amerikanischem Tempo“ die Spielfilmproduktion erobert. Genaugenommen stimmt das nur für Paramount, deren Tonabteilungs-Leiter, der renommierte Filmtonmeister Loren L. Ryder, 1948 die Magnetfilm-Anwendung überhaupt und bereits im April 1950 die Umstellung auf 17,5 mm-Magnetfilm (eine weitere Kosteneinsparung) durchgesetzt und dafür einen technischen „Oscar“ erhalten hatte.³¹⁵⁰ Als Bremse wirkte, neben einigen Praxisproblemen, eine gewisse (vielleicht von Arbeitsplatzsorgen mitbestimmte) Inflexibilität der „editors“, zu Deutsch Cutter beziehungsweise Schnittmeister. Visuell geprägt, bestanden sie darauf, die Tonaufzeichnung des Magnetfilms sichtbar zu machen, damit sie ihre vom Lichtton gewohnte Arbeitsweise nicht umzustellen brauchten. Das brachte eine Reihe von aufwendigen Verfahren zutage (z.B. Magnastripe von Ryder, in Deutschland zumindest ein Patent der Klangfilm GmbH ³¹⁵¹), die natürlich kräftig an den Kostenvorteilen des Magnetfilms nagten. Zwar soll Hollywood 1952 bereits für 75 % aller Spielfilm-Tonaufnahmen Magnetfilm eingesetzt haben, meist 17,5 mm breit, doch setzte sich der unmittelbare Magnetfilm-Schnitt erst ab 1953 durch. Die Zeit der Vorläuferkonstruktionen war zu Ende; jetzt kamen genuine Magnetfilmläufer, also eigens für diesen Träger entwickelte Konstruktionen, in größerem Umfang auf den Markt.

Die „Breitwand“-Periode in den USA und der Höhepunkt von COMMAG

Gegen das bedrohliche Fernsehen – die Einnahmen der amerikanischen Filmwirtschaft sollen seit 1946 um die Hälfte geschrumpft sein³¹⁵² – hielt die Filmindustrie mit den Breitwandformaten und, jedenfalls im „Mono-Zeitalter“ vor Einführung der Stereophonie, mit Mehrkanalton einige Trümpfe in der Hand, was zu einer wahren „wide screen“- und Tonspuren-Inflation führte. Jedes dieser Verfahren hat seine verwinkelte Geschichte, verkompliziert von Modifikationen aus praktischen wie ökonomischen Gründen; jeder Variante verpassten Marketingleute einen neuen Namen, und so bekam das Gebiet viele unübersichtliche Verzweigungen.

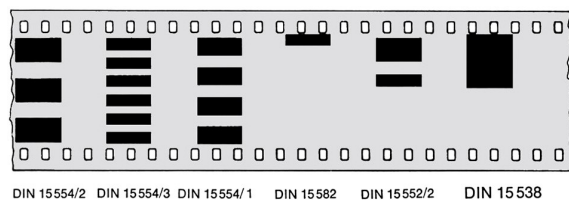
Der erste, vielleicht eindrucksvollste Vertreter der „wide-screen“-Verfahren war Cinerama, ein Geisteskind des amerikanischen Autodidakten Frederick Waller aus Huntington (N. Y.), der schon 1954 verstarb.³¹⁵³ Als die erste Versuchsanlage Ende 1947 fertig war, gehörten dazu drei verkoppelte Kameras für Filme mit Spezialperforation und ein – wieder einmal aus einer Lichttonkamera umgebauter – 35 mm-Magnetfilmläufer mit nicht weniger als sieben Aufzeichnungskanälen. Der Cinerama-35 mm-soundtrack der endgültigen Version hatte noch sechs Spuren, lief im Theater, zusammen mit drei elektrisch synchronisierten Projektoren, auf einer eigenen Maschine (also SEP-MAG, separate magnetic track) mit nicht weniger als 73,7 cm/s, vermutlich der höchsten Magnetfilm-Geschwindigkeit überhaupt.³¹⁵⁴ Ein kommerzieller Erfolg war Cinerama nie, wenn auch der Premierenfilm *THIS IS CINERAMA* nach der Uraufführung am 30. September 1952 in New York ununterbrochen 122 Wochen lang lief.³¹⁵⁵ Der vielleicht bekannteste Cinerama-Film, *HOW THE WEST WAS WON*, wurde 1962 gedreht.³¹⁵⁶

Im Produktionsstudio behauptete sich natürlich SEP-MAG, aber die Vorführkopien mussten Bild und mehrkanaligen Magnetton auf *einem* Streifen tragen. Daher hatte COMMAG seine große Zeit von 1953 bis in die 1970er Jahre, so lange nämlich Mehrspur-Aufzeichnung nur mit Magnetton möglich war, wenn man von früheren marginalen Mehrkanal-Lichtton-Versuchen, etwa „Fantasound“ bei Disneys *FANTASIA* (1940), absieht.³¹⁵⁷

Auf Cinerama folgte das fast sprichwörtliche CinemaScope der Twentieth Century-Fox, eines der COMMAG-Verfahren, dessen 35 mm-Vorführkopien zunächst obligatorisch vier Magnetspuren trugen (Kanäle links, Mitte, rechts und „surround“). Der erste CinemaScope-Film, *THE ROBE*, uraufgeführt am 16. September 1953, spielte im ersten Halbjahr seiner Laufzeit USD 30 Millionen ein. Die Twentieth Century-Fox ging systematisch vor, um das Format durchzusetzen: so lange nicht alle amerikanischen Kinos CinemaScope-Filme mit Vierkanal-Ton vorführen konnten, gab es teils auch monofone Kopien; 1956 kam zu den vier Magnetspuren eine Lichttonspur halber Normalbreite hinzu. So konnten die Theater schrittweise – 1957 waren 85 % erreicht – auf das neue Verfahren umstellen und hatten, sollte das Magnetsystem ausfallen, den Lichtton als „back-up“ in Reserve.³¹⁵⁸

Das CinemaScope-Magnetton-System war übrigens eine Ampex-Entwicklung, ebenso wie das Sechs-Kanal-System einer umfassenden Weiterentwicklung, die zum Sechs-Kanal-Magnetton führte. Ampex konnte hier von Erfahrungen mit seiner Drei-Kanal-Stereo-Technik auf ½ Zoll breitem Band profitieren.³¹⁵⁹

Der quirligste Kopf unter den Cinerama-(Weiter-)Entwicklern war Mike Todd, der seine Unzufriedenheit mit dem aufwendigen Verfahren folgendermaßen auf den Punkt brachte: *“What I want is Cinerama out of one hole.”*³¹⁶⁰ Mit Hilfe von Brian O'Brien, Chef der American Optical Co., ging er eine Entwicklung an, die als „Todd AO“ bis heute legendären Ruf genießt. Verglichen mit 35 mm-Film, war das ein wahres Mammut-Format: das Kamera-Negativ 65 mm breit, die Bildfläche damit um ein Mehrfaches grösser als beim 35 mm-Kinefilm, und dann auch noch Sechs-Kanal-Magnetton! Wie beim Vier-Kanal-Magnettonfilm gruppierten sich die vier *Magnetpisten* links und rechts von den beiden Perforationsreihen. Die beiden Außen-Pisten waren jedoch auf 2,5 mm verbreitert – was erstmals die Vorführ-Kopien auf 70 mm Breite brachte – und dienten zur Aufzeichnung von je zwei Tonspuren. Fünf Kanäle waren der Bildfläche zugeordnet (links; links-Mitte; Mitte; rechts-Mitte; rechts), der sechste war ein Mono-Effektkanal.³¹⁶¹ „OKLAHOMA!“ (Regie: Fred F. Zinneman), der erste Todd AO-Film, wurde am



Magnetfilm 35 mm (oben), 17,5 mm (rechts oben) und 16 mm

Abbildung 570: Die gängigsten Spurlagen für die Tonaufzeichnung auf Magnetfilm nach DIN. Genaue Maße und Toleranzen sind in den angegebenen DIN-Normblättern zu finden.

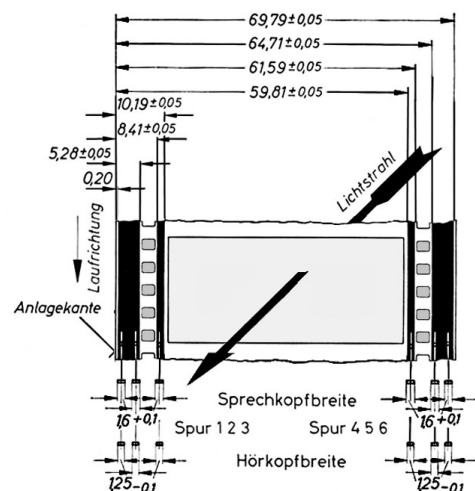
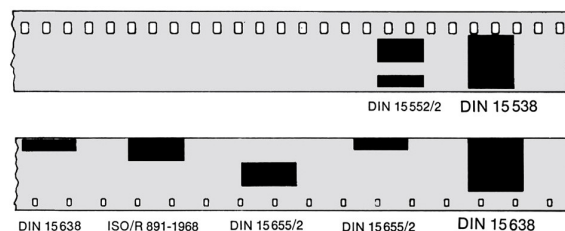


Abbildung 571 (LINKS): Auszug aus DIN 15 703, Film 70 mm, Bildpositiv mit Magnettonstreifen, d.h., den wichtigsten Abmessungen des 70-mm-Todd-AO-Films.

Abbildung 572 (RECHTS): Vierspur-Wiedergabe-Magnetkopf von Telefunken für Kino-Filmprojektoren der Firma Frieske und Höpfner.



13. Oktober 1955 im Rivoli Theatre, New York, uraufgeführt. Bis 1959 waren vom *soundtrack* dieses Films eine Million Schallplatten verkauft.³¹⁶² Der zweite Todd AO-Film sollte noch bekannter werden: Michael Andersons *AROUND THE WORLD IN 80 DAYS* von 1956, mit David Niven in der Hauptrolle und einem, wie man damals sagte, „internationalen Staraufgebot“.

So sensationell solche Erfolge auch sein mochten, als der Film noch gegen das Fernsehen kämpfte und „Stereo“ noch keine Haushalts-Attraktion war: COMMAG konnte sich nicht flächendeckend durchsetzen, weltweit blieb der Lichtton Standard in den meisten Kinos. Auch die Produzenten schätzten Magnetton nicht, musste man doch auf jede „Positivkopie“ zunächst die Magnettonpisten aufgießen³¹⁶³ und dann den Ton separat aufspielen, ein Verfahren, das spezielle Auftrags-Vorrichtungen, einen Trockenschrank, mehrere Magnetfilmmaschinen und natürlich äußerste Präzision voraussetzte – ein zeitraubender und überproportional kostspieliger Prozess.³¹⁶⁴ Filmverleiher mochten zudem weder die doppelte Lagerhaltung von Lichtton- und Magnettonkopien, noch den überdurchschnittlich hohen Verschleiß der Magnettonkopien hinnehmen – ursächlich wegen unsachgemäßer Behandlung bis hin zur versehentlichen Löschung durch das Vorführpersonal. Ihm brachte das CinemaScope-Format ohnehin mehr Arbeit: da es eine andere Perforation hatte als Normalfilme, waren bei jedem Programmwechsel alle Zahnrollen gegen nichtmagnetische auszuwechseln, Fehler damit programmiert. Das regelmäßige Entmagnetisieren der Wiedergabeköpfe war ebenfalls ungewohnt, und einen verschlissenen Magnetkopf auszuwechseln war ebenso teuer wie umständlich. Solche Nachteile konnte lange Zeit auch die dem COMOPT (Lichtton) überlegene COMMAG-Qualität nicht wettmachen. Als es Anfang der 1990er Jahre gelang, optisch-digitale Aufzeichnungen auf Film unterzubringen, lief die COMMAG-Lebenskurve aus.

Fernsehen und Magnetton: 16 mm-Magnetfilm und Piloton

Schon 1949 verbrauchten die US-Fernsehprogramm-Produzenten mehr Kinefilm als die Hollywood-Spielfilm-Produktion (das dürfte sich erst ab 1956 im Zug der aufkommenden Videoaufzeichnung auf Magnetband geändert haben). Angesichts der geringen Fernsehbild-Auflösung (kleine Bildschirme und beschränkter Kontrastumfang) griff man hier zu einem ursprünglich für Amateur- und Lehrzwecke gedachten Material, dem 16 mm-Film. Allerdings kam der 16 mm-Lichtton wegen seiner problematischen Qualität über erste Einsätze bei der TV-Produktion nicht hinaus, und so setzte sich auch hier der Magnetfilm schnell durch. 16 mm-Magnetfilm-läufer gehörten bald zum Standardprogramm aller Hersteller.

Es gab allerdings einen noch kostengünstigeren Weg zum Filmtone: nämlich der Einsatz von *1/4 in tape*, also unperforiertem 6,3 mm-Magnetband. Gangbare Wege, Kamera beziehungsweise Projektor und Tonbandgerät zu synchronisieren, hatten bekanntlich schon Eduard Schüller ebenso wie Walter Weber und Ernst Augustin durchdacht, aber nicht realisieren können (Seite 214 f.). Dies gelang Richard H. Ranger, der, als Verfasser eines der substanziellsten FIAT-Reports in Sachen Magnetton, mit allen Einzelheiten der Technik vertraut war. Ein erster Ranger-Recorder, kurz vor Ampex 200 erschienen, war ein Fehlschlag, doch ab 1950 hatte er vor allem in

der Filmbranche mit seinem *Sprocketless Synchronous Magnetic Tape Recorder* anhaltenden Erfolg,³¹⁶⁵ der nach seinem Pilottonverfahren *Rangertone* arbeitete. Ranger hatte das Patent „*Magnetic Sound Recording*“, in dem erstmals die um 90° gegenüber dem vollspurig aufgezeichneten Nutzsignal versetzte Aufzeichnungsrichtung des Pilotsignals beschrieben ist, am 31. März 1949 angemeldet.³¹⁶⁶ Gut eine Woche später folgte in Deutschland – klassischer Fall einer Doppel-, wenn nicht Dreifach-Erfindung – Josef Schürer mit seinem „*Verfahren zur Synchronisation von Bild- und Tonträger bei Tonfilmaufnahme und –wiedergabe*“.³¹⁶⁷ Wie nicht anders zu erwarten, war damit keineswegs das letzte Wort in dieser Sache gesprochen. – Wie sich die praktische Arbeit mit Pilotton aus Anwendersicht darstellt, zeigen die Beiträge ab Seite 485.

Zentrales Thema dieser und aller folgenden Verfahren war die Frage, wie bei Filmaufnahmen (lippen-) synchrone Wiedergabe von Bild und Ton zu erreichen ist; das galt bis in die 1970er Jahre auch für aktuelle Fernseh- und Dokumentarberichte. Im Studio, wo Bild und Ton auf zwei identisch perforierten Trägern – sei es spezieller Lichttonfilm oder Magnetfilm – aufgezeichnet werden, ist das kein besonderes Problem. Es wird allerdings virulent, wenn bei Außenaufnahmen Gewicht, Volumen und Empfindlichkeit der Studioapparaturen und ihre Abhängigkeit vom Stromnetz eine Rolle spielen. So entstand der Wunsch nach einer „elektrischen Perforation“, mit der auch das übliche, zudem gegenüber Magnetfilm deutlich billigere 6,3 mm-Magnetband synchron zum Bild abgespielt werden könnte. Die grundsätzlich beste Lösung hatte Eduard Schüller schon Ende 1940 skizziert (Seite 485), nämlich auf dem Tonband (wenn auch in konventioneller Längsaufzeichnung) zusätzlich zum „Nutzton“ noch ein Steuersignal aufzuzeichnen, das bei Wiedergabe als Steuergröße dienen konnte. Dieses Steuersignal lieferte schließlich ein kleiner Generator in der Filmkamera; er erzeugte bei den fernseh-üblichen 25 B/s ein Signal mit der doppelten Bildwechselfrequenz, also 50 Hz.

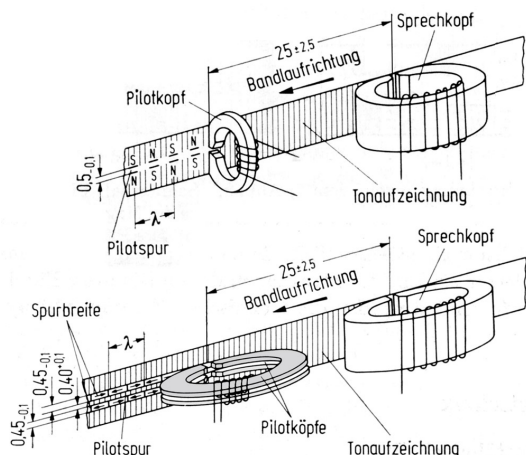


Abbildung 573 – OBEN: Pilottonaufzeichnung nach Josef Schürer: die Pilottonspur liegt in der Mitte des Magnetbandes, der 0,5 mm breite Spalt des Pilottonkopfes steht parallel zur Bandlaufrichtung. UNTEN: Neo-Pilottonaufzeichnung nach Stefan Kudelski, 1961. Längsspur-Gegentaktaufzeichnung auf zwei eng benachbarten Spuren in Bandmitte.³¹⁶⁸ – Das Magnetband läuft von rechts nach links.

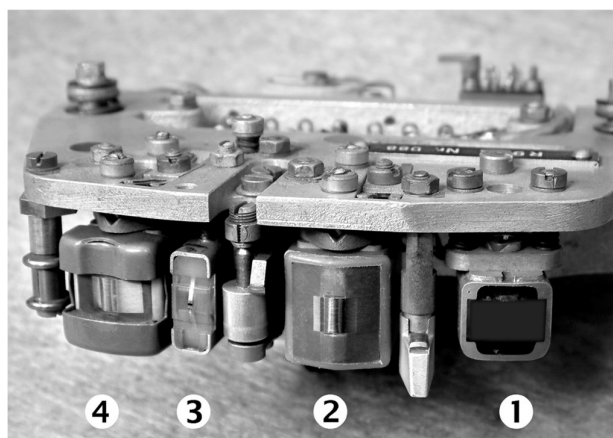


Abbildung 574: Schürers Pilotton-Technik: Der vom Betriebsingenieur des Bayerischen Rundfunks entwickelte und zunächst bei Maihak gefertigte Pilottonkopf (③, zwischen Wiedergabekopf ④ links und Bandberuhigungsrolle) in einem M-10-Vollspur-Kopfträger R 99a. ① ist der Löschkopf, ② der Aufnahmekopf.

In der Fernsehtechnik gibt das Bild sozusagen den Takt vor, und zwar bis in den Mikrosekundenbereich hinein; ähnliches gilt für den Spielfilm. Damit war klar, dass sich die Bandgeschwindigkeit dem Bildablauf anzupassen hatte, und dies ohne hörbare Tonhöhenschwankungen. Daraus ergab sich im Umkehrschluss, dass zum Ausregeln nur minimale Bandgeschwindigkeitsänderungen erlaubt, also höchste Präzision nicht zuletzt des Tonbandgeräts gefragt waren.

Schüllers Lösung, das Steuersignal auf einer separaten Magnetbandspur aufzuzeichnen, hatte aus damaliger Sicht zwei Nachteile: einmal ging wegen der abgemagerten Nutzs Spur plus dem notwendigen Schutzstreifen – wegen ihrer großen Wellenlänge würde die Steuersignal-Aufzeichnung sonst „übersprechen“ – die Dynamik des eigentlichen Tonsignals zurück, und zweitens konnte ein solches Band nicht auf Studiotonbandgeräten mit den seinerzeit allgemein üblichen Vollspur-Magnetköpfen abgespielt werden (was aber die BBC nicht davon abhielt, just dieses Zweispur-Verfahren zu praktizieren: Nutz- und Steuersignalspur waren jeweils 2 mm breit³¹⁶⁹). Der Kunstgriff, schon von Ranger und nun auch Schürer benutzt, war, das Steuersignal transversal in der Bandmitte aufzuzeichnen, also um 90° gegenüber der Nutzsignalaufzeichnung „verdrehen“ (Abbildung 573, oben). Das ist der zum Prinzip erhobene „Spaltschiefstellungsverlust“, mit der Folge, dass im Nutzsignal eigentlich nichts vom Steuersignal zu hören sein dürfte. Die beteiligten Tonbandgeräte brauchten natürlich einen besonderen „Pilotkopf“, der im definierten Abstand vom Aufnahmekopf eingebaut war. Bei der Wiedergabe wurde das Pilotsignal verstärkt und mit dem „Videotakt“ verglichen; je nach den Abweichungen lief der Tonmotor nun geringfügig langsamer oder schneller. Damit ließ sich das Ziel, nämlich synchrone Bild- und Tonwiedergabe, erreichen. „Wiedergabe“ einer Pilottonaufnahme bedeutete im Allgemeinen das Überspielen auf Magnetfilm, im Fernsehbereich stets 16 mm, weil anders die Schnittbearbeitung nicht mit der erforderlichen Flexibilität möglich war.

Auffallend ist, dass Josef Schürers Patent DE 800 157 zwar die separate Aufzeichnung des Steuersignals beschreibt – er nennt es einen „von der Geschwindigkeit des Bildträgers abhängige[n] Ton“ –, aber kein Wort über die Transversalaufzeichnung verliert, was augenommen die Pointe der Patentschrift sein müsste. Wie Schürer seine Erfinderansprüche belegt hat, ist nicht mehr nachzuweisen; wahrscheinlich konnte er entsprechende praxiserprobte Magnetbandgeräte vorzeigen. Jedenfalls sah sich Telefunken im Mai 1961 genötigt, mit Schürer einen Lizenzvertrag abzuschließen; Begründung: „erst nachdem wir diese Anregung (...die Pilotspur in der Mitte der Tonspur mittels Quermagnetisierung aufzubringen...) erhalten hatten, waren wir in der Lage, die in unserem DBP 882 956 geschützte Erfindung in die Praxis umzusetzen.“³¹⁷⁰ – Siehe auch Seite 484.

Das „Schürer“-Pilottonverfahren beherrschte in Deutschland gut ein Jahrzehnt lang die Fernsehproduktion und war auch bei Spielfilm-Außenaufnahmen im Einsatz. Kein Wunder, dass sich nach und nach auch seine Schwächen zeigten: die langwellige Pilot-Magnetisierung streute doch in das Nutzsignal ein, wenn der Pilottonkopf nicht mit geradezu idealer Präzision gefertigt war, und selbst mit HF-Vormagnetisierung waren bei der Aufzeichnung hohe Ströme erforderlich.



Abbildung 575: Fast ein Synonym für professionelle, tragbare Magnettongeräte: die Nagra- (polnisch: „es nimmt auf“³¹⁷¹) Modelle der Schweizer Firma Stefan Kudelski. (LINKS): Modell Nagra III von 1959 / 1960. Der Vierkanal-Mischpult-Untersatz ist ein Zusatzgerät insbesondere für Außenaufnahmen. – (RECHTS): Nagra 4.2 von 1982, ein Vollspur-Tonbandgerät mit Neopilotton-Aufzeichnung für Kinefilm- und Fernsehproduktionen.³¹⁷²



Abbildung 576: Stellavox SM 5, Baujahr 1960, aus der Produktion des gleichnamigen Schweizer Unternehmens von Georges Quellet.
© Roland Schellin



Abbildung 577: Stellavox SM 7, Prototyp (1968) eines erfolgreichen Modells. Beachtlich ist die unterschiedliche „Handschrift“ im Vergleich zu den Nagra-Modellen.
© Roland Schellin

Sei es, um keine Lizenz von Schürer nehmen zu müssen, sei es wegen der allmählich erkannten Schwächen seines Transversalverfahrens, wurden weitere Synchronverfahren entwickelt, auf die hier, mit zwei Ausnahmen, nicht weiter eingegangen werden kann. Die Schweizer Firma Produits Perfectone S.A. reduzierte die Nutzspur auf 4 mm Breite (symmetrisch zur Bandlängsachse) und zeichnete das Pilotsignal auf zwei 0,6 mm schmalen Streifen entlang den Magnetbandrändern auf, und zwar im Gegentakt (gegenphasig), so dass sich im Idealfall bei der Vollspurkopf-Wiedergabe die beiden Steuersignale aufhoben.³¹⁷³ Andere potentielle Fehlerquellen einmal beiseite gelassen: es ist leicht vorstellbar, wie sich die Sachlage bei randwelligen Bändern ändert.³¹⁷⁴

Die allgemeingültige Lösung fand der Wahlschweizer Ingenieur Stefan Kudelski, der sich seit 1951 mit seinen portablen, äußerst präzise gebauten und arbeitenden Magnetbandgeräten „Nagra“ (Nagra II: 1952, Nagra III erschien 1957, nur 5 kg schwer, die Nagra IV-Serie seit 1969) einen Namen gemacht hatte. Zunächst arbeitete auch

Nagra III nach dem Transversalverfahren. Dann zog Kudelski gewissermaßen Vorteile des Schürer- (Aufzeichnung in Bandmitte) und des Perfectone-Verfahrens (Gegentaktaufzeichnung) zum „Neopilotton“ zusammen: symmetrisch zur Bandlängsachse ordnete er zwei 0,45 mm schmale Längsmagnetisierungs-Köpfe an, die das Steuersignal im Gegenteil aufzeichneten.³¹⁷⁵ Damit hoben sich auch hier die beiden Steuersignale im Nutzsignal-Wiedergabekopf auf; präziser elektrischer Abgleich der Aufzeichnungsströme in den Pilotköpfen sicherte hohe Übersprechdämpfung (Abbildung 573, unten). Das Neopilot-System setzte sich rasch weltweit durch und blieb bis zur Einführung des Timecodes unangefochtener Standard bei Film- und Fernsehproduktionen.

Das Fernsehen nach NTSC-Standard benutzt bekanntlich eine Bildwechselfrequenz von 30 Hz (30 B/s, ganz genau 29,7 B/s); bei Filmaufnahmen behielt man allerdings stets 24 B/s bei, die erst bei der Sendung in einem ausgefeilten Zusammenspiel von verschachtelten Video-Halbbildern auf 30 B/s gebracht wurden (3:2 pull down). Für die Zusammenarbeit von Bild und Pilotton war die Differenz zwischen 48 beziehungsweise 50 Impulsen pro Sekunde kein Problem. Bei kurzen Szenen in Außenaufnahmen für Spiel- oder Dokumentarfilmen genügte im Allgemeinen der Gleichlauf der Geräte, hier wurde außer Pilottontechnik nicht selten auch 17,5-mm-Magnetfilm für die Tonaufzeichnung eingesetzt.

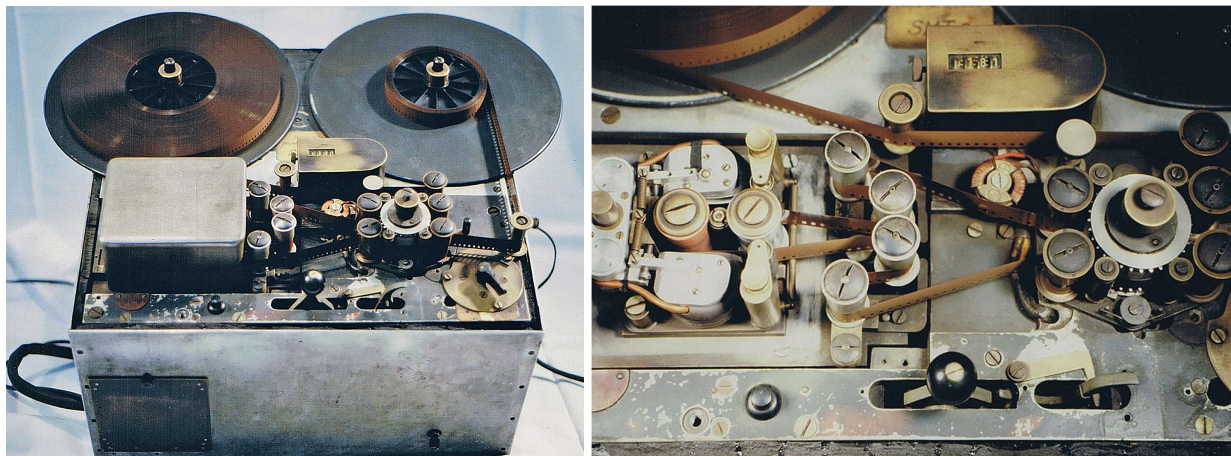


Abbildung 578: Kaum noch als solcher zu erkennen: ein Tonschreiber b2, bei der Berliner Firma Mosaikfilm zum Magnetfilm-Läufer für 17,5 mm-„Splitfilm“ umgebaut, im Einsatz wenigstens bis 1955. Aufnahme- und Wiedergabekopf sitzen unter der quadratischen Abdeckung, der Löschkopf (im rechten Bild) unterhalb des Zählwerks. Rechts die Antriebs-Zahnrolle für den Magnetfilm.

Pilotton digital: Timecode-Aufzeichnung

Timecode heißt, wie schon der Name andeutet, digital-kodierte, quarzgenaue, identische Zeitsignale auf Bild- und Tonträger aufzuzeichnen. Seit den ersten Entwicklungsschritten Ende der 1960er Jahre – auch Josef Schürer hatte wieder Pionierarbeit geleistet³¹⁷⁶ – setzte sich bei der Magnettonaufzeichnung ohnehin die Zweikanal-Stereophonie durch, so dass es hier nur ein kleiner Schritt war, in der unumgänglichen Trennspur auch die Timecode-Signale aufzuzeichnen. Die quarzgesteuerten Timecode-Generatoren arbeiteten so genau, dass ein einmaliger Abgleich bei Arbeitsbeginn ausreichte, es war nicht einmal erforderlich, die Zeitmarkengeber in Kamera und Tonbandgerät miteinander zu verkabeln oder per Funksignal im Gleichtakt zu halten, und das erleichterte die Aufnahmearbeit doch merklich. Waren alle Pilottonverfahren auf Startmarken angewiesen (wie die klassische „Klappe“ oder, weniger auffällig, optische und akustische Kennungen), bot sich jetzt die Möglichkeit, die Bild- und Tonläufer so zu steuern, dass lediglich die aufgezeichneten Zeitsignale von Bildfilm und Magnetband exakt im gleichen Augenblick zusammenfallen mussten. Es liegt auf der Hand, dass sich der Timecode, vor allem nach seiner internationalen Standardisierung 1972,³¹⁷⁷ bei der magnetischen Bildaufzeichnung und besonders zur Verkopplung mit Mehrspur-Tonbandgeräten durchsetzte, bis auch hier die Digitaltechnik vollkommen neue Voraussetzungen und Möglichkeiten brachte. Damit war, wie sich zeigen sollte, für die Audio-Magnetbandtechnik die abschließende, endgültige Lösung gefunden.

Spielfilmproduktion mit Magnetton in Deutschland

Wegen der misslichen wirtschaftlichen Lage gab es in Deutschland zwischen 1945 und 1949 bestenfalls Ansätze zu Magnetfilm-Neuentwicklungen. Solange die deutsche Filmindustrie noch nicht wieder Tritt gefasst hatte, blieben Synchronarbeiten, das „Eindeutschen“ ausländischer Spielfilme, das tägliche Brot. Hier behalf man sich mit dem Magnetophon: nur die gelungenen „takes“ wurden auf den teuren, nicht wiederverwendbaren und zudem knappen Lichtton-Negativfilm überspielt. Für derart kurze Aufzeichnungen war exakte synchrone Verkopplung nicht unbedingt erforderlich, kleine Abweichungen wurden am Schneidetisch korrigiert.³¹⁷⁸ Sobald aber die Spielfilmproduktion in West- wie Ostdeutschland wieder anlief, drängten die Filmtechniker darauf, im Produktionsalltag den bedienungsfreundlichen und betriebssicheren Magnetton mit seiner dem Lichtton überlegenen Qualität einzuführen. Die West-Berliner Filmbetriebe Berliner Synchron, Mosaikfilm, UFA Filmstudio

Tempelhof und CCC-Film, in lockerer Verbindung untereinander, versuchten sich jeweils an eigenen Lösungen.³¹⁷⁹ Mit viel Improvisationsgeschick wurde bei Mosaikfilm (übrigens dem ältesten Synchronstudio in Deutschland) selbst ein Tonschreiber b2-Laufwerk so umgerüstet, dass es filmsynchron lief.³¹⁸⁰

DEFA produziert Wozzek als ersten Spielfilm komplett mit Magnetton

Die Magnetton- und die Filmgeschichte kennen überraschende, teils kuriose Lebensläufe. Albert Wilkening (1909 ... 1990) hatte Ingenieurs- und Rechtswissenschaften studiert und kam nach seiner Promotion 1934 als Patent-Ingenieur und Berater des Vorstands bei internationalen Patentfragen zur AEG Berlin. So nahm er auch an den durchaus kontroversen Vertragsverhandlungen zwischen I.G. Farben-Sparten in Wolfen und Ludwigshafen in Sachen Magnetfilm teil, und spätestens im Lauf dieser Auseinandersetzung dürfte sich Wilkening verhandlungssichere Sachkenntnis sowohl der Magnetton- wie der Filmproduktion angeeignet haben. Obwohl Scharführer und höherer Funktionsträger im Reichsministerium für Rüstung und Kriegsproduktion, setzte ihn schon am 16. Mai 1945 die Sowjetische Militäradministration als Oberstaatsanwalt im Bezirk Berlin-Treptow ein, er wechselte allerdings schon am 1. Dezember 1945 zur ehemaligen TOBIS nach Berlin-Johannisthal, die, jetzt DEFA (Deutsche Film AG, zuletzt VEB DEFA-Studio für Spielfilme), ihn am 8. August 1946 zum Technischen Direktor ernannte. Dem Filmstudio Babelsberg war er bis zu seiner Pensionierung am 31.12. 1976 verbunden.³¹⁸¹

Wilkening hatte einen hervorragenden Ruf, nicht zuletzt als integre Persönlichkeit, ebenso als Wissenschaftler, Gründungsmitglied der Deutschen Hochschule für Filmkunst in Potsdam-Babelsberg, als Professor der Fachrichtung Kamera und Herausgeber der Fachzeitschrift BILD UND TON.³¹⁸² So ist es wohl angemessen, wenn eine posthume Buchpublikation ihn den „Gentleman der DEFA“ nennt.³¹⁸³

Die DEFA stand unter Kontrolle des „Technischen Büros für Kinematografie“ aus, einer Institution beim Rat der Volkskommissare der UdSSR, also letztlich unter sowjetischer Leitung. Aufgabe des TBK war unter anderem, den Stand der Filmproduktionstechnik in Deutschland zu dokumentieren (siehe Seite 289). Aus den für die Arbeit zuständigen Abteilungen ging das Forschungsinstitut der DEFA hervor.

Als 1947 im DEFA-Atelier Johannisthal alle Lichttonkameras ausgelastet waren, veranlasste Wilkening, dass für die Tonaufnahmen zum Spielfilm WOZZEK Magnetton eingesetzt wurde. Somit dürfte DEFA den weltweit ersten (und vermutlich einzigen „unkoppelten“) vollständig auf Magnetband aufgezeichneten Spielfilm-Ton produziert haben, denn es wurde nicht nur bei den Dreharbeiten (April bis August 1947³¹⁸⁴), sondern auch für die Nachsynchronisation und die Musikaufnahmen eingesetzt. Klaus Jungk, Tonmeister bei WOZZEK, hat diese Neuerung dokumentiert. Danach wurden zwei Magnetophone K 7 (nach dem K 1 das erste Gerät mit Synchron-Tonmotor) „*genauestens aufeinander abgestimmt*“, mit dem Ergebnis, dass es dank systematischer Arbeit des Filmstudios seit 1946³¹⁸⁵ zu keiner merklichen Asynchronität kam. Mängel, die der Berliner Rundfunk moniert hatte, scheinen hier nicht aufgetreten zu sein. Probleme machten lediglich die starken Vor- und Nachechos der Massebänder (Magnetophonband Typ L der BASF), die „*den Eindruck von einem durch das Bild nicht begründeten Nachhall erweckten*“. Jungk war Techniker genug, um das Provisorische dieses Betriebsversuchs ebenso wie die Vorteile der Magnettontechnik klar herausarbeiten zu können. So forderte er für die Zukunft gleiche Geschwindigkeit für Bildfilm und Magnettonträger (45,6 cm/s), da nur so eine vernünftige Schnitтарbeit möglicherweise das zu „frühe“ Umspielen auf Lichttonfilm zu vermeiden wäre.³¹⁸⁶ Blicke zu klären, wie Albert Wilkening an die beiden raren K 7-Laufwerke gekommen ist, von denen es 1947 nur ein paar Dutzend aus Neuproduktion gab: aufgrund seiner aktuellen Position oder dank seiner alten Verbindungen zur AEG?

Martin Ulner bei UFA und sein Einsatz für den Film-Magnetton

1950 hatte sich die wirtschaftliche Lage Deutschlands – zumindest in den Westzonen – deutlich gebessert, und so konnten auch die Filmgesellschaften wieder größere Investitionen tätigen. Allerdings kam die Spielfilmproduktion kaum auf ein Drittel des Vorkriegsumfangs; das „Brot- und Butter-Geschäft“ dieser Jahre war vielmehr das Synchronisieren, also das „Eindeutschen“, ausländischer Spielfilme – bei der DEFA seit April 1946 aus Ostblock-, vorwiegend sowjetischen, Produktionen,³¹⁸⁷ in den Berliner Filmstudios Filmen aus England und USA, also Hollywood, und zwar bis zu 300 Produktionen pro Jahr.

In dieser Aufbruchphase leistete Dr.-Ing. Martin Ulner (1908 ... 1964), seit Oktober 1949 Technischer Leiter des Filmstudios Tempelhof der Universum Film A.G. (und damit in ähnlicher Position wie Wilkening bei DEFA),³¹⁸⁸ einen entscheidenden Beitrag für „*Die Zukunft der Tonfilmaufnahmetechnik in Deutschland*“.³¹⁸⁹ „*Gegen die Meinung vieler Techniker, Schnittmeister und Industriefirmen und auch gegen den Widerstand fast aller kaufmännischen Atelierleiter, die Investitionen für neue Geräte scheuten*“³¹⁹⁰ plädierte Ulner nicht nur nachdrücklich für den Magnetton, sondern bezog ihn in ein übergreifendes Konzept für eine darauf abgestimmte Produktionstechnik ein. So stellte er, einundzwanzig Jahre nach Stilles Stahlband-Demonstration von 1929, in einer vielbeachteten Vortrags-sitzung der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft (DKG) am 3. April 1950 eine „*Magnettonkamera, einen Magnettonschneidetisch und ein Magnetton-Wiedergabelaufwerk für bildsynchroner Mustervorführung sowie den Mischprozess*“ vor (zugleich die Premiere einiger Entwicklungen der MWA, siehe unten).³¹⁹¹ Für den Original-Ton empfiehlt Ulner 6,5 mm breites Magnetband, da die Geschwindigkeits-Konstanz der Magnetbandgeräte von AEG und – erstaunlicherweise – von Loewe-Opta so gut sei, dass sich bei Bildfilm-Längen bis 60 m (gut zwei Minuten) keinerlei und selbst nach den 10 Minuten Laufzeit einer „normalen“ Filmrolle lediglich vier Bilder Versatz ergäbe.

Erst für die Tonspur der Original-Filme für die Theater-Kopien sollte schließlich Lichttonfilm eingesetzt werden. (Bemerkenswert: der Lichttonfilm-Übertragungsbereich musste auf 7 ...8 kHz begrenzt werden, da sonst beim in Deutschland üblichen Aufzeichnungsverfahren Verzerrungen in höheren Frequenzbereichen auftraten.)

Bei Synchronisationsarbeiten plädiert Ulner schon wegen des Preisvorteils für den 17,5 mm-Magnetfilm (also einen auf die halbe Breite geschnittenen 35 mm-Film); sein Meterpreis lag bei 0,23 DM, der für Ton-Negativfilm bei 1,10 DM. Die größten Vorteile ergaben sich allerdings aus der Wiederverwendbarkeit dieses Materials und der Betriebssicherheit dank der praktisch gleichzeitig mit der Aufnahme möglichen Qualitätskontrolle per Hinter-Band-Abhören, insgesamt also deutlicher Zeitersparnis und Arbeitssicherheit.³¹⁹²

Martin Ulner, lange Jahre kaum gewürdigt, gehört zusammen mit Wilhelm Albrecht zu den großen Pionieren der deutschen Nachkriegs-Filmtechnik. Hier ist nicht der Ort, näher auf seine gesamte Lebensarbeit einzugehen, die einen technisch wie künstlerisch hoch befähigten Fotografen, Filmschaffenden und Ingenieur auszeichnet. Ein Auszug aus dem Nachruf, den ihm der prominente Photo- und Film-Wissenschaftler Albert Narath widmete, soll genügen:

[Er] legte 1931 sein Diplomexamen ab und war dann bis 1936 in Moskau als Entwicklungsingenieur im Staatlichen Forschungsinstitut für Kinematografie und als Tonaufnahmeleiter bei der Mosfilm tätig. Anschließend war er Entwicklungingenieur bei Telefunken in Berlin und von 1938 bis 1939 von dieser Firma mit der Einrichtung des Service in fast allen Ländern Süd- und Mittelamerikas betraut. Von 1939 bis 1941 beschäftigte er sich bei der Klangfilm GmbH mit Problemen der Tonphotographie und der Stereophonie, einem Thema, das seiner Doktorarbeit 1941 zugrunde lag, und war von 1942 bis Kriegsende als technischer Leiter der Zentralfilmgesellschaft Ost mbH in Berlin, Kiew und Riga tätig. Nach 1945 eröffnete er einen eigenen Betrieb in Berlin-Zehlendorf, die Werkstätten für Elektromechanik und Filmtechnik, und übernahm dann die technische Leitung der Ufa-Ateliers, Berlin-Tempelhof. Sein Hauptverdienst war hier die Einführung des Magnettonverfahrens in die Atelierpraxis [...] Er wandte sich dann der Herstellung eigener Dokumentar- und Kulturfilme zu, ein Gebiet, das seinen künstlerischen Neigungen entsprach und bei dem er seine reichen technischen Erfahrungen nutzbar machen konnte. [...] Besonders verdienstvoll waren zwei der Filmgeschichte gewidmete Filme: „Zur Entstehung des Tonfilms“ (1948) mit einigen ersten Tonaufnahmen der Triergon-Erfinder und einem Interview mit Dr. h.c. Hans Vogt [...]³¹⁹³

Anfangsprobleme beim Magnettonfilm-Schnitt

So überzeugend die Vorteile des Magnettons waren, eine Berufsgruppe tat sich – wie in den USA – damit schwer: die Cutter beziehungsweise „editors“. Aufgrund ihrer Arbeitserfahrung konnten sie eine Lichttonspur sozusagen lesen und z.B. Szenenanfänge oder geeignete Tonschnittstellen „auf den ersten Blick“ ausmachen. Sie mussten sich erst an die beim Rundfunk gängige Schnittstellensuche gewöhnen (etwa durch langsames Vor- und Rück-Rangieren des Magnetbandes am Wiedergabekopf). Kein Wunder, dass auch in Deutschland schon ab 1940 diverse Patente mit dem Anspruch eingereicht wurden,³¹⁹⁴ auf der Magnetfilm-Rückseite die „umhüllende“ Kurve des Tonsignals abzubilden (wie seit etwa 1995 bei jedem bildschirmorientierten Computer-Schnitt- und Montageprogramm üblich). Bei der UFA, die mit entsprechenden Anfangsproblemen zu kämpfen hatte, baute Horst Redlich aus einem großen Lautsprecher-Magnetsystem und einer tuschegefüllten Röhrchenfeder eine Vorrichtung, die die Ton-Hüllkurve auf die Magnetfilmrückseite schrieb. Nach relativ kurzer Zeit konnten die Cutter auf die Visualisierung verzichten,³¹⁹⁵ spätestens, als mehrere Spuren auf Magnetfilm aufgezeichnet wurden.

Magnetfilmgeräte aus deutscher Produktion

Wilhelm Albrechts Magnetfilm-Laufwerke

Sein technisches Lebensthema wird Wilhelm Albrecht kurz nach Ende des Zweiten Weltkriegs gefunden haben, als er in den bombengeschädigten Geschäftsräumen seiner 1926 als „Mechanische Werkstätten Wilhelm Albrecht“ gegründeten Berliner Firma defekte Filmprojektoren zu warten und zu reparieren hatte. Das war seinerzeit der vielleicht anstrengendste, aber sicher effektivste Weg, sich gründlich mit der „Laufbild“-Technik vertraut zu machen. Vermittelt hatte diese, in jenen Jahren „*der allgemeinen Improvisationskunst*“ beinahe lebenswichtigen, Aufträge Werner Stroetzel, ein Freund aus Studienzeiten, 1936 Assistent bei Professor Dr. Albert Narath, dann Mitarbeiter bei Klangfilm. Er arbeitete 1946 als Tonmeister bei Kaudel-Film, einem bedeutenden Berliner Unternehmen der Spielfilm-Synchronisation. Schließlich konnte Stroetzel für Albrecht den Auftrag sichern, eine Lichttonkamera zu bauen. Das kritische Bauelement, die Lichttonoptik, konnte er dank seiner Verbindungen zu Klangfilm beschaffen. Noch 1946 wurde die Lichttonkamera LTK 1 an Kaudel-Film geliefert und lange Zeit eingesetzt.

Bei der – je nach Blickwinkel – kollegial oder mit Hauen und Stechen geführten Zusammenarbeit der Berliner Filmstudios lernte Albrecht auch Martin Ulner kennen. Der, als Technischer Direktor der UFA eine Persönlichkeit von Rang, setzte in den späten 1940er Jahren alles daran, die Synchronisationsarbeit vom umständlichen, zeitraubenden Lichtton-Negativfilm (zu dieser Zeit nur auf Importe angewiesen) auf Magnettonfilm umzustellen (siehe oben). Die nicht zu umgehende Voraussetzung dafür war ein Laufwerk, das auf die Eigenheiten des Magnetfilms abzustimmen war; der bewährte Tonwellenantrieb des Magnetophonbandes schied aus, weil er letzten Endes keine Synchronität über alle Arbeitsschritte hinweg gewährleisten konnte.

Es gehört zu den Unwahrscheinlichkeiten der Magnettontechnik, dass Karl Schwartz eine funktionstüchtige Lösung des Problems bereits Jahre zuvor angegeben hatte, sein ohne Zeitverzug angemeldetes Patent aber erst 1958 bekannt wurde (Seite 216). So konnte Albrecht, ohne jede Kenntnis eines „entgegenstehenden“ Schutzrechts, seine eigene Konstruktion entwickeln – in gewisser Weise eine Parallele zur Mehrfacherfindung der Hochfrequenz-vormagnetisierung. Albrechts und Schwartz' Konstruktionen gehen das Problem grundsätzlich gleich an.



Abbildung 579: Magnetfilmlaufwerk („Magnettonkamera“) MTK 1 konstruiert ab Herbst 1949, ausgeliefert 1950. Die Maschine ist heute als Ausstellungsgstück bei MWA-Nova (Nachfolgerin der MWA) in Berlin zu sehen.



Abbildung 580: Magnetfilmlaufwerk MTK 2, die kleinere und leichtere Nachfolge-Ausführung der MTK 1.



Abbildung 581: Das MWA-Durchzugslaufwerk ML 1, etwa 1952. Den Transport des Magnetfilms übernahm der Antrieb des Hauptgeräts.

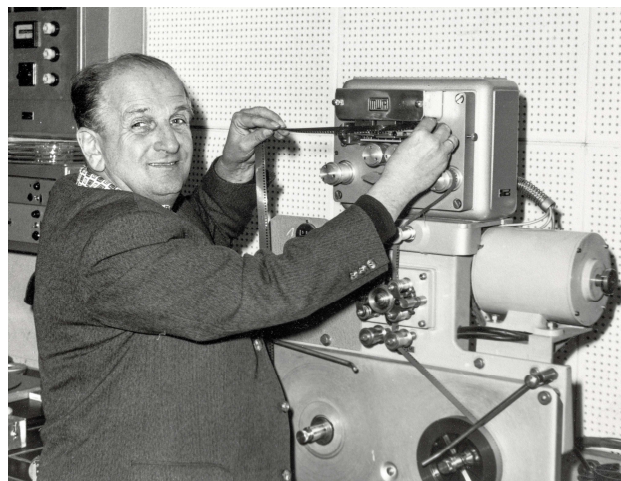


Abbildung 582: Auch das gab es: MWA-Durchzugslaufwerk ML 1 (für Magnetfilm 17,5 mm) auf Siemens-Magnetfilmläufers als Ersatz für die störanfällige „Gasuhr“-Anordnung. Das Bild verdeutlicht die relative Größe des ML 1.

Die Magnettonkamera MTK 1, ein Auftrag Martin Ulners vom Herbst 1949, war die erste einschlägige Entwicklung der MWA. Horst Redlich, damals bei der AEG angestellt, entwickelte die Aufnahme- und Wiedergabeverstärker; so lange nämlich das „Hochfrequenz-Patent“ DE 743 411 gültig war, mussten sie von dort zugekauft werden. Am 20. März 1950 an das Filmstudio Tempelhof ausgeliefert, dürfte MTK 1 das erste spezifisch für Magnetfilm entwickelte Aufnahme- und Wiedergabe-Laufwerk gewesen sein. Zu den Kennzeichen dieser kinematisch wegweisenden Konstruktion zählten zwei unterschiedlich große Schwungmassen (um Pendelschwingungen zu unterdrücken), luftgedämpfte Pendelrollen zur Gleichlaufstabilisierung, auswechselbare Kopfträger (wie bei den Studio-Tonbandgeräten) und ein filmgetriebener Meterzähler. Um den beachtlich schweren Magnetfilm rasch auf Sollgeschwindigkeit zu bringen, ohne die Perforation zu beschädigen, wurde die Tonrollen-Achse samt der darauf sitzenden Schwungmasse während des Hochlaufs über ein eigenes Getriebe geschwindigkeitsgleich mit dem Magnetfilm beschleunigt. Die Konzeption dieses Geräts war so fortschrittlich, dass sich in den nächsten 30 Jahren praktisch weltweit alle Filmläufers an diesem Vorbild orientierten – eine Parallele zu dem ja auch in Berlin entwickelten Drei-Motoren-Antrieb für Tonbandgeräte.

Bereits im Juli 1950 ging die weiterentwickelte MTK 2 zur UFA, eine weitere (die eigentliche MTK 3³¹⁹⁶) am 11. Dezember als „Handgepäck“ per Flugzeug zur Bavaria Film; 1951 lieferte MWA bereits die MTK 4 (eine

Weiterentwicklung, jetzt als Typbezeichnung, Preis DM 10.340, dazu ein Verstärkertisch zu DM 6.940) nach München. MTK 5 bis MTK 7 sowie die modernisierten MTK 51 und MTK 71 folgten für das 16 mm-Format, das sich in den 1950er Jahren als Bildträger beim Fernsehen durchsetzte. Anfang 1952 wurde neben den Magnetton-Kameras (also den Aufnahme-Wiedergabe-Geräten) auch die Fertigung reiner Wiedergabe-Laufwerke, 1956 des Magnetton-Bandspielers MB 2, aufgenommen.³¹⁹⁷



Abbildung 583: Hans Westpfahl arbeitete (nach seiner Entlassung bei der AEG Anfang 1950) auch bei CCC-Film (Central Cinema Company), einer 1946 von Artur Brauner gegründete Filmproduktion. Brauner scheute lange die für den Umstieg auf den Magnetton nötigen Investitionen. Schließlich erstand CCC von MWA ein Durchzugsgerät ML 1 (zu erkennen zwischen den beiden Filmtellern) als Herzstück dieses in eigener Werkstatt gebauten Magnetfilm Läufers.

fertigte MWA gewissermaßen systemkonforme Bandspieler, teils auch für Lichttonfilm und zur Projektion auf größere Bildformate, als sie die Filmschneidetische boten. Viel Entwicklungsarbeit ging auch in die diversen Synchronisations-Systeme, mit denen die in der Filmvertonung unerlässliche Synchronhaltung einer stets wachsenden Zahl von Bearbeitungsgeräten gesichert werden musste.

Wie flexibel MWA bei aller Konzentration auf den Film war, zeigt die zeitweilige Zusammenarbeit mit einem anderen renommierten Berliner Betrieb, der Georg Neumann GmbH, vor allem für ihre Kondensator-

Den Filmproduzenten, die Investitionen in die unerprobte Magnettechnik scheuten und deshalb am problematischen Lichtton festhalten wollten, präsentierte Albrecht als preisgünstige Übergangslösung das Durchzugsgerät ML 1. Diese zentrale Komponente hatte, wie der Name andeutet, keinen eigenen Film-antrieb, sondern beschränkte sich auf den (auswechselbaren) Magnetkopfträger und die gesamte komplexe Bandführung mit allen Filtern und Schwungmassen. ML 1 ersetzte beispielsweise bei der UFA und ab dem 12. Januar 1951 bei Bavaria München die Lichtton-Durchzugsgeräte älterer Bandspieler, selbst die der problematischen Magnetton-Einheiten von Siemens-Magnetocord-Geräten, und Artur Brauners Berliner CCC baute sie in eine Eigenkonstruktion ein. Den Filmtransport übernahm nach wie vor das „Wirtsgerät“. Für DM 640 angeboten,³¹⁹⁸ erwies sich ML 1, sozusagen eine Auskopplung der zentralen Baugruppe der MTK-Serie, als ausgereifte Konstruktion, die bis 1980 das „Herzstück“ aller MWA-Magnetfilm-Bandspieler bildete; knapp über 2.000 Stück wurden gebaut.

Die Geräte der MTK-Serie brauchten, nebeneinander aufgereiht, relativ viel Platz. Das Problem wurde schon 1950 mit dem Magnetton-Bandspieler MB 1 in „Hochschrank“-Bauart gelöst, die bis zum Ende der Magnetfilmtechnik dominierte. Mit der Weiterentwicklung der Film- wie der Fernsehtechnik und der damit verbundenen Produktions-Wachstumsschübe

Abbildung 584: Hinter der Kamera: Technik bei Dreharbeiten in der Spielfilmproduktion. Im Vordergrund links ein mittels des MWA-Durchzugslaufwerks ML 1 auf Magnetton umgebautes Lichtton-Wiedergabegerät, vermutlich für das Musik-Playback. In der Mitte oben der Mikrophon-„Galg“ mit weit ausfahrbarem Ausleger und dem Mikrophon am Vorderende. Ganz rechts die Filmkamera. – Aufnahme von etwa 1952



Mikrophone bekannt, aber auch als Hersteller von Schneidemaschinen für die Schallplattenproduktion. Laut Norbert Bolewski hat MWA also einen bedeutenden Anteil an der Weiterentwicklung der Langspielplatte:

Erwähnt sei noch, dass Wilhelm Albrecht außerdem in den 50er Jahren einige maßgebliche Entwicklungen für den Bereich der Schallplattentechnik gelangen. In Zusammenarbeit mit Georg Neumann und dessen Mitarbeiter Günter Lützkendorf sowie Horst Redlich von der Teldec entwickelte und fertigte er den Vakuum-Ansaugteller, die Schreiberaufhängung und entwickelte den Vorschubantrieb VA 32 mit Steuerverstärker SV 32 zur amplitudenabhängigen Rillen-Vorschubsteuerung für die Schallplatten-Schneidemaschinen VMS 32 der Firma Neumann GmbH. Auf dieser Basis fanden auch später Weiterentwicklungen statt - so im Jahr 1966 bzw. 1968 der Vorschubantrieb VA 66 mit transistorisiertem Steuerverstärker SV 66 für die Stereo-Aufnahmemaschine VMS 66.³¹⁹⁹



Abbildung 585: LINKS Mischatelier eines Filmstudios aus den frühen 1950er Jahren mit Vorläufern des MWA-Bandspielers MB 2 und Magnetfilmfläuren ML 1 als Durchzugsgert; RECHTS die Teilansicht des zentralen Tonbearbeitungskomplexes der BBC London mit nicht weniger als 20 MWA-Magnetfilmfläuren MB 51, um 1980. Die Maschinen konnten dank der MWA-Entwicklung UCS System von drei Regionen aus in beliebiger Kombination benutzt werden.³²⁰⁰

Einen schweren Schicksalsschlag hatte MWA 1962 zu verkraften, als Wilhelm Albrecht mit 60 Jahren verstarb. Die kommenden Jahrzehnte, die seiner Gründung anhaltende Erfolge bringen sollten, hat er nicht miterleben können. In die kaufmännische Geschäftsführung teilten sich seine Witwe und Mitglieder seiner Familie; den Technikbereich übernahm der überragende Ingenieur Günter Kieß, der seit seiner Studienzeit im Unternehmen mitgearbeitet hatte und bis zum Beginn seines Ruhestands (1991) MWA-Mitarbeiter blieb.



Abbildung 586: Firmengründer Wilhelm Albrecht (links im Bild, 1902 – 1962) und Günter Kieß (*1928), 31 Jahre lang bis 1991 Technischer Geschäftsführer der MWA (seit 1989 „W. Albrecht Studio-geräte“). Das Bild stammt aus dem Jahr 1956.

Bis Ende der 1970er Jahre wurden – immer noch mit ML 1 als „Herzstück“ – die Magnetfilm-Laufwerke kontinuierlich dem Stand der Technik angepasst. Nachdem die grundsätzlichen kinematischen Probleme anfangs der sechziger Jahre mit ausgereiften Konstruktionen gelöst waren, traten die Verkopplungsprobleme zwischen Bildkameras beziehungsweise Projektoren und Magnetfilm-Maschinen in den Vordergrund, vor allem bei der Tonmischung, wo eine ständig wachsende Zahl synchronlaufender Bandspieler zusammenarbeiten musste. So konnte etwa der MWA-Magnetbandspieler MB 3 ohne Zusatzeinrichtungen sowohl mit Netzspannung als auch mit Piloton, Rotosyn und nach dem Interlock-Verfahren der Bosch-Fernseh GmbH betrieben werden und war damit universell für alle damaligen Aufgaben im Fernsehstudio einsetzbar.³²⁰¹ Allerdings erschienen die langen Vor- und Rückspulzeiten besonders unproduktiv, weil die Filmfläurer, teils aus Rücksicht auf die Perforation, teils wegen der beschränkten Leistung der Verkopplungssysteme, höchstens auf 150 B/s beschleunigen konnten. Immer

noch war nämlich die Zahnrolle das Haupt-Antriebsselement, trotz ihrer Nachteile für die Ruhe des Filmflaufs und der Perforationsbeanspruchung.

Als Ende der siebziger Jahre digitale Mikroelektronik immer komplexere Steuerungen erlaubte und damit nur die Perforierung als Schwachstelle blieb, bot sich eine radikale Lösung an: Verzicht auf den formschlüssigen Filmtransport mittels Zahnrolle und Laufberuhigung durch Schwungmassen, denn „wegen der in ihnen gespeicherten kinetischen Energie muß man beim Starten und Stoppen sowie beim Hin- und Herrangieren sehr viel längere An- und Auslaufzeiten in Kauf nehmen als bei einem normalen Bandgerät mit Friktionsantrieb (Tonwelle und Gummi-Andruckrolle).“

*Schneller Vor- und Rücklauf sind bei zahntrummelgetriebenen Tonträgern z. B. nicht möglich.*³²⁰² Eine Lösung musste selbstverständlich die höhere Steifigkeit des Films, nicht zuletzt bei Klebestellen, und das beachtliche Gewicht eines maximal 600 m langen 35 mm-Films im Blick behalten.

So erforderte es neben technischem Können auch einigen Mut, im März 1981 den geradezu revolutionären neuen Laufwerkstyp MB 51 einzuführen: der Film umschlang einen glatten Capstan um 180°, Andruckrolle und alle Schwungmassen entfielen; nur eine leichte Zahntrummel, vom Film lediglich mitgedreht, lieferte der Steuerung in Mikroprozessortechnik die unerlässlichen Informationen über die aktuelle Filmposition. Die feinfühligste Steuerung der zwei Gleichstrom-Scheibenläufer erlaubt stufenlos stellbares synchrones Rangiertempo vom Stillstand bis 750 B/s (30fach, also knapp 6 m/s beziehungsweise 20,6 km/h beim 16 mm-Film, vor- und rückwärts, immerhin noch zwölffach beim 35 mm- und 17,5 mm-Film gegenüber den Sollgeschwindigkeiten von 45,6 cm/s (24 B/s, Spielfilmproduktion) und 47,5 cm/s (25 B/s, europäisches Fernsehen), und das bei rasanter Beschleunigung und zügigem Abbremsen. Von der früher verwirrenden Vielfalt an Umlenkrollen waren nur sieben Stück übrig geblieben, so dass das Film-Einlegen kaum länger dauerte als bei einem Studiotonbandgerät. Zusammengekommen: deutliche Zeitersparnisse. MB 51 sollte den höchsten und letzten Stand der Magnetfilm-Laufwerkstechnik bilden.

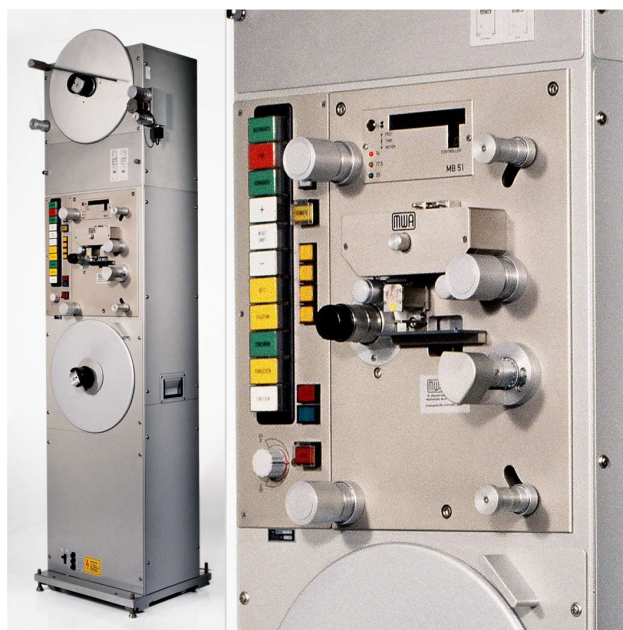


Abbildung 587: MWA-Magnetfilmlaufwerk MB 51, Baujahr 1981, Gesamtansicht und Hauptteil der Frontplatte mit den Filmführungen

MWA lieferte in Verbindung mit den Magnetfilm-Laufwerken ein breites Sortiment an Geräten für Produktion und Bearbeitung im Filmstudio wie beim Fernsehen, auf das hier jedoch nicht eingegangen werden kann. Immerhin so viel: als MWA 1983 mit ihrem kompletten Bearbeitungssystem die Ausschreibung für die neuen Studios des ZDF Mainz gewann, gab der Mitbewerber Siemens-Klangfilm seine Magnetfilmlaufwerk-Produktion auf.

Die Forderung nach immer ausgeprägterer Wirtschaftlichkeit galt auch für die Arbeit in den Produktionsstudios, nicht zuletzt also auch für Magnetfilm-Laufwerke. MWA reagierte 1989 darauf mit dem Steuersystem UCS, das bis zu 20 Maschinen gleichzeitig in Arbeitsgruppen aufzuteilen erlaubte, die, dezentral aufgestellt, individuell von einzelnen Studios aus zu benutzen waren. Das heißt, weniger aufwendige Filmbearbeitungen griffen während der Arbeitszeit auf einige wenige Maschinen zu, während Großproduktionen zeitgleich große Teile des Pools belegen konnten.

Es war nur eine Frage der Zeit, bis (nach der mikroprozessor-gesteuerten Antriebstechnik) die Digitaltechnik auch Bild- und Tonbearbeitung in den Studios beeinflusste und nach und nach die analogen

Verfahren verdrängte. So hoch entwickelt die Magnetfilmtechnik auch Anfang der 1990er Jahre entwickelt sein mochte: dem Vordringen von Bild- und Tonbearbeitungsprogrammen, entsprechend leistungsfähigen Computern, immer speichermächtigeren und preisgünstigeren Festplatten als Speichermedium hatten sie, als die Anlaufprobleme überwunden waren, stets weniger entgegenzusetzen. Immerhin erstaunlich, dass sich in einzelnen Ländern der analoge Magnetfilm noch weit über die Jahrtausendwende halten konnte.

Die weitere Geschichte der MWA und ihrer Nachfolgerin, der MWA-Nova, ist so weit von der magnetischen Aufzeichnungstechnik entfernt, dass sie in diesem Buchs nicht mehr gewürdigt werden kann. Erfreulich immerhin, dass zum aktuellen Produktions- beziehungsweise Arbeitsbereich der MWA-Nova die technisch äußerst aufwendige Digitalisierung analoger Filme gehört und sie somit ebenfalls dazu beiträgt, diesen Teil des kulturellen Erbes zu sichern.

Die MTK 1, Erstling der MWA, wurde übrigens zumindest bis 1965 in den Tempelhofer UFA-Studios eingesetzt³²⁰³ und dient heute der MWA-Nova als respektables Ausstellungsstück.³²⁰⁴ Norbert Bolewski, einflussreicher Fachjournalist und Herausgeber, fasst zusammen:

Und der Name Mechanische Werkstätten Albrecht, in der Abkürzung und im Logo MWA, galt weltweit als Synonym dafür, wenngleich es im Laufe der Jahrzehnte Entwicklungen auch aus anderen Unternehmen gab. Das in (West-)Berlin ansässige mittelständische Unternehmen zählte kaum jemals mehr als 50 Mitarbeiter und war nicht nur Marktführer, sondern auch Motor der Weiterentwicklungen parallel zu den neuen film- und fernsehtechnischen Fortschritten.³²⁰⁵

Magnetfilm-Technik bei Siemens-Klangfilm G.m.b.H.

Während UFA und MWA schon früh Kontakt zur Magnetbandproduktion der Agfa Leverkusen aufnahmen, fand BASF Anschluss an die Entwicklung über eine der profiliertesten Persönlichkeiten, Hans-Christoph Wohlrab.³²⁰⁶ Spätestens seit November 1947 plante der ehemalige Klangfilm-Mitarbeiter, einen Magnetfilmläufer zu

entwickeln und verhandelte dazu mit BASF über die Lieferung von Magnetfilmen. Während er seine Firma Ferrofilm G.m.b.H. in Berlin-Lichtenrade aufbaute, zog der Produktionsleiter der Klangfilm G.m.b.H., Mainz, aus der sich abzeichnenden Entwicklung in den USA die gleichen Schlüsse wie die französischen Besatzungsbehörden (Seite 481).³²⁰⁷ Als Wohlrab nach der Währungsreform und wegen der Blockade Berlins in der Selbständigkeit keine rechte Chance mehr sah und den Klangfilm-Betrieb Karlsruhe (französische Besatzungszone) kontaktierte, dürfte er mit offenen Armen empfangen worden sein, jedenfalls war er Ende 1948 fest angestellt.³²⁰⁸ Klangfilm vereinbarte im Oktober 1949 mit AEG die Lieferung „spezifischer Magnettonteile für synchrone Zwecke“. Als Gegenleistung und Abgeltung der AEG-Schutzrechte sollte Klangfilm 5 % vom Kundenpreis ihres Magnetfilm-Läufers zahlen.³²⁰⁹

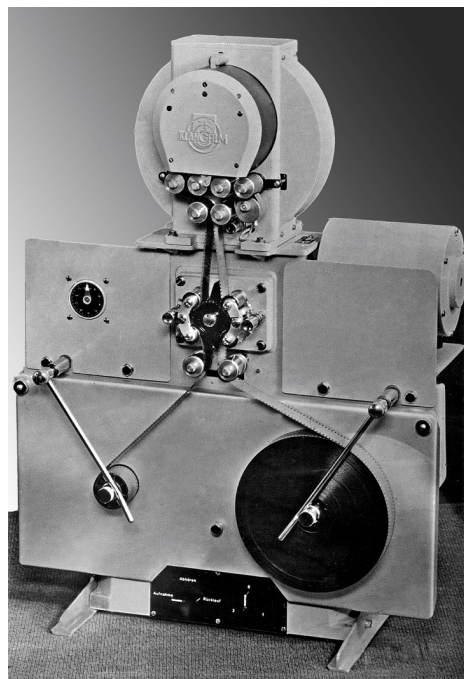
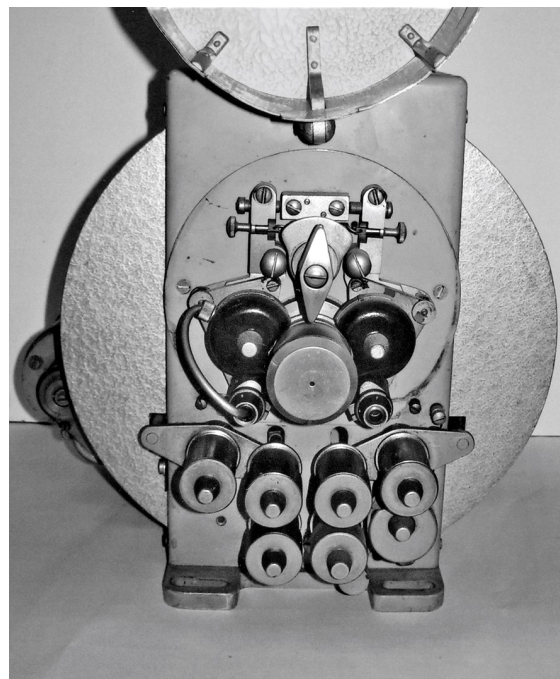


Abbildung 588: Die „Tonaufnahme-Apparatur für Magnettonfilm 35 und 17,5 mm“ nach dem System Klangfilm, erschienen im Frühjahr 1951. Wie das rechte Bild zeigt, berühren im Betrieb die beiden Magnetköpfe den über die Tonwelle gekrümmten Magnetfilm (etwa in Bidmitte).



So gut die Eurocord-Lichttonkamera der Klangfilm G.m.b.H. zwischen 1935 und den 1950er Jahren angesehen war, so begrenzten Erfolg hatte die Siemens-Tochter mit Magnetfilmläufern. Klangfilm kam erst am 20. April 1951 mit der „Magnetocord“ für Normalfilm-Zwecke auf den Markt, die aus einem getrennten einmotorigen Laufwerk und dem Verstärkerunterteil bestand. Das Laufwerk kostete DM 10.300, der Verstärkerschrank DM 9.400.³²¹⁰ Wie im Schwartz-Patent von 1941 vorgezeichnet (erst 1958 veröffentlicht), hatte dieses Gerät nur eine Schwungmasse, von Schwartz abweichend lagen jedoch die Magnetköpfe auf der Tonrolle auf – eine Reverenz an Camras oder Anlehnung an die Konstruktion der hauseigenen Lichttonkameras? Jedenfalls war damit natürlich der konkave Abschleiß der Köpfe vorgegeben, als Folge ein undefinierter Band-Kopf-Kontakt und Aussetzer bei Klebestellen. Schon 1953 kam das von Hans-Christoph Wohlrab konstruierte Klangfilm-Magnetocord 16-M/R-Gerät heraus, mit einer Kopfanordnung wie im Schwartz-Patent,³²¹¹ 1956 die tragbare Minicord 16 M/R. Die Magnetocord-Typenreihe wurde 1961 verbessert. Seinerzeit kostete eine Magnetocord 16 M/R-Duplex-Anlage für pilot-, taktgeber- und netzsynchronen sowie Rotosynbetrieb DM 38.125. Die Preisspanne reichte von reinen Wiedergabegeräten ab DM 16.000 über Solo-Aufnahme- und Wiedergabegeräte (DM 20.000 bis 32.000) bis hin zu Duplex-Anlagen von DM 38.000 bis DM 52.000.³²¹² Die von Klangfilm auf Magnetton umgerüstete 16 mm-Filmkamera Auricon Super 1200 nahm Siemens mit einem dafür entwickelten Verstärkerkoffer 1955 ins Lieferprogramm. In jenem Jahr wurde auf der Hannover-Messe auch der Siemens-2000-Projektor mit 16 mm-Magnetfilm-Zweistreifenzusatz vorgestellt, der, mit einem Synchronmotor bestückt, für Nachsynchronisation oder Kontrollzwecke mit anderen Bandspielern über die Rotosyn-Anlage verkoppelt werden konnte.

Anfang der 1960er Jahre stellte Siemens das 15 kg schwere Reportocord-Gerät 16 M/R in einer Ausführung vor, die den Transistorverstärker des Maihak MMK 6 enthielt. Es lief mit der Bandgeschwindigkeit 19,05 cm/s entsprechend 25 B/s. Zum Aufwickeln der 300-m-Magnetfilme für 26 Minuten Spieldauer diente ein zusätzlicher Wickelmotor. Das Gerät hatte einen Drei-Kopfträger für Doppelspuraufzeichnung, wobei die Tonmodulation auf der 5 mm breiten Mittenspur und die Synchronsignale eines Generators an der Bildkamera auf der Randspur aufgezeichnet wurden. Zusammen mit einem MMK 6, einem Maihak-Pilottonvorverstärker MMS 2/1, einem Schaltgerät mit Startmarkengeber, dem Klangfilm-Endverstärker KL V 551 (die drei Geräte in einem Verstärkerkoffer untergebracht) und einem Reportocord bot Siemens eine komplette Pilottonumspielanlage an.

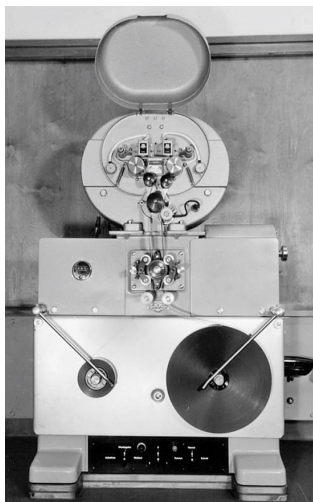


Abbildung 589: „Magnetocord“-Vierkanal-Magnetfilm-Laufwerk der Klangfilm GmbH für Magnetfilm 35 mm (ca. 1954).

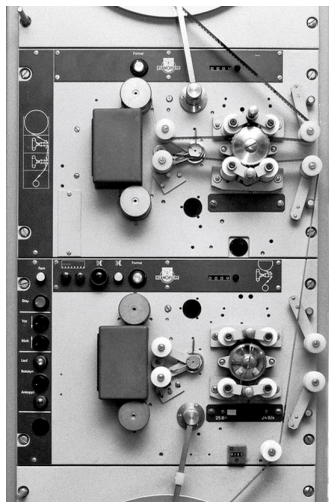


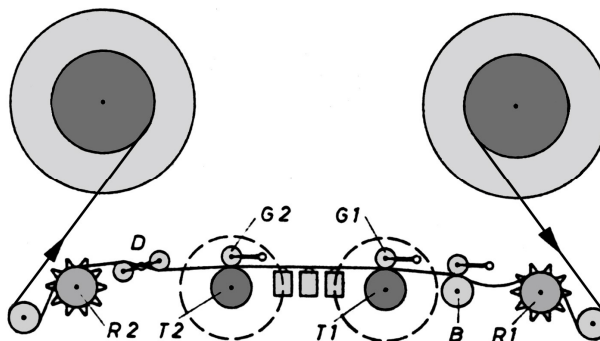
Abbildung 590: Magnetfilmführung in einem Duocord-Laufwerk für zwei Filmbreiten, ca. 1970.



Abbildung 591: Ein 16 mm-Magnetfilm-Läufer aus der „Multi-cord“-Serie der Klangfilm GmbH, um 1967. Dieses Exemplar diente bei BASF zur Messung von Magnetfilmeigenschaften. Siehe das Laufwerksschema in Abbildung 592!

Abbildung 592: Der Filmlauf im Magnetfilm-Laufwerk „Multi-cord“ der Klangfilm G.m.b.H (siehe oben). Beachte: Der Magnetfilm läuft von rechts nach links!

R1 Transportrolle (Vorwickelrolle), B Bremsrolle, G1 und G2 Gummi-Andruckrollen, T1 und T2 Tonwellen mit Schwungmassen (gestrichelt), D Doppelpendelrolle. Die Magnetköpfe sind zwischen den Tonwellen angeordnet.



MWA Albrecht G.m.b.H. gegen Klangfilm G.m.b.H.

Die Konkurrenz zwischen dem David Albrecht und Goliath Siemens-Klangfilm hatte misstönige Konsequenzen.³²¹³ Albrecht war natürlich bekannt, dass seine MTK 1 vom Hochfrequenz-Patent DE 743 411 (im Besitz der AEG) abhängig war, und so sollte zunächst die AEG das Gerät vermarkten. Als schon die Preislisten gedruckt waren, intervenierte Siemens, und die AEG ließ den Plan fallen. Albrecht schloss daraufhin einen Lizenzvertrag mit der AEG, Siemens hatte wieder Einwände, und die AEG kündigte Ende 1954 das Abkommen. Ein dreiviertel Jahr – bis zum Ablauf des HF-Patents am 28. Juli 1955 – konnte Albrecht nur an einen begrenzten Kundenkreis liefern. Klangfilms Vorstellungen von Lizenzgebühren waren bemerkenswert: pro Magnettonkamera DM 2.000 und ca. 10 – 15 Pfennig pro Meter Magnetfilm, gestützt auf Ansprüche aus etwa 100 Patenten und zwei Abkommen aus dem Jahr 1941 (AEG – Klangfilm und AEG – FTZ).³²¹⁴ Als Patentanwälte von Albrecht und der Bavaria nachweisen konnten, dass keines der angeführten Patente relevant war, musste Klangfilm zurückstecken.

Magnetfilm-Laufwerke international

MWA und Siemens-Klangfilm-Laufwerke dominierten in weiten Bereichen der Film- und Fernsehstudios, daneben versuchten sich auf diesem Markt auch kleinere Hersteller, ebenso kam es zu Kooperationen. So präsentierte 1955 der renommierte Filmkamera-Produzent Arnold und Richter die Arricord-Kamera, bestehend aus einer Arriflex 35 II a und einem Magnettonläufer für 17,5 mm Splitfilm, gemeinsam untergebracht in einem Schallschutzgehäuse. „Mit einem Gewicht von nur etwa 40 kg zeichnet sie sich durch große Wendigkeit bei hoher Bild- und Tonqualität aus (...)“ schreibt W. Selle.³²¹⁵ Siemens-Klangfilm lieferte dazu den Aufnahme- und Wiedergabeverstärker in einem separaten Koffer. Gewiss war die Arricord gut 40 Kilogramm leichter als die reine Atelier-Bildkamera Debie Super Parvo color, aber dennoch völlig unhandlich. Schließlich setzte sich im 35-mm-Bereich ab den 1960er Jahren auch die Pilotontontechnik durch. Die Arricord blieb ein Zwischenspiel.

Es wäre allerdings aussichtslos, eine auch nur halbwegs vollständige Darstellung der internationalen Entwicklung der Magnetfilm-Läufer zu versuchen. In der Schweiz etablierte sich ein weltweit erstrangiges Ensemble von Magnettonspezialisten, neben Studer-Revox, Kudelski, Stellavox auch die Magnetfilm-Gerätebauer Perfectone Products SA (beziehungsweise Produits Perfectone S.A.) in Biel mit dem Magnetfilm-Läufer „Capermag 583“ und Sondor (Willy Hungerbühler AG, Zollikon), die 1952 beziehungsweise 1955 die Produktion aufnahmen.³²¹⁶

Das Sondor-Laufwerk „libra“ beförderte den Magnetfilm mittels Schrittschaltmotor und Zahntrommel, ein zusätzlicher Capstan als Ersatz für eine schwere Schwungmasse sicherte niedrige Tonhöhenschwankungen. In den USA tummelten sich auf diesem Markt die „Giganten“ der Elektronikbranche, wie Westrex (teils im Verband mit Rank), MGM³²¹⁷ und RCA, ebenso wie kleine Firmen aus dem Zulieferer-Bereich von Hollywood, etwa die schon genannte Hallen Corp. und Magnasync/Moviola Corporation.



Abbildung 593: Drei Magnetfilmläufer in der typischen Hochschrank-Bauart, ca. 1,80 m hoch.

(LINKS): Ein Dreifach-Magnetfilmspieler der Magnasync / Moviola Corporation, North Hollywood.

(MITTE): RCA PM-85,

(RECHTS): Perfectone OR 16 (beide ca. 1970).

Viele Magnetfilm-Laufwerke waren für die Filmbreiten 16 mm, 17,5 mm und 35 mm lieferbar, in der Regel konnte jedes Laufwerk mit wenigen Handgriffen auf eine andere Filmbreite umgestellt werden.

Magnetfilm-Produktion in Deutschland

BASF Ludwigshafen/Rhein

Im Juni 1947 regten die französischen Besatzungsbehörden eine Zusammenarbeit zwischen den einschlägigen französischen Firmen sowie der BASF, AEG und Klangfilm an mit dem Ziel, die Magnettontechnik in den Tonfilmateliers einzuführen.³²¹⁸ Dieser *de-facto*-Anordnung folgend, hatte BASF Zeitpläne für eine eigene Magnetfilmproduktion ab Anfang 1948 aufgestellt und bereits eine Perforiermaschine beschafft.³²¹⁹ PVC als Trägerfolie schien trotz einiger Bedenken brauchbar, wenn die Dicke auf etwa 100 µm heraufgesetzt werden könnte (normaldicke Folie spaltete sich beim Perforieren in Längsrichtung). Als Ausweichmaterial dachte Robl an Triazetylzellulose oder – erstaunlicherweise – an Papier, wohl nach Beratung mit einer Papierabteilung der BASF.³²²⁰ Statt jedoch im Februar 1948 auf Papierbasis, konnten Muster eines Magnetfilms in Masseband-Technik³²²¹ erst im August 1949 ausgeliefert werden.³²²² Besondere Erfolge konnte BASF aber damit nicht erringen, und die Versuchsfabrikation wurde bald wieder aufgegeben.³²²³

Nicht viel besser endete ein (nur in Ansätzen dokumentierter) Versuch, Anfang 1955 Magnetfilm auf PVC-Träger herzustellen. Zumindest ein größerer Posten ist auch abgesetzt worden, allerdings scheint teures Lehrgeld für falsch perforierte Filme gezahlt worden zu sein.³²²⁴ Sicher ist, dass die Versuchsproduktion auf diesem ungeeigneten Material etwa zum Jahresende 1955 auslief.³²²⁵ BASF suchte als Konsequenz die Zusammenarbeit mit den Perutz Photowerken GmbH, München, führte also gewissermaßen die Kontakte zwischen Perutz und der ANORGANA weiter, die ihr mit der Übernahme der Gendorfer Magnetbandproduktion zugefallen waren, jedoch bis 1959 ohne Erfolg.³²²⁶

Erst um die Jahreswende 1959 / 1960 zeitigte die Zusammenarbeit Perutz - BASF als Resultat die Magnetfilme PB 16 und PB 35, also die einseitig perforierte Ausführung mit 16 mm Breite und die 35 mm breite Kinefilm-Version.³²²⁷ Die Produktion lief vermutlich so ab, dass Perutz die in München gefertigte Triacetat-Folie nach Ludwigshafen sandte, BASF dort die Magnetschicht auftrug und die Blöcke wieder zurück nach München zum Schneiden und Perforieren schickte. Umständlich wie dieser Ablauf war auch die Verpackung gestaltet, wo das giftige Perutz-Grün und das BASF-Rot aneinanderstießen. Als Verkaufsprodukt sind die Magnetfilme PB 35, PB 16 und „auf Wunsch“ auch Splitfilm 17,5 mm zwischen 1960 und 1963 aufgelistet;³²²⁸ ihre Qualität scheint zunächst wettbewerbsfähig gewesen zu sein.³²²⁹ Allerdings endete die Gemeinschaftsarbeit mit Perutz bereits 1963 wieder, die Gründe sind nicht bekannt (Andeutungen sprechen für Qualitätsprobleme), Zusammenhänge mit einer Fusionswelle von 1964 sind nicht zu erkennen.³²³⁰ Seinerzeit hat nämlich die Bayer AG Leverkusen durch umfangreiche Transaktionen alle noch selbständigen deutschen fototechnischen Betriebe in ihren Besitz gebracht, gekrönt von der Zusammenlegung ihrer Tochter Agfa mit der belgischen Photo-Produits Gevaert S.A., Mortsel-Antwerpen. Eine Folge war die allmähliche Verlagerung der Agfa-Gevaert-Magnetbandproduktion auf das Perutz-Firmengelände in der Münchner Kistlerhofstraße.



Abbildung 594: Perforiermaschinen für Magnetfilm 35 mm (Fabrikat BUKO), etwa 1970, im BASF-Werk Willstätt.

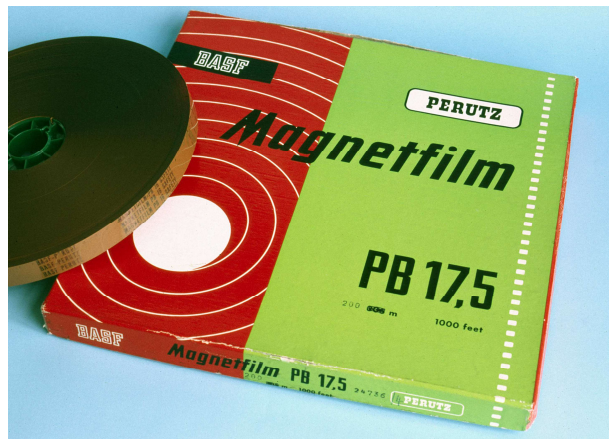


Abbildung 595: Magnetfilm PB 17,5 aus der gemeinsamen Fertigung von Perutz, München, und BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen, um 1960/1961.

Zwischen 1963 / 1964 und 1965 / 1966 produzierte BASF keinen Magnetfilm. Ähnlich wie beim Video- und Computerband scheint es eine Art Innovationsstau gegeben zu haben, der sich erst mit der Betriebsaufnahme des Werks Willstätt auflöste. Jedenfalls war spätestens ab 1967 (90 µm dicker Polyester-) Magnetfilm P 16, P 17,5 und P 35 lieferbar;³²³¹ in diesem Jahr trug er sogar (neben Compact-Cassetten) maßgeblich zur Umsatzsteigerung von +8,7 % bei.³²³² Das Sortiment umfasste stets die Magnetfilmbreiten 16, 17,5 und 35 mm, wobei die maximalen Längen – anfänglich war nur die Abmessung 305 m lieferbar – so zunahmen, wie es die Leistungsfähigkeit der Magnetfilmläufer erlaubte: beim 16 mm-Film bis 915 m bereits 1972, bei den 17,5- und 35-mm-Filmen bis 610 m.

Zwischen Ende 1971 und etwa 1984 bereicherten die Low-Noise-Magnetfilmtypen P 16 LH, P 17,5 LH und P 35 LH das BASF-Sortiment. Vermutlich stammt das Pigment entweder aus den gleichzeitigen Entwicklungen im Heimtonbereich oder aus dem Studiobereich (SPR 50 LH). Die Standard- und die LH-Versionen unterschieden sich im Rauschen um etwa 3 dB bei ungefähr gleicher Aussteuerbarkeit; beim P 16 LH war außerdem das Modulationsrauschen um rund 5 dB niedriger (besser) als bei P 16.³²³³ Welche Gründe dafür sprachen, diese Typen aufzugeben, ist nicht rekonstruierbar; üblicherweise lag das am etwas höheren Preis der höherwertigen Typen. – Agfa hat keine speziellen Low-Noise-Magnetfilme gefertigt.

1975 wurde die Magnetfilmproduktion zusammen mit den letzten noch in Ludwigshafen gefertigten Studioprodukten ins Werk Willstätt verlagert, dazu auch die Rückseiten-Bedruckungsmaschine und alle Perforiermaschinen. Nachdem 1991 die Agfa-Magnetbandproduktion mit der der BASF zusammengelegt worden war, wanderte die Magnetfilmfertigung von Willstätt zum ehemaligen Agfa-Werk Pyral im nordfranzösischen Avranches.

Agfa und Agfa-Gevaert AG, Leverkusen

Als Martin Ulner und Wilhelm Albrecht 1949/1950 die Magnettonkamera MTK 1 entwickelten, wandten sie sich wegen des Magnetfilms an Agfa Leverkusen, die bei der Auslieferung der ersten Geräte bereits liefern konnte. Dieser erste Magnetfilm aus regulärer deutscher Fertigung, Agfa Magnetonfilm MF 2, bestand aus einem 125 µm dicken Celluloseacetat-Träger und einer 15 µm dicken Magnetschicht mit würfelförmigem Fe₂O₃-Pigment, entsprechend dem Rundfunk-Magnetonband F, das zunächst MF 1 geheißen hatte.³²³⁴

Der Agfa Magnetonfilm MF 3 wurde 1953 gezielt nach den Anforderungen der 16 mm-Filmtechnik entwickelt, als die aufkommenden deutschen Fernsehanstalten dieses Format insbesondere in der aktuellen Berichterstattung verstärkt einsetzen wollten (auch, um von Wochenschau-Berichten unabhängig zu werden). Vernünftige Aufzeichnungsqualität war angesichts der vergleichsweise niedrigen Transportgeschwindigkeit – 16 mm-Film läuft mit 19,05 cm/s weniger als halb so schnell wie der 35-mm-Film (47,5 cm/s bei 25 B/s beziehungsweise 45,6 cm/s bei 24 B/s) – nur mit magnetisch „härteren“ (höherkoerziven) Magnetpigmenten zu erreichen. Der 16 mm-Film profitierte somit von dem gerade einsetzenden Boom der Heimtonband-Geräte, die anfangs mit 19 cm/s, bald aber auch mit 9,5 cm/s und 4,75 cm/s arbeiteten.

Etwa gleichzeitig mit dem Nachfolger, MF 4, brachte Agfa den Magnetonfilm MF 22 heraus, der bei einer Gesamtdicke von 157 µm eine 22 µm dicke Schicht aus kubischem Eisenoxid trug, analog dem Magnetonband FR 22.³²³⁵ Die relativ hohe Magnetfilmgeschwindigkeit erlaubte diese Stärke, ohne den Frequenzgang zu beeinträchtigen. Damit bot sich MF 22 insbesondere für Musikaufnahmen in der Spielfilmproduktion an; bei sachgerechter Aussteuerung waren durchaus Dynamikwerte um 70 dB zu erzielen.³²³⁶ Zumindest geplant war auch ein Magnetfilm MF 55 mit gleich starker Schicht, abgeleitet aus dem mit einem nadelförmigen Oxid beschichteten Magnetonfilm MF 5.³²³⁷

1955, als Industriefilmer wie Schmalfilmamateure den Magnetton entdeckten, stellte Agfa das Besspurungsband F 4 vor (später F 5 und F 6, jeweils den MF-Typen entsprechend und etwa bis 1990 gefertigt). Typisch für die Besspurungstechnik war das Verfahren des Münchener Mechanikermeisters Kurt Weberling, der mit einer Spezialmaschine einen Span aus dem Film hobelte und das Besspurungsband in die Nut einklebte. Die Magnet-

spur durfte erfahrungsgemäß nicht mehr als 15 µm über die Filmoberfläche hinausstehen, andernfalls war eine Ausgleichsspur erforderlich, damit sich der Film nicht tellerförmig aufspulte.³²³⁸

Agfa verwendete als Bindelack der Magnetschicht damals Desmodur-Desmophen (DD), ein enorm abriebfestes Material. Trug man eine solche Dispersion auf einen unbehandelten Polyester-Interimsträger auf, ließ sich die Magnetschicht rückstandsfrei abziehen und auf den Bildfilm kaschieren. Der nur 10 µm dünne Belag dieses Kaschierbands PEK wurde mittels einer Heißsiegel-Klebstoff-Schicht unter leichtem Druck und auf etwa 115 °C erwärmt, direkt auf den Film geklebt, so dass die bisherige Unterseite sich nun als hervorragend glatte Oberfläche darbot – damit hatte sich der Invertguss (Seite 85) im dritten Anlauf als pfiffiges Produktionsverfahren für ein Nischenprodukt entpuppt.³²³⁹ Das Kaschieren bewährte sich sowohl bei 8 mm als auch beim 16 mm-Film (Spurbreiten 0,8 beziehungsweise 2,45 mm); als Auftragsleistung erzielten verschiedene Geräte Geschwindigkeiten zwischen 0,4 m/s und 1 m/s.³²⁴⁰

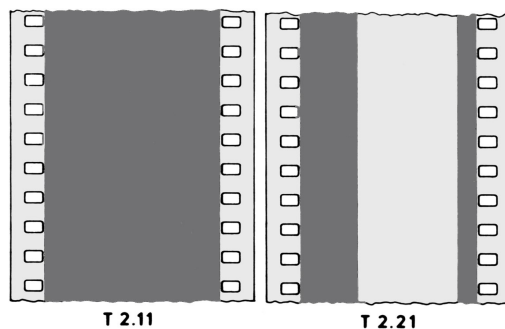


Abbildung 596: Im Gegensatz zu den üblichen Magnetfilmen waren die Gevaert- beziehungsweise Agfa-Gevaert-Sonderformate „clear edge“ (T 2.11, links) und „stripe coated“ (T 2.21) nicht über die volle Breite, sondern entsprechend dem britischen Standard B.S. 2981 nur zonenweise beschichtet.

Aus der Fusion mit der belgischen Firma Gevaert kamen zwei 35 mm-Celluloseacetat-Magnetfilme mit den Bezeichnungen T 2.11 und T 2.21 in das Agfa-Gevaert-Programm. T 2.11 hieß auch „clear edge“, weil nur die Fläche zwischen den Perforationsreihen beschichtet war; außerdem war eine Filmkante mit einer blauen Linie markiert. T 2.21, „stripe coated“, trug zwei „Streifen“: einen rund 8 mm breiten an der „linken“ und einen 2,5 mm breiten an der „rechten“ Kante. Damit wurde in einigen europäischen Ländern eine ausgefallene Schnitt-Technik praktiziert: auf dem Schneidetisch lagen Bild- und Magnetfilm *übereinander*, konnten also gleichzeitig betrachtet und bearbeitet werden.³²⁴¹ Bei T 2.11 und T 2.21 soll es sich um Kinefilme gehandelt haben, deren Fotoschicht zwecks Silberrückgewinnung abgewaschen worden war, also ein echtes Recycling-Produkt. Kostengünstig war auf jeden Fall, dass das aufwendige Perforieren entfiel. Gegenüber den „echten“ Magnetfilmen war die Fertigungsmenge zu vernachlässigen; trotzdem kam es, als Agfa-Gevaert diese Produkte 1976 aufgab, zu Kundenbeschwerden aus England.³²⁴²

Um 1960 ging Agfa mit dem Magnetfilm MF 4 auf nadelförmige Magnetpigmente über, entsprechend etwa der Entwicklung des Rundfunkbands PER (siehe oben). Magnetfilm MF 5 von 1965 profitierte davon, dass jetzt auch bei den Agfa-Rezepturen das Ausrichten der Pigmentnadeln in Laufrichtung beherrscht wurde. Unperforiertes, 35 mm breites MF 5-Material setzte die Sowjetunion lange Zeit als digitales Speichermedium in Großrechenanlagen ein.³²⁴³

Celluloseacetat, das „Urgestein“ der Magnetspeichertechnik, hielt sich beim Magnetfilm am längsten. Es zeigte sich aber auch hier, dass eine 60 µm starke PE-Folie wegen ihrer höheren Schmiegsamkeit besonders beim langsamlaufenden 16 mm-Film erhebliche Vorteile gegenüber der 120 µm-Celluloseacetatfolie zeigte. Nicht zuletzt geringere Dicken und Gewichte machten beim Magnetfilm 16 auch 600- und 900-m-Längen möglich. Die Umstellung im Jahr 1968 von Magnetfilm MF 5 auf MF 5 PE, weltweit erster PE-Magnetfilm, markiert die Wende. 1977 erreichte der Magnetfilm MF 6 PE das, wie sich zeigen sollte, abschließende Leistungsniveau. Gegenüber dem MF 4 war die Dynamik – der nutzbare Aufzeichnungsspielraum – um 6 dB vergrößert, also verdoppelt worden. Der besonderen Ausrüstung des französischen Spielfilmindustrie angepasst war eine Variante des MF 6 PE mit dem Zusatz „135“. MF 6 PE 135 hatte demnach eine weiß eingefärbte, 120 µm starke Trägerfolie und einem gut lesbaren Rückseitendruck – damit waren Bild- und Magnetfilm gleich dick und auf entsprechenden Schneidetischen besser zu verarbeiten.

In der Entwicklung war Ende der 1980er Jahre noch ein Magnetfilmtyp MF 9 PE, abgeleitet aus dem Studioband PEM 469, der aber nach 1991 aufgegeben wurde.

Magnetfilmfertigung in Avranches (Frankreich)

Schon vor Gründung der BASF Magnetics GmbH zum Jahresbeginn 1991 wanderte die Fertigung des Agfa-Magnetfilms MF 6 PE, der schon geraume Zeit vorher wegen günstigerer Kosten als Magnetfilm P 16 an BASF geliefert worden war, aus dem Werk München in das (Jahre zuvor von Agfa-Gevaert erworbene) Werk der Pyral S.A. im nordfranzösischen Avranches ab. Pyral deckte nach und nach unter diversen Markennamen den ganzen Europa-Bedarf an Magnetfilm ab.³²⁴⁴ Daher war auch der ganze Maschinenpark nach Avranches verlegt worden; die freigewordenen Kapazitäten kamen der steil ansteigenden Willstätter Videoband-Produktion zugute.³²⁴⁵

MF 6 PE, insbesondere die 16 mm-Ausführung, litt 1995 / 1996 unter hartnäckigen Reklamationen professioneller Anwender vor allem aus Deutschland, die Pegel-Instabilitäten monierten. Beanstandet wurden bei 16 mm-Magnetfilm – Laufgeschwindigkeit 19,05 cm/s – Pegelschwankungen bei 10 kHz im Bereich ab 0,5 dB. Aufwendige Untersuchungen brachten zutage, dass diffizilste Unstimmigkeiten bei der Normung der Spur- und Magnetfilmbreiten großen Anteil an den Unregelmäßigkeiten hatten – allerdings wohl auch, dass die Pegelstabilität

digitaler Medien (im Filmbereich seinerzeit vorwiegend optoelektronische Speicher) die Kunden-Erwartungen und -Anforderungen auf ein vorher nicht gekanntes Niveau hochgetrieben hatten.

In Avranches fertigte die Pyral S.A. weiterhin Magnetfilme (später unter dem Namen RTM). Abgesehen von technisch nicht konkurrenzfähigen Produktionen in Asien ist die Firma damit letzter Hersteller dieses erstaunlicherweise nach wie vor in der internationalen Spielfilmproduktion gefragten Magnettonspeichers.

Mercury Living Presence

Als Abschluss des Überblicks über die Magnetfilm-Technik hier die Kurz-Geschichte einer einmalig gebliebenen Anwendung (wenn auch ohne Beteiligung von BASF oder Agfa).

„Living presence“, Wortprägung eines beeindruckten Musikkritikers, wurde zum Attribut einer besonders gelungenen Serie von Klassik-Aufnahmen der amerikanischen Schallplattengesellschaft Mercury.³²⁴⁶ Was hier zwischen 1953 und 1964 mit vergleichsweise geringem gerätetechnischen Aufwand, aber wahrhaft tonmeisterlichem Können entstand, hat immer wieder höchste Anerkennung gefunden. Nachdem zunächst ein Dreispur-Tonbandgerät Ampex 300 (mit Halbzoll-Band) im Einsatz war, verwendete Mercury seit dem Jahr 1962 transportable 35 mm-Magnetfilmläufer der USA-Firma Westrex. Diese scheinbar exotische Wahl hatte zwar den Nachteil, dass der Tonträger deutlich mehr kostete als gewöhnliches Tonband (wenn auch die Tonträgerkosten im Produktionsbudget gewöhnlich untergehen). Auch die 20 % höhere Bandgeschwindigkeit (45,6 cm/s entsprechend 18 ips), allgemein für Höhenwiedergabe günstiger, dürfte nicht ausschlaggebend gewesen sein. Klare Vorteile zeigt allerdings die Spurbreite: die „Dreispur-Atelierschrift“ bietet 5,08 mm,³²⁴⁷ gut die doppelte Breite wie beim ¼“-Studioband (2-Kanal-stereo), und das bringt schon 3 dB mehr Dynamik. Schließlich produziert der Magnetfilm wegen seiner Dicke (insbesondere der 140 µm-Acetat-Film) deutlich weniger Kopiereffekte als das 50 µm-Standardband. Was jedoch die damaligen Studiobänder nicht bieten konnten, war das unerreichte niedrige Modulationsrauschen des formstabilen Magnetfilms.³²⁴⁸ Die Summe dieser kleinen Einzelkomponenten führte zu einem technisch überlegenen Klangbild, das 1994 zu überraschten Reaktionen auf die Neuauflagen dieser Aufnahmen führte; die CDs trugen als Kennzeichen einen symbolischen roten Magnetfilmstreifen.³²⁴⁹

NWDR und private Produzenten führen Film-Magnetton ein

Der 31. März 1954 ist ein Tag, der in die Annalen der Fernsehgeschichte gehört. Der Nordwestdeutsche Rundfunk (NWDR) in Hamburg strahlte die 16 mm-Filmdokumentation „Musuri – Es geht aufwärts im Kongo“ aus, die weltweit erste zweistreifige Produktion mit lippensynchronen Originaltönen, die mit einer 16 mm-Filmkamera und einem Reportage-Tonbandgerät hergestellt wurde.³²⁵⁰ Was heute völlig selbstverständlich ist, die gleichzeitige Aufzeichnung von Bild und Ton, war bis Anfang der 1950er Jahre ein im wahrsten Sinne schwerwiegendes Unterfangen. Eine 35 mm-Filmausrüstung inklusive Lichttonaufnahme wog mehrere Zentner, auch die Wochenschau-Apparaturen mit direkter Lichttonaufzeichnung in der Filmkamera waren umfangreich und schwer zu handhaben. Deshalb, ältere Kinogänger werden sich erinnern, gab es in den Berichten nur wenige lippensynchrone Aufnahmen.³²⁵¹ Das Deutsche Fernsehen hatte am 25. Dezember 1952 unter sehr provisorischen Umständen in einem Luftschutz-Bunker auf dem Hamburger Heiligengeistfeld seinen Betrieb aufgenommen. Federführend war der NWDR. Zuständig für das neue Medium war Dr. Werner Pleister, der auf das Aktuelle pochte. Fernsehen bedeute, live dabei zu sein. Nur im Notfall sollte auf Konserven der Wochenschau zurückgegriffen werden, sagte er 1953 bei der Eröffnung des Fernsehstudios in Hamburg-Lokstedt. „Man wollte im Fernsehen die Faszination des unmittelbar Erlebten zeigen. Und deshalb sorgte Pleister auch dafür, dass im neuen Studio in Lokstedt nicht ein einziger Raum für Film, Filmübertragung, Filmkamera, Schnitt oder Synchronisation eingerichtet wurde“, schreibt der NWDR-Kameramann Carsten Diercks.³²⁵²

Beim NWDR arbeiteten damals Programm-Mitarbeiter und Techniker segensreich zusammen: Neue technische Entwicklungen eröffneten den Redaktionen neue Möglichkeiten der Berichterstattung. Hatte das „Gondi“ (Seite 429) als tragbares Tonbandgerät im Hörfunk eine größere Nähe zu Menschen und Ereignissen gestattet, sollte seine Weiterentwicklung zum MMK 3 von Maihak in Pilottonausführung die Film-Berichterstattung des Fernsehens revolutionieren: Ein Team aus Redakteur und Kameramann konnte jederzeit „aus dem Stand“ Interviews auf der Straße machen, Pressekonferenzen aufnehmen, Statements wichtiger Menschen einfangen oder bei der Rettung der sechs Überlebenden von 86 Besatzungsmitgliedern nach dem Untergang des Segelschulschiffes *Pamir* am 23. September 1957 in der Nähe der Azoren dabei sein, wie es Diercks und Rolf Eschenbach für den NDR machten. Für diese Dokumentation erhielten sie den Deutschen Fernsehpreis. Spontaneität, Aktualität und Nähe wurden nun auch in der Filmdokumentation des Fernsehens möglich. Das 16 mm-Format war obendrein preislich sehr viel günstiger als Normalfilm.

Der NDR als Nachfolger des NWDR scheint vieles von dem vergessen zu haben, was seine Zentraltechnik und Redaktionen in den 1950er Jahren alles auf die Beine gestellt haben. Wenn die Medien-Geschichtsschreibung dann doch einmal Fakten aus dem Nebel der Vergangenheit holt, würdigt sie meist Menschen aus vorderster Front: Redakteure, Chefredakteure, Intendanten, vielleicht auch mal Kameraleute und Cutterinnen. Carsten Diercks, früher „Erster Redakteur und Regisseur im NDR-Fernsehen“ war der Kameramann, der an die neue Technik glaubte und sie damals einführte. Er war längere Zeit der einzige im Deutschen Fernsehen, der mit der Arriflex-Filmkamera und Pilottongeber und MMK 3 umgehen konnte und den Schnitt beherrschte. Und er gehört zu den Begrün-

dern des Dokumentarismus im Fernsehen.³²⁵³ Diercks wird nicht müde, darauf hinzuweisen, dass dieser Dokumentarismus seinen Ursprung beim NWDR hatte, noch vor dem „Direct Cinema“ der US-Dokumentarfilmregisseure Don Alan Pennebaker (ab 1960) oder Richard Leacock, und er kommt sich dabei fast vor wie der Rufer in der Wüste. Bei diesem Rufen vergisst er auch die Menschen nicht, die einen mindestens ebenso großen Anteil an der neuen Technik haben, aber eben im Hintergrund gewirkt haben. Diese Ingenieure der NWDR-Technik haben ebenfalls ihren Platz in der Medien- und Technik-Geschichte verdient, so zum Beispiel Adalbert Lohmann, Udo Stepputat oder Karl-Erik Gondesen.

Carsten Diercks (1921 - 2009) hatte nach dem Abitur von 1939 bis 1945 Kriegsdienst als Pilot geleistet, zuletzt als Staffelführer, und in dieser Zeit einen Lehrgang an der Bild-Fachschule der Luftwaffe absolviert. Nach dem Krieg belegte der erfahrene Fotograf einen Kursus an der NWDR-Rundfunkschule Hamburg und wurde freier Hörfunk-Mitarbeiter im Zeit- und Jugendfunk. 1950 erhielt er zunächst einen Zeitvertrag als Lektor in der Unterhaltungsabteilung und war schließlich Assistent des bekannten Kabarettisten Werner Finck, der diese Abteilung aufbauen sollte. Daraus wurde allerdings nichts, weil Finck es sich durch seine „Rundfinck-Kommentare“ mit allen politischen Parteien verdarb und nach kurzer Zeit gehen musste.³²⁵⁴

Diercks sprach darauf mit dem Programmdirektor Hörfunk und späteren Fernseh-Direktor (damals Fernseh-Intendant genannt) Werner Pleister, der ebenfalls auf der Luftwaffenbildschule gewesen war, über seine Zukunft. „Der sagte mir, ich sei genau der richtige Mann fürs Fernsehen. Und so bin ich 1952 Nummer 40 geworden beim Fernsehen des Nordwestdeutschen Rundfunks“, erinnert er sich.³²⁵⁵ Obwohl Pleister, wie schon gesagt, gegen Filmberichterstattung im Fernsehen war, die er als „Konserve“ ansah, und stattdessen den „Live-Stil“ propagierte, machte Diercks neben seiner Arbeit an der elektronischen Kamera Experimente mit 16-mm-Film-Kameras wie Pathé Webó oder Bolex. „Ich hatte Gottseidank damals einen technischen Direktor beim Fernsehen, Adalbert Lohmann, der selbst Filmamateur war. Und der sagte: ‚Mensch Carsten, probier das doch mal.‘“ Da es noch keinen Schmalfilmabtaster gab, baute Dr. Fritz Below von der Zentraltechnik einen Leitz G-1-Projektor so um, dass der sein Bild direkt auf die Aufnahmeröhre einer Fernsehkamera projizierte. Auf seine Anregung lieferte Leitz die G 1 für Fernseh-abtastung später auch an andere Sender.³²⁵⁶ Die Filme von Diercks waren stumm und wurden während der Sendung live kommentiert (das erste Video-Magnetbandgerät des deutschen Fernsehens war erst im Sommer 1958 betriebsbereit – siehe Seite 547).



Abbildung 597 (LINKS): Im (damaligen) Belgisch-Kongo: Carsten Diercks (rechts) filmt ein Interview, das Hans-Joachim Reiche (links) für den Film „Musuri“ mit einer Plantagenbesitzerin führt. Rechts unten im Bild das Maihak MMK 3-Pilotton-Magnetbandgerät (1954).



Abbildung 598 (RECHTS): Im Flugzeug: Carsten Diercks nimmt Off-Geräusche mit dem R 85 a- Pilotongerät der Firma Max Ihle auf (1956).

Aber Lohmann reichte das nicht. Diercks erinnert sich, dass der Ingenieur, der von Telefunken gekommen war und später zu Siemens-Klangfilm ging, den Messingenieur Josef Schürer beim Bayerischen Rundfunk kannte. Der hatte in Unkenntnis eines stark verspätet bekanntgewordenen Schüller-Patentes selbst ein Patent auf ein Pilottonverfahren erhalten (Seite 469). Lohmann holte Schürer nach Hamburg, damit er seine Ideen vortrug. „Er war von Schürers Verfahren sofort begeistert, und hat gesagt, das müssen wir übernehmen.“ Wie er sich weiter erinnert, habe der Bayerische Rundfunk 1953 mit Schürers Erfindung noch nicht viel anfangen können, weil die dortige Fernseh-Abteilung erst im Aufbau war. „Schürer hatte in der Technik eine Sonderfunktion. Er war zuständig für alle ‚Bastelarbeiten‘ beim Bayerischen Rundfunk“, erklärt Udo Stepputat, damals Leiter der Tonmesstechnik, der ihn gut kannte und dessen Aufgabe beim NWDR war, die 16-mm-Filmtechnik einzuführen.³²⁵⁷

Auf Grundlage des MMK 3 ließen Lohmann und Stepputat bei Maihak eine Version mit Pilottonkopf nach Schürers Vorgaben bauen. Gleichzeitig bereitete Diercks eine Reise nach Afrika vor, die erste Auslandsreportage des Deutschen Fernsehens. Sie sollte, das war das erklärte Ziel von Technik und Redaktion, zugleich die erste Produktion mit synchronem Ton werden. Ausgerechnet auf 16 mm-Film, ein Format, das die Tagesschau-Cutterinnen zu jener Zeit noch vehement als Amateurmaterial und „Augenpulver“ ablehnten und auf Normalfilm beharrten. Vor diesem Hintergrund und mit Blick auf Pleisters „Live-Anspruch“ schrieb Diercks: „Es grenzte also fast an eine Verschwörung, unter dieser Voraussetzung die erste Fernseh-Auslandsexpedition zu planen und sich dabei der

überhaupt nicht erprobten neuen 16 mm-Pilotton-Technik zu bedienen.“³²⁵⁸ Die Genehmigung zu dem Abenteuer hatten sich die Beteiligten geschickterweise von NWDR-Generaldirektor Adolf Grimme geholt, da Pleister in Urlaub war.

Als Diercks zusammen mit den noch fernsehunerfahrenen Hörfunk-Redakteuren, dem Afrika-Experten Dr. Peter Coulmas und dem Reporter Hans-Joachim Reiche, dem späteren Chef der Tagesschau, am 21. Januar 1954 auf den Flug nach Brüssel wartete, von wo aus es in den belgischen Kongo gehen sollte, war das MMK-3-Pilotton-Gerät noch nicht da: „Lohmann und ich haben es erst kurz vor dem Start um 13:55 Uhr an Carsten Diercks übergeben können. Ein vorheriger Funktionstest war nicht mehr möglich“, erinnert sich Stepputat. „Ich bekam es auf der Gangway, dazu ein Bündel Kabel und einen Zettel, auf dem stand, welcher Stecker in welche Buchse gehörte“, sagt Diercks. „Ich hatte noch nie ein Tonbandgerät bedient und wusste nicht, wie ich damit umgehen sollte.“ Es waren Terminschwierigkeiten, die dazu gezwungen hatten, in aller Eile die Filmkamera Arriflex 16st mit einem Pilottongenerator und das MMK 3 mit dem Pilotton-Magnetkopf zu versehen. „Die Entwicklung der Probeaufnahmen konnte von dem Filmaufnahmeteam nicht abgewartet werden, so daß bei Abfahrt noch keine Klarheit über die einwandfreie Funktion der Geräte bestand. Ebenfalls war noch unklar, wie die magnetische Perforation am geeignetsten in die mechanische Perforation eines Magnetfilms zu übertragen war“, schreibt Stepputat.³²⁵⁹

Und dann passierte es. Nach den ersten Aufnahmen im Kongo am 24. Januar war Diercks abends erwartungsvoll in sein Hotelzimmer zurückgekehrt, um die Bandaufnahmen abzuhören. „Ich war ganz stolz, weil es gut gelaufen war. Aber es war nichts drauf auf dem Tonband. Ich dachte erst an einen Bedienungsfehler und habe die ganze Nacht probiert, aber es war nichts zu machen.“ Durch Vermittlung des Managers der belgischen Fluggesellschaft kam Diercks dann zu einer Philips-Vertretung, deren Techniker ihm helfen konnte. Das dauerte gut 14 Tage, und das Team dachte schon an Abreise, bekam dann aber aus Hamburg die Erlaubnis, eine Woche länger bleiben zu dürfen. Eine kalte Lötstelle im MMK-3-Verstärker war die Fehlerursache. In der folgenden Woche wiederholte Diercks mit Reiche und Coulmas die für den Film notwendigen Pilotton- und Filmaufnahmen. Da es die 120-m-Filmkassette noch nicht gab, blieben für die 30-Meter-Filmspule immer nur knapp zweieinhalb Minuten Aufnahmezeit. Er selbst erinnert sich zwar nicht mehr, doch das Team hatte ein weiteres tragbares Tonbandgerät dabei, ein MMK 2, das nicht synchronisiert werden, aber Geräusche und Off-Töne „asynchron“ aufnehmen konnte. Außerdem diente es als Aufnahmegerät für eine Hörfunksendung. Schon damals arbeitete man „bimedial“.

Vorwärts- und Rückwärtsregelung

In der Zwischenzeit hatten Lohmann und Stepputat in Hamburg an der Überspieltechnik gearbeitet.

Das Prinzip des Pilottons war, Synchronität dadurch zu erzeugen, dass ein kleiner Generator auf der Greiferachse der Arriflex-Kamera einen 50-Hertz-Ton erzeugt, den der Pilot-Tonkopf im Bandgerät als sogenannte magnetische Perforation um 90 Grad versetzt zur Nutzmodulation auf das Tonband aufzeichnet. Das sollte verhindern, dass sich die verschiedenen Modulationen gegenseitig störten. Diese magnetische Perforation musste sozusagen in eine mechanische verwandelt werden, damit Bildfilm und Tonstreifen unverrückbar synchron gesendet werden konnten,

erklärt Stepputat. Die Ton-Umspielung auf den perforierten Magnetfilm war aber auch deshalb nötig, damit Bild und Ton auf einem Schneidetisch bearbeitet werden konnten. Lohmann und er haben ein Verfahren entwickelt, das das vom „Senkel-Tonband“ (Studiojargon für 6,3 mm-Magnetband) kommende 50 Hz-Signal so verstärkt, dass sich damit ein Motor steuern ließ. „Die Pilottonspannung lag im Mikrovolt-Bereich und reichte keinesfalls für einen Synchronmotor. Deshalb war eine hohe Nachverstärkung auf 100 Watt erforderlich. Wir haben an das Magnetfilmgerät deshalb einen Hilfsläufer angeflanscht, der die Maschine annähernd auf synchronen Lauf brachte. Wenn dann der Pilotton einsetzte, wurde der Synchronmotor dazugeschaltet, der dann nicht mehr so viel Leistung benötigte“, erklärt Stepputat. Das war das Prinzip der „Vorwärtssteuerung“. Er und Lohmann verkauften dieses Verfahren an die Siemens-Klangfilm G.m.b.H. in Karlsruhe, in die Lohmann später als Leiter der Vertriebsgruppe Studio trat. Es wurde zum Standardverfahren der Pilottonumspielung.

Ein zunächst konkurrierendes Verfahren war vor allem bei den süddeutschen Fernsehanstalten die technisch aufwendigere Rückwärtssteuerung:

In dem Ausführungsbeispiel einer Anlage, wie sie für den SDR [Süddeutscher Rundfunk Stuttgart, heute Südwestrundfunk], entwickelt wurde, ist neben einem Magnettonlaufwerk, Pilottonverstärker und einem Thyatronverstärker der Firma Maihak ein 50-Hz-Generator mit Nachsteuereinrichtung vorgesehen. Der 50-Hz-Generator mit Nachsteuereinrichtung enthält einen LC-Generator, dem eine Impedanzröhre parallel geschaltet ist, und eine Phasenbrücke. Mit Hilfe der aus der Phasenbeziehung zwischen Pilot- und Taktgeberfrequenz an der Phasenbrücke entstehenden Richtspannung wird über die Impedanzröhre die Frequenz des Generators, die über den Thyatronverstärker dem Tonmotor des Magnettonlaufwerkes zugeführt wird, so beeinflusst, daß die abgetastete Pilotfrequenz gleich der Taktgeberfrequenz ist und der Tonstreifen synchron zum Taktgebernnetz abläuft. Der Arbeitsbereich der Anlage beträgt 50 ± 1 Hz, d. h. Pilottonaufzeichnungen in einem Bereich von 49 bis 51 Hz werden bei Einsatz des Pilottones synchron gesteuert. (...) Die kurze Hochlaufzeit mit Synchronmotoren angetriebener 16-mm-Projektoren von etwa 0,1 s gestattet die direkte Wiedergabe der Pilottonaufnahmen. Der Start des Bildprojektors wird über ein Relais durch den Pilotton ausgelöst ...,

schreibt Heinz Vollmer vom Rundfunktechnischen Institut (RTI).³²⁶⁰ Einfacher erklärt Karl-Erik Gondesen die Rückwärtsregelung: „Hier wird das Magnetfilm-Laufwerk aus dem Starkstromnetz angetrieben, und die Laufgeschwindigkeit des abspielenden Tonbandgerätes wird über ein Nachsteuergerät derart beeinflusst, daß die abgetastete Pilotfrequenz mit der Netzfrequenz 'einrastet'. ... Zweistreifige Sendungen sind auch mit pilotfrequenz-synchronisierten Tonbändern zum Bildfilm möglich, wobei das Nachsteuergerät für die richtige Ablaufgeschwindigkeit des Tonbandes sorgt, damit dieses stets mit größter Genauigkeit synchron zum Filmabtaster bleibt.“³²⁶¹ „Allerdings“, so Vollmer, „ist eine direkte

Wiedergabe nur bei gut vorbereiteten Aufnahmen, die keine oder nur geringe Cutterarbeit erfordern, möglich.“³²⁶² Für die Überspielung wurde das Magnetophon M 5 in Pilottonausführung verwendet, dessen Tonmotor vom Magnetfilmgerät oder vom Filmabtaster nachgesteuert wurde. Stepputat hat nach eigener Aussage noch nie davon gehört, dass das M 5 zur direkten Ausstrahlung einer pilotsynchronen Aufnahme eingesetzt worden sei.

„Gelegentlich werden Filme im Regionalprogramm auch zweistreifig mit Pilotton übertragen. Dies geschieht dann nach dem erwähnten Prinzip der Rückwärtsregelung“, schreibt dagegen Gondesen 1964, inzwischen beim Institut für Rundfunktechnik in München.³²⁶³ Der Bayerische Rundfunk zum Beispiel hat aber auch komplette Mischungen per Rückwärtsregelung auf M 5 Pilot hergestellt, um den Geräteaufwand bei der Ausstrahlung zu verringern und um gleichzeitig eine hohe Tonqualität zu erreichen, wie sie nach Ansicht der BR-Technik mit der einstreifigen Sendung (Ton auf Randspur) über Filmabtaster noch nicht möglich war.

Das Nachsteuergerät R 90 zur Rückwärtsregelung wurde Mitte der 1950er Jahre beim Bayerischen Rundfunk entwickelt. Es arbeitete mit Röhrentechnik und war recht voluminös. 1960 brachte Telefunken das Nachsteuergerät R 91 T (transistorisiert) mit Bediengerät R 91a heraus. Zusammen mit einem Magnetophon M 5 für 16 mm-Magnetfilm (M 5-16) und Friktionsantrieb und einem Filmabtaster waren synchrone zweistreifige Sendungen möglich, außerdem konnten mit der M-5-Normalversion Pilottonaufnahmen von Senkel auf Magnetfilm überspielt werden (vgl. Seite 402).³²⁶⁴ Später entwickelte Telefunken eine 17,5 mm-Splitfilm-Version des Magnetophon M 10, die für die Ausstrahlung und Bearbeitung zweistreifiger Normalfilm-Produktionen gedacht war (Seite 411). Offensichtlich haben sich beide Maschinen-Typen, die als preiswerte Alternative zu den teuren Magnetfilmläufers gedacht waren, nicht durchgesetzt. Das Klangfilm-Rotosynverfahren (die „elektrische Welle“) konnte mehrere Magnetocordbandspieler, also Magnetfilmgeräte, mit oder ohne Filmgeber synchronisieren, war den Fernsehanstalten auf Dauer aber für den Sendebetrieb zu teuer, wo nur Filmgeber und ein Magnetfilmgerät synchron laufen mussten. Dort setzte sich schnell das Interlock-System der Fernseh GmbH durch, das ohne großen Aufwand eine leichte Synchronisation mit der Taktgeberfrequenz der Abtaster ermöglichte.

Ein Bandgerät lief zu langsam

Zurück zu Carsten Diercks. Der Kameramann und in Personalunion auch Tonmeister bei den Aufnahmen zu dem Film „Musuri“ in Belgisch-Kongo stand noch vor einem weiteren Problem: „Dann kamen wir zurück aus Afrika und wollten diese Tonbänder umspielen auf Magnetfilm und stellten fest, das funktionierte nicht. Das Tonband, das normalerweise mit 19 cm lief, war mit etwa 12 cm/s aufgenommen. Die Schraube, mit der an dem Maihak-MMK-Federwerkgerät die Geschwindigkeit eingestellt werden konnte in Verbindung mit einem Stroboskop auf der Andruckrolle, war wohl in der Reparatur verstellt worden. Wenn ich über den Sinn der Schraube und des Stroboskopes informiert gewesen wäre, wäre das nicht passiert. Da hat Udo Stepputat dann zwei Tage und zwei Nächte gearbeitet in einem ganzen Raum voller technischer Geräte und hat den Ton doch noch synchron überspielt.“ Stepputat erinnert sich: „Ich habe das MMK 3 mit Probieren so schnell laufen lassen wie bei der Aufnahme. Das war eine mühselige Arbeit.“ Messgeräte halfen ihm dabei.

Nass geklebt: Bildfilm 16 mm, Magnetfilm 17,5 mm



Abbildung 599: Carsten Diercks (links) am Schneidetisch, rechts Alexander Arnz.

Auch die Bearbeitung am Schneidetisch war mühsam. Im Frühjahr 1953 hatten sich die Verantwortlichen beim NWDR für den „Gaerula“-Schneidetisch entschieden. Waldemar Gaede, ein früherer Film-Aufnahmeleiter und Cutter, war nach mehreren Stationen mit eigenen Firmen und bei fremden Unternehmen (zum Beispiel Frieske und Hoepfner in Erlangen, die „Gaerula“-Tische an die süddeutschen TV-Anstalten lieferten) eine Zusammenarbeit mit seinem ehemaligen Teile-Zulieferer Wilhelm Steenbeck in Hamburg eingegangen, die aber ebenfalls nicht lange hielt. Maßgeblicher Konstrukteur des „Gaerula“-Tisches war Günter Bevier, der 1953 bei Steenbeck einstieg.³²⁶⁵ Der Tisch erhielt später die Bezeichnung ST 200, als Steenbeck die Fertigung allein fortführte, und kostete 1955 rund DM 9.500.³²⁶⁶ Da es noch keine Aufnahme- und Wiedergabegeräte für 16 mm-Magnetfilm gab, hatte Stepputat die Musuri-Töne auf 17,5 mm Splitfilm überspielen müssen. Der 4-Teller-Schneidetisch verfügte über folgende Arbeitsmöglichkeiten: Bild stumm, Bild – Lichtton kombiniert (COMOPT), Bild – Magnetton kombiniert (COMMAG), Bild – 16 mm-Lichtton getrennt (SEOPT), 16 mm Bild – 35 mm Lichtton (SEOPT) und 16 mm Bild – 17,5 mm Magnetton (SEPMAG)³²⁶⁷. Das Bildband lag vorne und wurde auf eine kleine Leinwand projiziert, der Magnetfilm lag hinten. Stepputat schreibt weiter:³²⁶⁸

„Bei Beginn der 16 mm-Fernseh-Filmtechnik waren geeignete 16 mm-Magnetfilmlaufwerke noch nicht vorhanden. Es wurde bei 16 mm-Bildfilm (mit) 19 cm/s bei 25 B/s beim Ton mit der Normalfilmgeschwindigkeit von 47,5 cm/s bei 25 B/s gearbeitet. Das erschwerte die schnitttechnische Arbeit außerordentlich, da

sich an einem solchen Schneidetisch nur ein bestimmter Synchronpunkt finden lässt“.

Diercks jedenfalls nahm die schnitttechnische Strapaze in seinem Pioniergeist auf sich. Er musste die einzelnen Takes des Umkehr-Originals noch nass in der Siemens-Klebpresse zusammenfügen (die Stumpfklebpres-

se des Fellini-Cutters Dr. Leo Catozzo kam erst 1961 über Arri nach Deutschland ³²⁶⁹). Das Siemens-Gerät produzierte doppelt filmdicke Klebestellen (der Keilschnitt mit dem Geyer-Filmhobel kam 1954 auf den Markt – hier wird der Film im „Steg“ zwischen zwei Bildern von der Ober- zur Unterseite schräg durchgeschnitten), die im Filmabtaster Sprünge verursachen konnten. Den 17,5 mm-Magnetfilmstreifen musste Diercks von einer Kante zur anderen schräg mit der unmagnetischen Schere schneiden und ebenfalls nass kleben. Während beim später eingeführten Trockenkleben mit vorgestanzten Klebestreifen für Bild und Ton jede Klebestelle jederzeit wieder zu öffnen ist, ging beim Nasskleben dabei jeweils ein Feld verloren. Das war für Diercks eine erhöhte Anforderung und verlangte von ihm äußerste Konzentration. Er hatte 15 bespielte Magnetbänder und 2.000 Meter Film aus Belgisch-Kongo mitgebracht. Diercks schnitt daraus zwei Sendungen zu je 60 Minuten. Das Dreh-/Sendeverhältnis war 1:1,46, heute unvorstellbar bei üblichen Drehverhältnissen von 1:6 und mehr (die Produzenten hätten natürlich lieber 1:1). „Der Film wurde ein voller Erfolg. Der damals gerade eingeführte Infratest-Index, dessen Skala von minus 10 bis plus 10 reichte, meldete eine Zuschauerzustimmung von plus 9“, berichtet Diercks. Die moderne Fernsehreportage war geboren. Einen kleinen Wermutstropfen gab es für ihn allerdings noch:

Daß man der Bedeutung des Tons, auch des ‚synchrone‘ Pilottons, bei den Redaktionen, der Produktionsleitung oder in der ‚Hierarchie‘ zunächst keine sonderliche Beachtung schenkte, mag das Faktum belegen, wie wir in den ersten Jahren den Ton ‚selber‘ machten, das heißt, der Kameramann war sein eigener Toningenieur. Aus Kostengründen wurde der Mann für den guten Ton eingespart. Später wurde dann die Stelle eines Kamera-Assistenten zugebilligt, der auch für den Ton zu sorgen hatte. Die Funktion eines Ton-Assistenten im Filmteam – also dem Mann, der ausschließlich für den guten Ton verantwortlich war – setzte sich erst in den 60er Jahren durch.

Der mehrfach preisgekrönte Kameramann und Regisseur drehte bis zu seinem Ruhestand 1986 knapp 500 Dokumentationen von 30 bis 45 Minuten Länge und reiste dabei 45mal um die Welt. – Nach dem Erfolg der TV-Dokumentationen mit Pilotton stellte am 1. April 1955 die Tagesschau von 35 mm auf 16 mm-Bildfilm um. „Der Umfang der Original-Tonaufnahmen nahm bei der Tagesschau infolge der einfachen Aufnahmemöglichkeiten in überraschendem Maße zu“, schreibt Stepputat, der für die Einführung der 16-mm-Schmalfilmtechnik beim NWDR verantwortlich war.³²⁷⁰

CBS strahlt deutsches Tonfilmmaterial aus

Während der Kubakrise 1961 durfte Diercks als einziger aus dem Westen mit Assistent und Tonmann Gerhard Niewiadomsky und Bernt Engelmann auf Kuba drehen. Der Journalist, Dokumentarist und spätere politische Buchautor war damals Reporter für die Abteilung Zeitgeschehen des NDR unter der Leitung von Rüdiger Proske. Als sie nach Hamburg zurückkehrten, hatte sich schon der US-Sender CBS gemeldet, um sich die Ausstrahlungsrechte zu sichern. CBS hatte noch keinen Pilotton. „Pennebaker und Leacock bei NBC, die hatten ihn, haben aber das Geheimnis für sich behalten“, sagt Diercks.³²⁷¹ CBS habe noch mit der 16 mm-Auricon-Filmkamera gearbeitet, die gleichzeitig auf dem Bildfilm Lichtton aufzeichnen konnte. „Für die Amerikaner war das offenbar qualitativ ausreichend. Wir waren in Deutschland aber alle durch den UKW-Ton verwöhnt.“ Die Reporter Patrick Silverman und Bernhard Birnbaum sowie ein Techniker fertigten mit Diercks und der Hilfe der NDR-Fernsehtechnik eine 60-minütige Sondersendung, die sie wenig später in den USA ausstrahlen ließen und damit ihre Konkurrenten wie NBC und ABC um Längen schlugen. „Die Kollegen aus New York erhielten also in Hamburg, wie sie gerne zugaben, ihr Aha-Erlebnis. Sie waren vom hohen Stand der Filmberichterstattung bei uns überrascht und fasziniert“, sagt Diercks.³²⁷² Außerdem hätten sie bei Steenbeck 16 mm-Schneidetische geordert und die NDR-Cutterin Karin Erlebach nach New York abgeworben.³²⁷³ Diercks' Schluss: „So gelangte die neue Technik (...) über den großen Teich. Aber das geschah nicht von West nach Ost, aus dem ‚Land der unbegrenzten Möglichkeiten‘ zum vermeintlich entwicklungsbedürftigen Deutschen Fernsehen, sondern in genau umgekehrter Richtung.“

Carsten Diercks schrieb von der „entfesselten Kamera“ durch Pilotton. In dem Zusammenhang sollte nicht vergessen werden, dass die entfesselte Kamera auf den Stummfilmregisseur Friedrich Wilhelm Murnau und den Kameramann Karl Freund zurückgeht: Der schnallte sie sich vor den Bauch oder ließ sie auf einer Schaukel im Studio schwingen. Diercks meinte die größere Unabhängigkeit des Kameramanns bei gleichzeitiger Tonaufnahme. Der Kameramann war aber noch solange gefesselt, bis das schnell als leidig empfundene Pilotkabel zwischen Kamera und Magnetbandgerät entfallen konnte. Das geschah Mitte der 1960er Jahre, als die Quarzsteuerung für beide Geräte aufkam. In jenem Augenblick konnten sich Kamera- und Tonmann vollends auf das Einfangen von Bild und Ton konzentrieren. Es hatte allerdings in den 1950er Jahren bereits die Möglichkeit gegeben, den Pilotton drahtlos zu übertragen, was damals jedoch aufwendig und nicht hundertprozentig funktionssicher war.

Der Magnetton geht auf die Piste

Diercks hatte beim NWDR auch die Auricon-Kamera aus den USA mit direkter Lichttonaufzeichnung ausprobiert, die aber wegen des äußerst geringen Frequenzumfangs von 60 Hz bis 4 kHz und angesichts der inzwischen etablierten UKW-Qualität bei Rundfunk und Fernsehen nicht im geringsten den technischen Anforderungen entsprach. „Versuche mit Einstreifen-Magnetton haben wir gar nicht erst gemacht, wir hatten ja zeitgleich den Pilotton“, sagte Diercks.³²⁷⁴ Der Auricon fehlte die Spiegelreflexeinrichtung, ein Sperrgreifer, der Anschluss für Batteriebetrieb und ein Motor mit mehreren Geschwindigkeiten. Stepputat berichtet, 1953/54 habe der NWDR die Arriflex 16 st (die weltweit erste 16 mm-Filmkamera mit Spiegelreflexsucher aus dem Hause Arnold und Richter, Arri, mit der dann Diercks unterwegs war) sowie zwei Auricons intensiv erprobt und sich trotz des großen Störgeräusches wegen optischer und mechanischer Qualität für die Arri entschieden. „Erleichtert wurde dieser

*Entschluss durch die Versicherung der Firma Arnold & Richter, für die Arriflex 16 eine Schallschutzhaube zu entwickeln.*³²⁷⁵ Die war ab 1956 vorhanden, aber so unhandlich, dass sie für Reportagen aus der Hand nicht infrage kam.

Anders reagierte der Südwestfunk in Baden-Baden. Hermann Lauer und Otto Schulze von der Abteilung Messtechnik des SWF (heute SWR) kamen 1954 nach einjähriger Entwicklungs- und Erprobungszeit zu dem Ergebnis, dass die tontechnische Qualität eines Magnetstreifens auf dem Bildfilm (Magnettonrandspur, auch Pistenton genannt) der des Magnetbandes mit 19 cm/s durchaus gleich sei. *„Auf Grund dieser Erkenntnis wird der Südwestfunk als erste deutsche Rundfunkanstalt nur 16 mm-Film mit Magnettonrandspur für seine Filmsendungen verwenden“*, kündigten beide im Mai 1954 an.³²⁷⁶ Die Aufnahme im Zweistreifenverfahren mit 16 mm-Bild- und 16 mm-Magnetfilm komme wegen des technischen Aufwandes vorwiegend im Studio in Frage, höchstens bei großen, bedeutenden Anlässen auch im Außendienst. Aber: *„Das Senden nach dem Zwei- oder Mehrstreifenverfahren hat zwei Mängel. Erstens können Verwechslungen der Bild- und Tonstreifen vorkommen, was für einen einwandfreien Programmablauf unbedingt vermieden werden muss. Zweitens wird der Aufwand an teuren Magnetbandspielern vervielfacht.“* Wenn also der Filmabtaster einen Magnetton-Wiedergabekopf samt Verstärker erhält und die Tonmischung vorher auf die Randspur überspielt worden ist, werde der Sendebetrieb beträchtlich erleichtert: *„Verwechslungen sind ausgeschlossen.“*

Auch bei der Aufnahme, so die beiden Ingenieure, lasse sich das Einstreifenverfahren mit großen Vorteilen anwenden. Dazu waren jedoch Rohfilm mit aufgegossener Magnettonrandspur sowie Kameras zur gleichzeitigen Aufnahme von Bild und Magnetton erforderlich. Einen ersten Versuch mit einer Aufnahme-Kamera mit Magnetton hat die Siemens-Klangfilm GmbH gemacht. Sie hat den Lichthahn (das Steuergerät, das die Sprechwechselströme in Lichtschwankungen umwandelte und über eine Mikrooptik auf den laufenden Bildfilm am Rande belichtete) in einer alten Minicord V 16 aus den 1930er Jahren aus- und dafür einen Magnetkopf eingebaut. Die Tonaufnahmen seien bezüglich Frequenzgang und Tonhöenschwankungen *„durchaus befriedigend“*. Allerdings waren Antriebs- und Filmtransportgeräusche so laut, dass die Aufnahme gestört wurde. Da beim SWF keine weiteren COMMAG-Kameras bekannt waren, hat die Abteilung Mechanik des Senders eine amerikanische Auricon Cine-Voice-Kamera von Lichtton auf Magnetton umgebaut. Lauer und Schulze: *„Die gesamte Apparatur, also Kamera, Verstärker und Stromversorgung, ist sehr handlich und bereits vielfach erprobt.“* Da die Cine-Voice-Kamera lediglich 2½ Minuten Filmkapazität hatte, beschaffte der SWF den Typ Auricon Pro für 60 m Film (5 min) sowie die Auricon Super 1.200 für 120- oder 360-Meter-Kassetten mit einer maximalen Laufzeit von 33 Minuten. Klangfilm hatte für weitere Beruhigung des Filmlaufs gesorgt und den Magnetkopf eingebaut.

Der NWDR hatte angesichts des Pilottonverfahrens die Magnettonrandspur ausgeschlossen, da sie nicht geschnitten werden kann. Der Ton wird 28 Felder (also über eine Sekunde) nach dem ruckweise transportierten Bild aufgezeichnet an einer Stelle, wo besondere Laufruhe gegeben ist. Würde man nach Ton schneiden, passte das Bild nicht. Schnitt man nach Bild, passte der Ton nicht. Beim SWF war man der Meinung, dass bei aktuellen Interviews oder Ereignissen, die keinen Schnitt erforderten, Kameramann und Reporter nach kurzer Einarbeitung in der Lage wären, sendefertige Aufnahmen zu liefern.

Bei größeren Ereignissen sollte die Auricon Super 1.200 mit einer oder mehreren Stummkameras eingesetzt werden. Für den Schnitt am Schneidetisch musste der Randspurton auf 16 mm-Magnetfilm umgespielt werden. Wenn dann die Stummkameras ebenfalls Rohfilm mit Magnetpiste verwenden, ist nach dem Schnitt eine durchgehende Randspur vorhanden, auf die der geschnittene Ton vom Magnetfilm abschließend wieder synchron überspielt wird. *„Der durch das zweimalige Umspielen des Originaltons unvermeidliche Verlust an Frequenzband und Rauschabstand kann bei gut durchdachten und sorgfältig gewarteten Magnetfilmspielern vernachlässigbar klein gehalten werden“*, meinten Lauer und Schulze. Das zweite Umspielen führte jedoch zu einem zusätzlichen, im aktuellen Betrieb problematischen Zeitaufwand; die zweistreifige Sendung war schneller. Der gleichzeitige Einsatz von zwei oder drei COMMAG-Kameras bringe, so die Autoren, einen besonderen Vorteil der Einstreifentechnik: Angeordnet wie Fernsehkameras bei einem Ereignis und mit dem selben Mikrofon verbunden, ergeben die Bildtonkameras verschiedene Einstellungen, allerdings mit dem selben Ton. Ohne Rücksicht auf den Bild-Ton-Versatz lassen sich die Streifen *„in einem Minimum an Zeit“* auf dem Schneidetisch (Typ „Gaerula“, geliefert von Gaede während der Zusammenarbeit mit Frieseke und Hoepfner in Erlangen) zusammenkleben. Ebenfalls wegen Zeitersparnis wurden die stummen Bildkameras der Typen Bolex, Pathé und Arri mit Randspur-Rohfilm bestückt. Zweistreifige Aufnahmen mit einer Arri 16 st mit Drehstromsynchronmotor und Magnetfilmgerät seien nur bedingt möglich, weil die Kamera so laut sei. Erst 1956 lieferte Arri einen Blimp (Schallschutzgehäuse), der Aufnahmen aus der Hand jedoch nicht mehr zuließ. Weil die Auricon Super 1.200 umständlich in der Scharfstellung war und nur einen Sucher ohne Parallaxenausgleich hatte, wollte der SWF sie in eine Spiegelreflexkamera umbauen.

Für die Nachsynchronisation baute die SWF-Technik zwei Leitz-G1-T-Projektoren auf Magnettonrandspur um, ebenso den Punktlichtabtaster der Fernseh GmbH, der auf einem Bauer-B8-Laufwerk basierte. Für Aufnahme und Wiedergabe auf 16 mm-Magnetfilm lieferte die Münchener Firma Imago eine Apparatur ergänzend zur Klangfilm-Magnetocord-Maschine für 17,5 mm-Magnetfilm.³²⁷⁷ Noch im laufenden Jahr 1954 sollte der Maschinenpark durch eine Magnetocord-Sonderkonstruktion mit zwei Geschwindigkeiten für 16 mm- und Splitfilm ergänzt werden, wobei Klangfilm die Abtastung und Aufzeichnung auf den Schwungmassen verlassen und die sinnvollere gerade Filmbahn verwenden wollte.

Einigkeit bestand bei den Fernsehanstalten, bei der Sendung von 16 mm-Produktionen aus Sicherheitsgründen einen Bildfilm mit Magnettonrandspur zu verwenden, die immer dann eingeschaltet wurde, wenn bei zwei-

streifiger Sendung eine Asynchronität (durch falsches Einlegen, was selten passierte) oder ein Riss auftrat. Im aktuellen Bereich blieb aber oft ohnehin keine Zeit für das Auftragen einer Magnettonrandspur. Diese Sicherheitsrandspur sollte schließlich auch beim 35 mm-Normalfilm aus eigener Programm-Produktion eingesetzt werden. Letztendlich hat sich die Magnettonrandspur bei der Sendung im Fernsehen nicht durchgesetzt, obwohl anfängliche technische Probleme bezüglich Frequenzumfang und Dynamik in den 1960er Jahren gelöst waren, mechanische Probleme dagegen eigentlich nie, wie sich Stepputat erinnert. Nachsynchronisierte Fremdeinkäufe wie etwa US-Krimi-Serien wurden zweistreifig gesendet. Der Verfasser erinnert sich noch gut daran, dass gelegentlich Bild- und Tonrollen vertauscht wurden oder asynchron liefen.

Als sich die Videotechnik weiter durchsetzte, verschwanden diese Probleme, weil Spielfilme und Serien in zunehmendem Maße vor der Sendung von Film auf Videoband überspielt wurden. Ab etwa den 1980er Jahren verdrängten Videosysteme wie U-matic und Betacam (Seite 557) den 16 mm-Film aus der TV-Berichterstattung. In der Tonbearbeitung wurden Bandspieler und Videogeräte verkoppelt.

Filmaufnahmewagen

Ähnlich wie im Hörfunk wurden für die Filmberichterstattung besondere Fahrzeuge, die Filmaufnahmewagen, entwickelt. Beim Nord- und Westdeutschen Rundfunkverband (NWRV), einer Tochtergesellschaft der seit 1956 selbständigen Sender in Köln (WDR) und Hamburg (NDR), gab es 1958 einen Pkw Mercedes 190 für aktuelle Reportagen.³²⁷⁸ Er hatte ein verstärktes begehbare Dach, das vorne mit einem Schiebedach versehen war, damit Fahraufnahmen vom Wagen aus möglich wurden. Dafür machte der Beifahrersitz einem Stativ Platz. Nachdem sich, so Stepputat, VW-Busse für die sendereigene Filmproduktion nicht hatten durchsetzen können, nahm der NWRV 1957 vier größere Mercedes-Kastenwagen L 319 in Betrieb. Die Ausrüstung umfasste ein Maihak MMK 6 (Seite 431), zwei Arriflex 16 st, eine davon mit Schallschutzhaube, Stativ und Stativwagen, Beleuchtung sowie Mikrofon- und Kamerazubehör. „Die personelle Besatzung besteht aus einem Kraftfahrer, einem Tontechniker, einem Kameramann und Assistenten und dem Regisseur oder Produzenten“, schreibt Stepputat.³²⁷⁹ Wagen 4 erhielt neben den beiden Arris mit Zubehör eine Tonaufnahmeausrüstung für das klassische Zweistreifenverfahren, bestehend aus einem Mischpult, einem Laufwerk für perforierten Magnetfilm (Minicord 16 M/R von Klangfilm) und einem Magnetophon M 5 Pilot sowie einer Lautsprecher- und Kommandoanlage. Zwei Laufwerke wurden eingebaut, damit auch Playbackaufnahmen ermöglicht wurden.

Synchronisier-Studiokomplex

Der Synchronisier-Studiokomplex des NWRV von 1954/55 besteht aus dem Aufnahmestudio, dem Tonträgerraum, dem Regieraum und der Projektorkabine. Dort, so Stepputat, ließen sich alle Arbeiten bis hin zur Vertonung der Tagesschau erledigen. 1957 reichte das auch im Zwei-Schicht-Betrieb nicht mehr aus, weil der Programmumfang angestiegen war, unter anderem durch das Regionalprogramm. Die Technik richtete daher zwei weitere Filmumspielräume ein: Raum A enthielt vier 16 mm-Magnetocord Geräte (eine Duplex, eine Standard und eine Pilot), ein M 5 Pilot sowie vier Magnetband-Laufwerke R 69u (T 9) mit 38/76 cm/s Bandgeschwindigkeit. Raum B verfügte über eine 16 mm-Magnetocord Duplex Typ Pilot, eine 17,5 mm-Magnetocord-Pilot, ein M 5 Pilot sowie vier Laufwerke T 9. In jedem Raum ließen sich Pilotton-Umspielungen, Überspielungen von 16 mm-Magnetfilm Mittenspur auf Randspur und umgekehrt, Überspielungen von Lichtton auf Magnetfilm, Überspielungen von Magnettonband auf Film und umgekehrt ausführen. Als Aufnahme- und Wiedergabe-Verstärker wurden statt der von Klangfilm entwickelten Verstärker die seit längerem eingeführten Typen V 66 und V 67 von Telefunken genutzt. „Weiter können hier Vormischungen von eigenen Produktionen und die Vertonung der aktuellen Filmsendungen (Tagesschau und Regionalprogramm) bearbeitet werden. Außerdem lassen sich die beiden Räume zu einem Komplex zusammenschalten. Dann können selbst größere Filmmischungen ausgeführt werden. Alle Magnetocordgeräte und das Filmbetrachtungsgerät lassen sich mit einer Rotosyn-Anlage von 5 kVA Leistung synchron hochfahren, stoppen und zurückfahren, im Bedarfsfalle auch mit doppelter Geschwindigkeit“, schreibt Stepputat.³²⁸⁰ Dazu gehörte eine Anlage zum Aufbringen der Magnettonrandspur auf den Bildfilm. Noch 1959 stellt er fest, dass der Vidikonabtaster der Fernseh GmbH (basierend auf dem Bauer-Selecton-II-O-Projektorlaufwerk) „über einen zufriedenstellenden Tonteil für die Abtastung des Lichttones oder der Magnettonrandspur verfügt, während der Tonteil des Flying-spot-scanners qualitativ nicht ausreichend ist. In dieser Tatsache liegt einer der Gründe, warum heute in Hamburg alle 16 mm-Filme eigener Produktion zweistreifig zur Sendung gelangen.“ Um die Störungszeit bei Riss von Bild- und Tonstreifen zu verkürzen, wurde im Studio Lokstedt auf jeden 16 mm-Film eine Randspur aufgetragen, von der aus im Störfall der Ton mit etwas schlechterer Qualität kam.

Magnetontechnik spart Kosten: zwei Beispiele

An zwei charakteristischen Beispielen soll beschrieben werden, wie die Magnetton-Technik zu Einsparungen bei der Filmproduktion führte. Boehner-Film, ein seit den 1930er Jahren zu den bekanntesten und renommiertesten Kulturfilmproduktionsgesellschaften Deutschlands zählendes Unternehmen, arbeitete 1954 noch mit Lichtton. In einer Notiz an Firmenchef Fritz Boehner vom 20. Januar 1954 rechnet Tonmeister Koch die Kosten für Materialverbrauch an Lichttonnegativen vor.³²⁸¹

Boehner-Film

1953 verbrauchte die Firma 44.049 m ST 4 Lichttonnegativfilm. „Davon sind 26.981 Meter Vorbereitungsmaterial, also Filmmeter, die ohne weiteres durch perforiertes Magnettonband ersetzt werden könnten. Diese 26.981 Meter Tonnegativ kosteten bei einem Meterpreis von -.40 DM 10.792,40 DM. Dazu kommen die Entwicklungskosten von 4.047,15 DM, ebenso musste zur Abspielung dieses Materials eine Ateliermiete von 2.475 DM sowie Überstundengelder von etwa 1.500 DM bezahlt werden.“ Die Gesamtkosten berechnete Koch auf DM 18.814,55 und rechnete Materialkosten für 26.981 Meter perforiertes Magnetband mit einem Meterpreis von 25 Pfennig dagegen: DM 6.745,25. Das bedeute eine Einsparung von rund DM 12.000 im Jahr, „da alles bis zur Mischung im eigenen Atelier gemacht werden könnte.“ Nicht berechnet hat Koch, dass der Magnetfilm erneut bespielt werden kann. „Mit dieser Übersicht hoffe ich Ihre Bedenken hinsichtlich Anschaffungskosten einigermaßen zu zerstreuen“, schließt Kochs Brief. Am 11. Februar 1955 gibt die Firma Film-Ton-Technik Dr. Karl Weinrebe aus Hamburg in einem Brief an Boehner Kosten von DM 66.000 an für eine Magnetocord-Aufnahmekamera, 6-Kanal-Mischpult, zwei Bandspieler sowie eine Synchronhalteanlage. Boehner investierte schließlich in ein großes Klangfilm-10-Kanal-Mischpult, ein Magnetocord-Sologerät sowie mehrere MWA-Bandspieler, hatte dann aber Probleme mit der Rotosynanlage von Klangfilm, die Klangfilm auf die dreimotorigen MWA-Geräte schob, sichtlich verschnupft, dass Boehner keine Klangfilm-Bandspieler gekauft hatte.³²⁸²

Splitfilm mit Rasierklinge

Für Wolfgang Götz (1928 - 2007), ehemals technischer Leiter und Tonmeister der Neuen Deutschen Wochenschau, war die Einführung der Magnettontechnik eine Erleichterung: „Man kann den Magnetton sofort abhören, man kann ihn sofort schneiden. Jede Arbeit mit Lichtton erfordert ja einen Zwischengang. Wir zeichnen auf Negativ auf, dann muss entwickelt werden, dann muss kopiert werden, bis man es wieder hören kann.“³²⁸³ Auch beim Lichtton wurde, analog zum Bild, das Negativ nach der Ton-Arbeitskopie geschnitten. „Wenn alles superschnell ging, konnte man nach drei bis vier Stunden die Lichttonarbeitskopie abhören. Aber nur weil in Rahlstedt gleich nebenan das Kopierwerk war.“ Abgesehen von der Schnelligkeit ist der Magnetton von unvergleichlich höherer Qualität. Götz, der mit seiner Frau Monika (Jahrgang 1937) das Filmmuseum in Bendestorf südlich von Hamburg betreute, kam als Elektrotechniker 1947 mit der Filmtechnik in Kontakt, als er am Bau eines Synchronstudios für die Aventin-Studios in München und anschließend für die Riva GmbH (Kopieranstalt und Atelierbetrieb) beteiligt war. 1955 ging er zur Wochenschau nach Hamburg, mit der er schon von München aus Kontakt gehabt hatte. In München hatte er auch das Verfahren der Rückwärtsregelung mit Pilotton kennengelernt, das er bei der Wochenschau einführte, um Kosten für Cordbänder und Platz einzusparen. Außerdem hielt er das von Zahnrollen transportierte Cordband für mechanisch empfindlicher als das durch Rollenandruck transportierte normale Magnetband. Seine Erfahrungen aus München nutzte er dann bei der Deutschen Wochenschau: „Wir haben Vor- und Endmischungen synchron auf Schnürsenkel aufgezeichnet. Man konnte jederzeit das Ganze zum Bild wieder synchron abspielen. Auf einem Schnürsenkelband für 6,80 Mark konnte ich drei Wochenschau-Mischungen unterbringen, deren Material rund 70 Mark gekostet hätte.“ Götz hatte dazu eine Einrichtung ausgetüftelt, die den synchronen Start des normalen „Senkel-M 10“ (also einem Magnetophon M 10 für 6,3-mm-Magnetband) bei Aufnahme und Wiedergabe zu Projektor und Cordbandspieler ermöglichte. „Das gab es nur bei der Deutschen Wochenschau, nirgendwo anders.“³²⁸⁴ Wie diese Einrichtung funktionierte, wollte Götz jedoch nicht erläutern: „Die hat man mir nicht bezahlt, und deshalb verrate ich sie auch nicht.“ Die Umstellung auf Magnetton-Technik sei ein Prozess gewesen, auch, „die Firma dahin zu kriegen. Das war nicht so ganz einfach.“

Götz reklamiert übrigens die Einführung des 17,5 mm-Splitfilms unter anderem für sich: „Das haben wir auch in München gemacht mit einer eingeklemmten Rasierklinge zwischen zwei Rollen, weil wir uns gesagt haben: Am Schneidetisch brauchst du nur eine Spur, die zweite ist sowieso vergeblich. Also brauchen wir auch nur eine halbe Breite Band. Das ist bei der Arbeit im Aventin-Studio in München geschehen. Man konnte also statt 300 Meter 35 mm-Magnetfilm 600 Meter 17,5 mm verwenden. Das war ein erheblicher Preisvorteil. Wir haben das zusammen mit einem Ingenieur aus Berlin gemacht.“³²⁸⁵ Wieder einmal eine Doppelerfindung: um 1950 hatte Loren L. Ryder, renommierter Filmtoneinmeister in Hollywood, für das gleiche Problem die gleiche Lösung gefunden ...³²⁸⁶

Schrägschnitt statt Popeln

Monika Götz (Jahrgang 1937) kam als Cutterin 1953 nach Bendestorf zur dortigen Filmstudio Bendestorf Produktionsgesellschaft. Dort arbeitete sie gleich mit Magnetton und machte erst ab 1954 Bekanntschaft mit Lichtton bei der Deutschen Wochenschau in Hamburg. „Ab 1955 wurde schon langsam umgestellt auf Magnetton. Aber ich habe noch bis in die 1960er Jahre mit Lichtton gearbeitet, und wenn es nur Schleifen für bestimmte Geräusche waren“, erinnert sie sich.³²⁸⁷ „Die Umstellung ging über Jahre.“ Unmut der Cutterinnen bei der Umstellung von Lichtton auf Magnetton habe es bei der Neuen Deutschen Wochenschau nicht gegeben. „Meinen Kollegen, die schon bei der Ufa mit Lichtton gearbeitet hatten, denen wurde es einmal erklärt, und die Produktion lief von heute auf morgen mit der Magnetfilmtechnik. Die hatten keine Probleme. Der Mensch hat ja die Ohren, und die kann er genauso benutzen wie die Augen“, sagt sie mit Blick auf die optische Darstellung der Lichttonspur. Vielleicht habe die eine oder andere im Vorhinein befürchtet, es könne Probleme geben, weil man bei Magnetton die Aufzeichnung nicht sehen könne, vermutet Götz, aber es habe keine wirklichen Schwierigkeiten beim Arbeiten am Schneidetisch gegeben. Die Einführung von Magnetfilm habe im Schneiderraum zunächst nicht unbedingt zu schnelleren Abläufen geführt. „Wir haben den Magnetton zuerst auch nass geklebt. Die größte Hürde dabei war, dass die Geräte und Scheren nicht immer entmagne-

tisiert waren. Das übernahm dann einmal wöchentlich ein Techniker mit der Entmagnetisierungs-drossel. Das war das schlimmste, dass wir aufpassen mussten, dass kein Knacker aufs Band kam. Nachher haben wir nur noch trocken geklebt mit dem perforierten Klebeband.“

Das war dann allerdings doch eine erhebliche Vereinfachung, denn beim Lichttonschnitt mussten die Cutt-rinnen „popeln“. Die Tonschnitte mussten absolut sauber sein, weil sonst Knacker aufgetreten wären. „Man hat schnell erkannt, dass man das vermeiden konnte, indem man schwarze Dreiecke über die Schnittstelle klebte, die in Sekundenbruchteilen zu einer Ab- und Aufblendung führten. Das war eine Mordsarbeit, so ein kleines Dreieck mit den Finger-spitzen zu fassen und dann in der Klebelade passgenau auf die Schnittstelle zu kleben. Diese Dreiecke nannte man seit den 1930er Jahren ‚Popel‘“, erinnert sich Monika Götz. Auch aus der Schnittstelle herausquellender Filmkitt konnte zu Tonstörungen führen. „Junge Kolleginnen trauten sich nicht, das eingeführte Wort ‚Popel‘ zu benutzen. Die sagten dann ‚Ich bin noch nicht fertig, ich muss erst mal Musikkdreiecke aufs Geräuschband kleben.‘ Mein alter Chef sagte dann ‚Pass bloß auf, dass Du keine Geräuschdreiecke aufs Musikband klebst.‘“³²⁸⁸

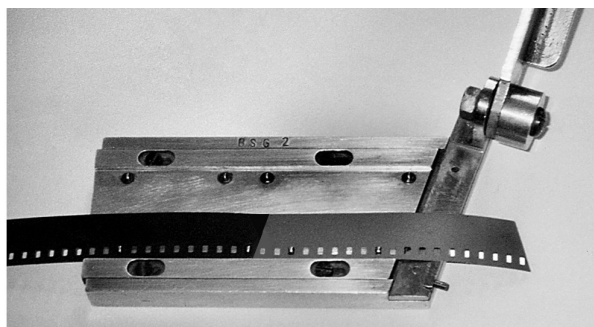
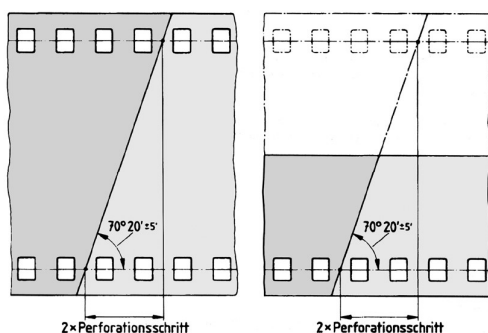


Abbildung 600 (LINKS): Die Besonderheit beim Schneiden der Magnetfilme 35 mm und 17,5 mm: abgesehen vom „senkrechten“ Schnitt, der häufig zu Tonstörungen führt, gibt es nur einen praktikablen Schnittwinkel, nämlich $70^{\circ}20'$, wie hier in einer Normzeichnung dargestellt. (RECHTS): Eine Schneidlade der Berliner Mosaikfilm, um 1960.³²⁸⁹ Die Magnetfilm-Führungsbahn hat mehrere perforationsgenaue Anschläge, das schwenkbare Schneidmesser am rechten Ende ist hier hochgeklappt. Der Filmenden liegen bereits mit der Trägerseite nach oben, auf die das Klebeband aufgetragen wird.

Es gab aber auch Nachteile beim Magnetton: „Sie können ein Echo haben. Sie haben also einen Knall oder Schuss oder irgendwas lautes auf dem Band, und das hören Sie durch die Windungen, immer wenn die Stelle am Tonkopf vorbeiläuft. Da hatten wir schon zu kämpfen.“ Wenn man es am Schneidetisch nicht gehört hatte, dann aber auf jeden Fall im Studio. Da habe dann gelegentlich ein neues Band bespielt werden müssen. Das Echo wäre auch in der Lichttonkopie zu hören gewesen: „Solche Filme hätten wir natürlich nicht ‚rausgegeben‘“, sagt Götz.

In Deutschland brachte Siemens Mitte der 1950er Jahre den 16 mm-Projektor Siemens 2000 auch in Randspur-Versionen für Magnetton heraus. Es folgten Entwicklungen für Normal-8-Film, wo der Pistenton auf der Perforationsseite untergebracht werden musste mit daraus resultierenden technischen Problemen, die erst beim Super-8-Format ab 1965 gelöst wurden, da die „Piste“ auf der der Perforation gegenüberliegenden Seite aufgetragen wurde. Ende der 1950er Jahre stellte Siemens den Typ 800 vor, ein 8 mm-Projektor, der wie sein großer Bruder der 2000er-Reihe ein 8 mm-Zweiband-Magnetfilmlaufwerk erhielt sowie einen Untersatzverstärker, und der später – ebenfalls analog zum 2000er-Baukastensystem – ein Randspurlaufwerk erhalten sollte. Bolex entwickelte ein eigenes „Synchronizer“-System: ein Durchzugsgesetz vor dem Bildfenster. Die Tonabta- und Aufzeichnungsstelle wurde später auf 48 Bilder hinter dem Bildfenster festgelegt und normiert. Die Eugen-Bauer-GmbH (eine Tochtergesellschaft der Robert-Bosch-GmbH) präsentierte 1958 eine Art Pilottonsystem, mit dem eine Federwerk-kamera (88 ES oder 88 DS) durch eine elektrische Gleichlaufregelung vom gleichzeitig laufenden Tonbandgerät beliebigen Typs über einen Tonkoppler synchronisiert wurde.³²⁹⁰ Es fehlte aber dafür die Bearbeitungsmöglichkeit (Umspielung auf 16 mm-Splitfilm und Schneidetisch), und so war es für einen Amateur sehr mühselig, einen Film mit synchronen Tönen zusammenzustellen. Es folgten das Einheits-Tonsystem (ETS) von Volland in Erlangen, das Telefunken unterstützte, bei dem über einen speziellen Tonkopf Impulse auf die untere Spur des Tonbandes aufgezeichnet wurden, die über ein Steuergerät (Synton) den Projektor synchronisierten, wenn er entsprechend umgerüstet war. Natürlich brachten die Hersteller in den 1970er Jahren auch die Pistentonaufnahme nach „Auricon-Vorbild“ für Super 8 auf den Markt. Der Amateur hatte zu kämpfen, weil es die Schnittprobleme durch den Bild-/Tonversatz gab. Wer es sich leisten konnte, kaufte einen Schneidetisch für Super 8. Die Firma Pötter schließlich rüstete das Uher Report um auf „Senkelband“ (Magnetband 6,3 mm) mit verschiedenen Perforationen, deren fotoelektrische Abtastung für Gleichlauf sorgen sollte. Gebuhr bot elektronische Synchronisierbausteine für Aufnahme und Wiedergabe von Amateur- und (semi-)professionellen Filmen an.

Interessant für die nachträgliche Tonbearbeitung waren die Tonkoppler-Systeme etwa von Plank-Noris, Bauer oder Eumig: Dabei steuerte die Geschwindigkeit des Tonbandes über einen Koppler die Geschwindigkeit des Projektors. Bauer brachte es da zu einer besonders hohen Genauigkeit. Lippensynchrone Wiedergabe war aber auch mit den anderen Geräten möglich. Schließlich gab es auch Pilotton-Lösungen per Kabel zwischen Kamera und Kassetten-Tonbandgerät. Entscheidend war jedoch die synchrone Bearbeitungsmöglichkeit von Ton und Bild, die nur ein Schneidetisch ermöglichte, der für Amateure im allgemeinen unerschwinglich war.

SECHSTES BAND: Musik von Kassetten

Magnetband im Gehäuse

Es fördert durchaus den Respekt vor frühen Erfindern, wenn Spätergeborene darauf stoßen, wann erstmals bestimmte Fragen gestellt, diskutiert und mit den zeitgebundenen Möglichkeiten gelöst wurden. Peder Oluf Pedersens Magnetplatte von 1901³²⁹¹ gehört dazu ebenso wie Valdemar Poulsens Gleichstrom-Vormagnetisierung von 1907.³²⁹² Das einzige Magnetspeicher-Medium der frühen Entwickler, Stahl als Band oder Draht mit sprungfederartiger Elastizität, wollte sachgerecht in Gebrauch genommen und aufbewahrt sein. Also wurde bald nach einem praxisgerechten „Behältnis“ gesucht. Die vermutlich älteste Magnetträger-Kassette beschreibt ein amerikanisches Patent von 1908,³²⁹³ in dem ein gewisser John C. Sherman beredt Klage über das komplizierte, zeitraubende und fehlerträchtige Einlegen des Stahldrahts in ein Telegraphon Poulsen'scher Bauart beschreibt. Zudem erbot sich ihm der Zeitverlust, wenn auf einem teilbespielten Drahtwickel das Aufzeichnungsende gefunden werden muss. Sherman skizziert einen „*separate removable drum or bobbin carrier which can be readily connected to and disconnected from the body of the instrument to permit immediate substitution of one record for another*“, dem er zwecks besserer Bedienung sogar einen soliden Handgriff zugesteht. Der „*bobbin carrier*“ enthält allerdings beträchtlich viele aufwendige und teure Mechanikteile, die nicht in ein Austauschteil gehören. Ob Sherman sein Patent jemals auswerten konnte, ist unbekannt.

Deutlich praxisnäher war schon eine Schutzschrift von 1922 der Vox Maschinen-Akt.-Ges. in Berlin – das sind natürlich Curt Stille, seine Mitarbeiter und Lizenznehmer –, nach der, in schöner Übereinstimmung mit Sherman, „... die beiden den Sprechdraht aufnehmenden Spulen ... in einen gemeinsamen, zweckmäßig abgeschlossenen Kasten gelagert sind, in dem ausserdem, um beim Abnehmen des Drahtes jede Manipulation an diesem selbst zu vermeiden, auch die Sprechmagnete bzw. der Sprechkopf eingebaut sind.“³²⁹⁴ Nur konsequent, dass laut einem weiteren Patent der Aufnahmekopf doch im Gerät bleibt³²⁹⁵ und schließlich dafür gesorgt ist, dass die Spulen „nach dem Abnehmen des Kastens von der Maschine im Kasten gegen Drehung gesperrt sind“³²⁹⁶ – das könnte auch in einem VHS-Kassetten-Patent stehen. Die Beschreibung läuft natürlich auf die Stahldraht-Magazine des Dailygraph und des Textophons hinaus, die zwar den schnellen Austausch erlauben, freilich genau genommen keine Kassetten sind, weil Spulen und Band nicht in einem „abgeschlossenen Kasten gelagert sind“ (siehe Seite 34).

Die AEG hat um 1943 „Zwei-Spulen-Kassetten von der Größe eines ordentlichen Kuchenblechs“³²⁹⁷ für Geräte entwickelt, die die Deutsche Reichspost in Verstärkergestelle einbaute.³²⁹⁸ Eduard Schüller meldete noch in den letzten Kriegsmonaten eine leicht aufsetz- und abnehmbare (von fern an einen Geigenkasten erinnernde) Kassette zum Patent an,³²⁹⁹ die bemerkenswerterweise mit einem Endlos-Band arbeitet (was aber nicht Erfindungsgegenstand ist), das innen aus dem Wickel herausgezogen wird und außen aufläuft.³³⁰⁰ Die Kassette maß etwa 23 x 12,7 x 0,65 cm, das reine Wiedergabegerät (eines hat offenbar den Umzug von Berlin nach Kiel überstanden) 23 x 23 x 18 cm; die Bandgeschwindigkeit dürfte bei 28 cm/s gelegen und damit als obere Frequenzgrenze 4 kHz erlaubt haben.³³⁰¹ Ein großer Teil der hier gewonnenen Erfahrungen dürfte im Kassettengerät KL 1 wiederbelebt worden sein, das um 1949 tatsächlich zum praktischen Einsatz kam (Seite 275).

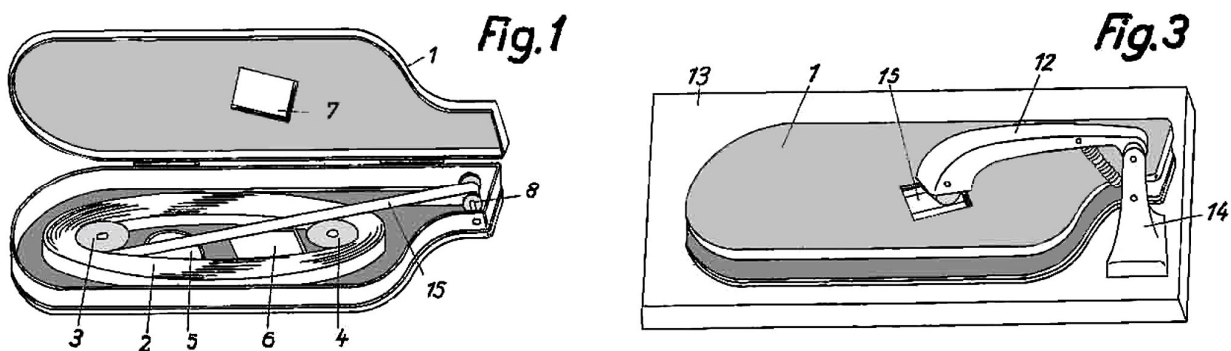


Abbildung 601: Eduard Schüllers Kassettengerät nach seiner Patentschrift DE 971 401 vom Dezember 1944.

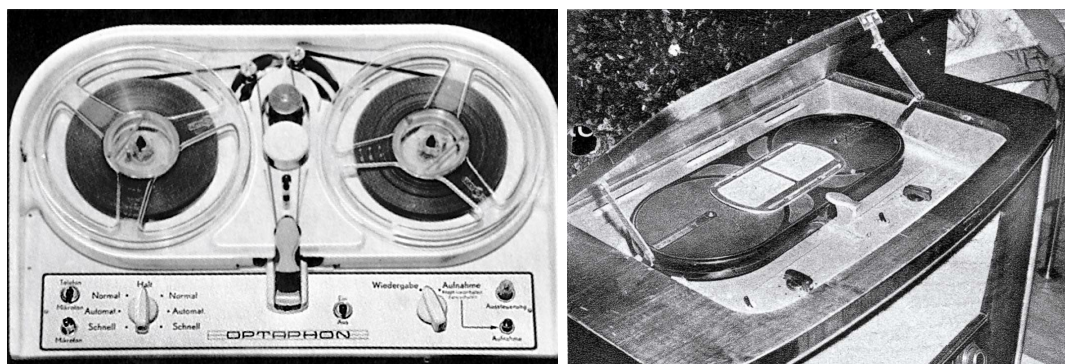
Bedienungsvorteile dank Kassette – praktikable Realisierungsversuche

Kassettsysteme für unterschiedlichste Anwendungen in mannigfachster Konstruktion sind (vor allem in den USA, aber auch in Großbritannien) ab etwa 1950 entwickelt worden, zunächst für Magnetdraht, dann nahezu ausschließlich für Magnetband. An den meisten Ausführungen war BASF nicht beteiligt, und da nur wenige dieser Typen überhaupt Marktbedeutung erlangt haben (oder lediglich für begrenzte Spezialzwecke entworfen waren), können hier nur die entwicklungs-relevanten Versionen aufgeführt werden.

Aus den ersten Nachkriegsjahren sind zwei Kassetten aus deutscher Konstruktion erwähnenswert. Zum einen handelt es sich um die Zwei-Spulen-Kassette für das Tonbandgerät Optaphon 51 Wa der Loewe-Opta GmbH,

Kronach (1951 / 1953),³³⁰² die mit ihren beeindruckenden Ausmaßen von 42,5 x 19 x 2,5 cm eher an das AEG-„Kuchenblech“ erinnert als auf spätere Volumina vorausweist.³³⁰³ Das Gerät kostete rund DM 700.³³⁰⁴ Es scheint nicht nur, wie meist angegeben, für die Bandgeschwindigkeit 19,05 cm/s ausgelegt (die 350 m Magnetband auf 18 cm-Spulen ergaben dann 2 x 30 Minuten Laufzeit), sondern auf 38,1 cm/s umschaltbar gewesen zu sein, was zu einem respektablen Übertragungsbereich von 40 – 15.000 Hz (19 cm/s: 40 – 8.000 Hz)³³⁰⁵ führte, aber natürlich die Laufzeit halbierte. „Eine Automatik sorgte für die Umschaltung der Laufrichtung am Bandende, so daß damit auch eine Endloskassette geschaffen war.“³³⁰⁶

Abbildung 602: Bandführung in der Loewe-Opta-Cassette von 1951 / 1953, rechts eingebaut im Rundfunkgerät Patrizier Studio, 1952.



Die zweite Entwicklung, die allerdings deutlich auf den erfolgversprechenden Weg verweist, stammt von dem Magnetband-Pionier Alfons Kürzeder, der ebenfalls schon 1951 eine zweiteilige Kassette mit den Abmessungen 108 x 54,5 x 11 mm konstruiert hat. Mit einer Spieldauer von gerade 2 x 3 Minuten, entsprechend zwei Schellack-Plattenseiten, und einem Plattenspielmotor als Antrieb zielte Kürzeder auf den gleichen Anwenderkreis wie alle späteren Audio-Kassetten-Konstrukteure.³³⁰⁷

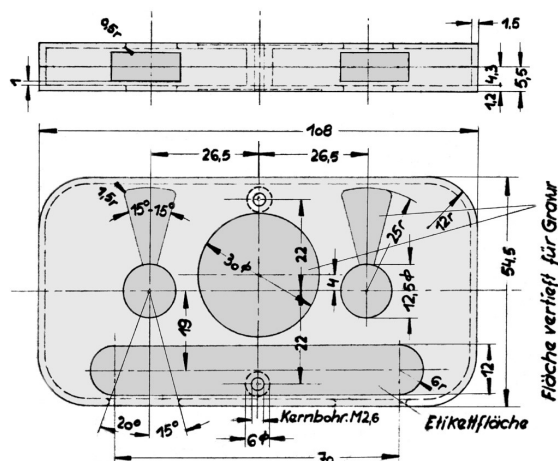


Abbildung 603: Form und Abmessungen der Kürzeder-Cassette von 1951. – Die Philips-Compact-Cassette misst 100,4 x 63,8 x 9,8 mm.

in dessen Aussparungen Magnetköpfe und Tonwellen eingriffen. Mit ihren Abmessungen von 127 x 180,9 x 12,7 mm (5 x 7 1/8 x 1/2 inches) und dem 6,3 mm-Band lieferte sie bei 9,5 cm/s 2 x 30 Minuten Musik, zunächst monofon, schließlich auch stereofon in einer Art Viertelspur-Aufzeichnung (allerdings lagen die beiden Stereokanäle, wie später bei der Compact-Cassette, zwecks Mono-Kompatibilität unmittelbar nebeneinander; am Bandende wurde die Kassette umgedreht). Die Qualität dieser Stereo-RCA-Kassetten scheint kritikwürdig gewesen zu sein, die Geräte waren teuer und weder eindeutig dem Konsumenten- noch dem HiFi-Bereich zuzuordnen; jedenfalls hatte das System, ungeachtet der RCA-Marktbedeutung, keinen besonderen Erfolg und verschwand bereits in den frühen 1960er Jahren wieder.³³⁰⁸ – Grundig scheint an der RCA-Cassette interessiert gewesen zu sein, wie eine Reihe von Patentanmeldungen nahelegt.³³⁰⁹

Einen – in Details wegweisenden – Anlauf unternahm CBS in den späten 1950er Jahren mit einer „cartridge“, deren 3,81 mm breites Band³³¹⁰ mit 4,75 cm/s nur in eine Richtung lief und zwei je 1,5 mm breite Mono-Spuren trug. Beide Spuren konnten nacheinander, aber erst nach Unterbrechung für das Bandruckschließen, be- und abgespielt werden. Am Anfang trug das Band einen steifen, gezahnten Vorspann, der beim Herausziehen aus dem Gehäuse seinen Weg durch den Bandpfad nahm und auf der Aufwickelspule andockte. Die Magnetbänder lieferte 3M, die Laufwerke baute der in den USA bekannte Hersteller Revere. Ungeachtet seiner anspruchsvollen Konzeption – der Schallplatten-Pionier Peter Goldmark gehörte zu den Entwicklern – hatte auch die CBS-cartridge keinen Erfolg: für den Endverbraucher-Markt waren die Geräte zu teuer, für HiFi-Puristen ohne Kaufanreiz und obendrein sehr störanfällig.

Unverzichtbar für die weitere Entwicklung waren natürlich dünne und zugleich magnetisch fortgeschrittene Tonbänder, Voraussetzung für handgerechte Ausmaße der Kassetten, ebenso leistungsfähige Magnetköpfe und hochwertige Antriebsmechanismen, sowohl für sicheren Bandtransport als auch mit geringen Gleichlaufschwankungen. Je niedriger die Bandgeschwindigkeit, umso höher die Ansprüche an den Bandantrieb – ebenso an die elektrisch-magnetischen wie die Lauf-Eigenschaften des Magnetbandes selber.

Die erste, kommerziell beschränkt erfolgreiche, Magnetbandkassette stammte von der Radio Corporation of America (RCA), die 1958 / 59 (Ankündigung beziehungsweise Verfügbarkeit) in den Handel kam. Natürlich war auch hier das Hauptargument die wesentlich einfachere Bedienung, die mit der simplen Handhabung eines Plattenspielers konkurrieren musste. Die RCA-Cartridge bildeten zwei Spulen in einem Plastikgehäuse, in dessen Aussparungen Magnetköpfe und Tonwellen eingriffen. Mit ihren Abmessungen von 127 x 180,9 x 12,7 mm (5 x 7 1/8 x 1/2 inches) und dem 6,3 mm-Band lieferte sie bei 9,5 cm/s 2 x 30 Minuten Musik, zunächst monofon, schließlich auch stereofon in einer Art Viertelspur-Aufzeichnung (allerdings lagen die beiden Stereokanäle, wie später bei der Compact-Cassette, zwecks Mono-Kompatibilität unmittelbar nebeneinander; am Bandende wurde die Kassette umgedreht). Die Qualität dieser Stereo-RCA-Kassetten scheint kritikwürdig gewesen zu sein, die Geräte waren teuer und weder eindeutig dem Konsumenten- noch dem HiFi-Bereich zuzuordnen; jedenfalls hatte das System, ungeachtet der RCA-Marktbedeutung, keinen besonderen Erfolg und verschwand bereits in den frühen 1960er Jahren wieder.³³⁰⁸ – Grundig scheint an der RCA-Cassette interessiert gewesen zu sein, wie eine Reihe von Patentanmeldungen nahelegt.³³⁰⁹

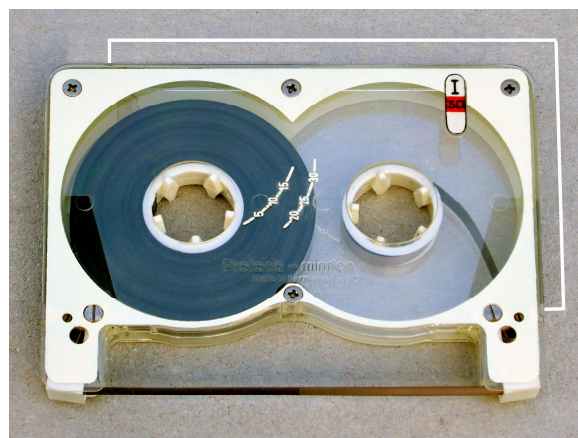
Erfolge auf einem begrenzten Markt konnte die Hannoveraner Firma Protona GmbH verzeichnen, die sich seit 1951 mit Miniatur-Drahttongeräten einen Namen gemacht hatte (Seite 361). 1959 stellte Protona das Kassetten-Magnetbandgerät Minifon-attaché vor, das mit seinem Preis von 925 DM natürlich keineswegs als Konsumgerät, sondern als vollwertiges Diktiergerät gedacht war.³³¹¹ Mit seinen Abmessungen von 102 mm Breite, 175 mm Länge, ganzen 42 mm Dicke und einem Gewicht von 750 Gramm (ohne Batterie und Kassette) war das Minifon-attaché-Gerät nur wenig größer als die Kassette selbst – sie war 80 mm breit, 110 mm lang und 11 mm dick und damit nur unwesentlich größer als die spätere Compact-Cassette (64 x 100 x 12 / 9 mm; der erste Compact-Cassetten-Recorder Philips 3300 wog ca. 1,5 kg bei 19,6 x 11,3 x 5,6 cm). Im Rückblick fällt besonders auf, wie konsequent die Konstrukteure alle bandführenden Elemente im Gerät selbst beließen, also nicht dem Kassettengehäuse aufbürdeten. Die Bandbreite blieb bei 6,25 mm, die Bandgeschwindigkeit 4,75 cm/s, Aufnahmedauer maximal 2 x 30 Minuten, Schichtlage „innen“. Magnetköpfe und Bandantrieb waren so angeordnet, dass sie in die rechteckig-geschwungene Aussparung der Kassette eingriffen (Abbildung 606).

Abbildung 604 (RECHTS):
Die RCA-Cartridge von 1958 im
Größenvergleich mit einer Com-
pact-Cassette.



Abbildung 605 (LINKS): Das 1960
entwickelte Minifon-attaché der
Protona GmbH, aufgeklappt.

Abbildung 606: Die Tonbandkassette für die Geräte Minifon-attaché und Minifon-hifi. Mit ihren Abmessungen 11 x 8 x 1,1 cm nur unwesentlich größer als die Compact-Cassette (10 x 6,4 x 1,2 / 0,9 cm, maßstäblich angedeutet durch die weiße Kontur), war die Protona-Kassette mit 6,25 mm breitem Magnetband – Schichtlage innen – bestückt.



Mit seinem Frequenzgang von 150 Hz – 6 kHz konnte sich das Minifon-attaché sehr wohl als Diktier-, aber eben nicht als Musikgerät sehen lassen. 1961 hatte Protona die Konstruktion allerdings so weit verfeinert, dass sie für das (äußerlich dem Minifon-attaché gleichende) Minifon-hifi mit einem Frequenzgang von 40 Hz – 12 kHz ± 3 dB (!) werben konnte – Werte, die im Compact-Cassetten-System erst um 1970 erreicht wurden. Varianten dieses Geräts benutzten sowohl die Bandgeschwindigkeiten 2,4 cm/s wie auch 9,5 cm/s; dieses Minifon-studio arbeitete mit Vollspuraufzeichnung, so dass es wohl annähernd Studio-Qualität erreichte und mit seiner Spielzeit von 7,5 Minuten für Rundfunkreportagen geeignet erschien.³³¹²

Protona GmbH, wirtschaftlich meist auf schwankendem Grund, war nach einem Konkurs im August 1962 in den Besitz der Telefunken GmbH und damit in die „Nachbarschaft“ der Magnetophon-Gerätefertigung gekommen, die Minifon-Gerätefertigung lief noch bis 1967 weiter. Die Protona-Kassette war jedoch zeitweilig zu höherem bestimmt, wenn eine AEG-Telefunken-Hauszeitung den Sachverhalt richtig wiedergibt:

Entgegen Vereinbarungen zwischen führenden deutschen Herstellern, die im „Miniphon“-Tonbandgerät der Telefunken-Tochtergesellschaft Protona verwendete Tonbandkassette zur Grundlage künftiger Cassettengeräte zu machen, brachte ein deutsches Unternehmen zur Funkausstellung 1963 die Compact Cassette auf den Markt ...³³¹³

„Zur Grundlage ...“ – also nach Verbesserungen, die nicht zuletzt eine preisgünstige Fertigung hätten ermöglichen müssen – hätte die Protona-Kassette durchaus getaugt. Einige der Kompromisse, die bei der Konstrukti-

on der Compact-Cassette unumgänglich erschienen (vor allem die kassettenseitigen bandführenden Elemente und die anfangs problematische Bandbreite 3,81 mm), wären vermieden worden. Wie ein alltagstaugliches Gehäuse hätte aussehen können, demonstrierte (wenn auch erst zwei Jahrzehnte später) die DAT-Kassette: eine schwenkbare Klappe hätte die freiliegende Bandlänge im Vorderteil der Protona-Kassette geschützt. Eine Mechanik, die das Band beim Herausnehmen aus dem Gerät straffte und beim Aufsetzen wieder freigab, besaß die Protona-Kassette bereits.³³¹⁴

Wie diese zahlreichen und technisch aufschlussreichen Anläufe zeigen, war die „Kassette an sich“ keineswegs schon eine Erfolgsgarantie; selbst die Compact-Cassette musste sich während ihrer Durchsetzungsphase gegen manche Konkurrenz wehren. Das relativiert einesteils den meist genannten Grund für den Erfolg der „Kassette“, nämlich die – unbestritten – einfachere Handhabung, die kaum höhere Ansprüche stellte als das Auflegen und Abspielen einer Schallplatte. Viele Verbraucher dürften auch von der, dezent gesagt, Komplexität der Spulentonband-Geräte (Bandgeschwindigkeiten, Spurlagen, Spulengrößen, Bandtypen, Geräteunterschiede, „gimmicks“ zwischen Tricktaste und automatischer Aussteuerung, dazu Gerätepreislagen bis in die Höhe mehrerer Monatseinkommen) überfordert gewesen sein. Man kann sogar sagen, dass Spulen-Tonbandgeräte eigentlich nur für technisch Versierte in Frage kamen. Dass in Deutschland die Marktsättigung von Spulen-Tonbandgeräten 1962 bei etwa 25 % lag,³³¹⁵ bekräftigt diese Feststellung. Der Markt – das heißt, eine große Zahl unentschlüsselter Käufer – wartete auf eine Generation preiswerter Geräte mit überzeugenden Gebrauchsvorteilen.

Seit 1961 arbeiteten die Entwicklungsabteilungen der Philips-Tonbandgerätefabrik WIRAG, Wien und Grunzig gemeinsam an einem Ein-Spulen-Cartridge-System, das einige Gemeinsamkeiten mit dem der CBS aufwies, ohne jedoch damit kompatibel zu sein.³³¹⁶ WIRAG, zuständig für den auch preislich gehobenen Sektor der Philips-Tonbandgeräte, hatte ein hochwertiges, anspruchsvolles System für den Heimgebrauch konzipiert: Bandgeschwindigkeit 4,75 cm/s, zwei Spuren zu je 1,5 mm auf 3,81 mm breitem Band, wahlweise (zweimal) mono- oder (einfach) stereofon bespielbar. Den Anforderungen waren seinerzeit nur drei Magnetbänder des Weltmarkts gewachsen: ein gutes Low-Noise-Band von 3M, entwickelt für die CBS-Kassette und der bemerkenswert gute Kodak-Typ P 300, schließlich das von BASF (neben PES 26) gerade vorgestellte, für Kassetten wie geschaffene Dreifachspielband PES 18.³³¹⁷ Auf diese Geräte-Neuentwicklung konzentrierte sich nicht zuletzt das Interesse der mit Philips verbundenen Musikproduktions-Gesellschaften.

Aufstieg der Compact-Cassette

Philips-Werk Hasselt entwickelt das „2-Loch-Minicassetten-System“³³¹⁸

Zeitgleich mit dem Wiener Cartridge-Projekt, um 1960 / 1961, arbeitete ein kleines Team unter dem damaligen Entwicklungsleiter Lodewijk (Lou) Frederik Ottens im Philips-Werk Hasselt (Belgien) an einem „2-Loch-Minicassetten-System“, das, wie das ganze Produktionsprogramm dieser neugebauten Fabrik, für einen ganz anderen Markt gedacht war: die zahlenstarke Zielgruppe der Verbraucher, die mit der Musikqualität der damaligen Reiseempfänger zufrieden waren.³³¹⁹ Für diesen Kreis war das Ein-Spulen-System weder ausreichend mobil („portable“) noch robust genug konstruiert: Cartridges hatten immer mit der Misere des Bandeinfädelns zu kämpfen.

Ottens setzte dem sein Konzept „pocket recorder“ entgegen: ein vergleichsweise winziges, einfach und zuverlässig konstruiertes Gerät, das alle Möglichkeiten des Standes der Technik nutzen sollte, nicht zuletzt die gerade „in Reichweite“ gekommene Bandgeschwindigkeit 4,76 cm/s, die 3,81 mm breiten Bänder und die 1,5 mm breiten Spuren der CBS- und die maximalen Bandschutz bietende Schale der RCA-Cartridge. Seinem Team machte Ottens eine pragmatische Vorgabe: er orderte einen Holzklotz, der in seine Jackett- oder Manteltasche passte. Die Entwickler konnten von Glück sagen, dass die damalige Mode Taschen favorisierte, die einen 20 x 12 x 6 cm großen Quader schluckten – nicht ohne Grund wurde der erste Taschen-Recorder respektlos auch „Backstein“ genannt. Aus den Holzklotz-Abmessungen einerseits, dem Vorhandenen (wie Batterien, Lautsprecher, Motoren) und der Vorgabe 86 m Bandlänge (entsprechend 2 x 30 min Spielzeit bei 4,76 cm/s) andererseits abzuleiten war nicht zuletzt die ungefähre Größe der Magnetband-„Hülle“. Das Ziel war demnach eine ebenso einfach zu handhabende wie in der Produktion rationelle, dabei zuverlässig arbeitende, besten Bandschutz bietende und, mit Blick auf den Batterieverbrauch, leichtgängige Konstruktion, kurz: ein „System“, eine „geschlossene“ Lösung.

Es war später wiederholt zu lesen, Ottens habe eigentlich ein Diktiergerät produzieren sollen. Daran ist so viel richtig, dass der „pocket recorder“ natürlich auch als akustisches Notizbuch oder zum Diktieren genutzt werden konnte. Er hat jedoch von Anfang an konsequent in Richtung uneingeschränkter Konsumentenanzahl entwickelt. Dafür sprechen Merkmale, die schon vor der Markteinführung geplant oder eingeführt waren, wie die (meist unbenutzten) ausbrechbaren Löschlaschen und die ungemein erfolgreiche Kombination eines Compact-Cassetten-Laufwerks mit einem Kofferempfänger, dem Radiorecorder. Den schlagenden Beweis liefert jedoch die fortschrittliche, stereo/mono-kompatible Spurenkonfiguration. Ottens hatte bereits im ersten Entwicklungsstadium den Magnetkopf-Spezialisten seines Teams, Herman Cornelis Lalesse, beauftragt, die Machbarkeit von Stereoaufzeichnungen auf der geteilten 1,5 mm-Spur zu untersuchen – was dieser für realisierbar hielt. Stereotüchtige Compact-Cassetten-Recorder folgten allerdings erst zwei Jahre nach Systemstart.

Schon für die Entwicklung des Wiener Cartridge-Geräts waren die führenden Magnetbänder des Weltmarkts auf Brauchbarkeit untersucht worden. Aus der Spitzengruppe – 3M Low-Noise, Kodak P-300 und BASF PES 18 – wurde PES 18 (repräsentativ dafür die Charge 277 581, später ein Referenzleerband) wegen seiner, alles in al-

lem, besten Qualität ausgewählt. Von diesen Vorarbeiten profitierte natürlich auch das Hasselter Projekt „pocket recorder“, für das die Magnetophonband-Entwicklung einen verbesserten Typ entwickelt hatte, übrigens den technischen Urahn der späteren LH-Bänder. So war BASF praktisch von Anfang an am Compact-Cassetten-System beteiligt und konnte sich dazu gratulieren, dass auch die ersten Philips-internen Stereo-Vorführungen (mit einem umgebauten EL 3300) ein großer Erfolg wurden.

Sobald eine weitgehend produktionsreife Vorabversion des „pocket recorder“ ausgearbeitet war, stellte das Hasselt-Team sein „2-Loch-Minicassetten-System“ einer Philips-internen Runde vor. Es war eine der weitestreichenden Entscheidungen eines Philips-Gremiums, daraufhin die schon angelaufene Produktion des Wiener Cartridge-Geräts abubrechen und ganz auf den „pocket recorder“ zu setzen. Wer von dieser Entscheidung, aus welchen Gründen auch immer, nichts erfuhr, war Max Grundig, der sich im Vorfeld der Funkausstellung 1963 statt mit der Wiener Cartridge ohne Vorwarnung mit einem unbekannten System konfrontiert sah. Seine Verärgerung war ebenso verständlich wie seine Reaktion dramatisch: er gab schnellstens eine Konkurrenz-Konstruktion namens DC International in Auftrag (Seite 499), die 1965 vom Stapel lief.

Jan Schoenmakers' großer Wurf

Ein Mitglied des Ottens-„pocket recorder“-Teams hat es – keineswegs unverdient, doch ohne selbst das Rampenlicht zu suchen – aufgrund von Fachpresse-Berichten zu einem gewissen Bekanntheitsgrad gebracht. Sein Beitrag war nämlich die Konstruktion der Compact-Cassette selbst, „Austauschgegenstand“ und somit das Herzstück des Compact-Cassetten-Systems. Das mag ungerecht sein gegenüber dem aus ebensoviel Entwicklungsarbeit hervorgegangenen, überragend konstruierten „Recorder“, für den Peter van der Sluis verantwortlich zeichnet. So kann und soll hier der Beitrag von Jan (Johannes Jozeph Martinus) Schoenmakers etwas detaillierter nachgezeichnet werden. Er hatte sich über den zweiten Bildungsweg vom Werkzeugmacher zum leitenden Ingenieur der Entwicklungsabteilung des Philips-Werks Hasselt (Belgien) qualifiziert. Nach dem spektakulären Compact-Cassetten-Erfolg arbeitete er an der Entwicklung von Videorecordern und der Compact-Disk.³³²⁰

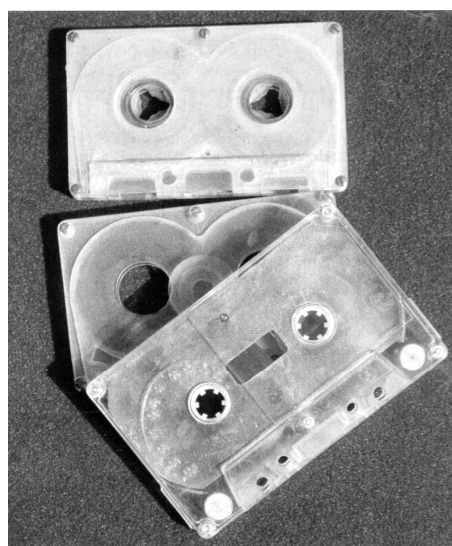


Abbildung 607: Schoenmakers' „2-Loch-Minicassette“ im ersten Entwicklungsstadium, um 1961 / 1962. Die spiralförmige Spielzeitanzeige ist bereits hier zu sehen (vergleiche dazu Abbildung 609).

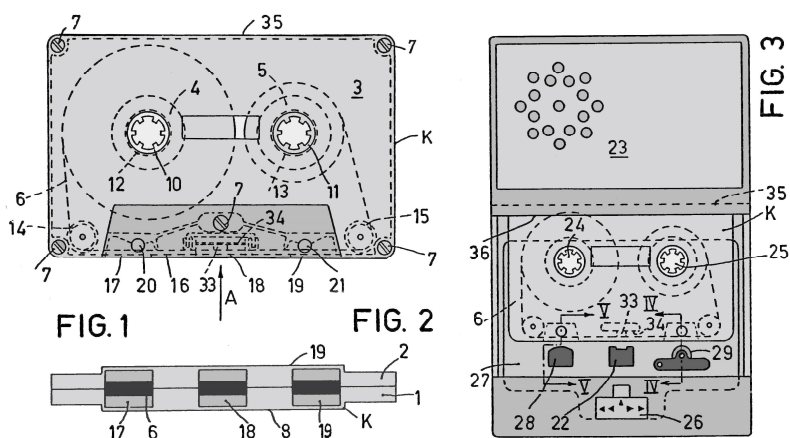


Abbildung 608: Fig. 1, 2 und 3 aus der deutschen Patentschrift DE 1 191 978: Johannes Jozeph Martinus Schoenmakers, „Tonbandkassette und Gerät zur Verwendung dieser Kassette“, angemeldet am 31. Januar 1964, ausgegeben am 14. April 1968.

Natürlich hatte Schoenmakers, fast zwangsläufig, bereits von anderen Kassetten bekannte Konstruktionselemente übernommen, und so ist aufschlussreich, auf welche Ansprüche sich seine Compact-Cassetten-Patente stützen.³³²¹ Er nennt an erster Stelle die Verriegelung der Compact-Cassette im Recorder, wenn „nach Aufstecken der Kassette und Anlegen von Bandabstastorganen und Andrückrolle an das Band, Boden- und Deckelfläche über Bandabstastorgane und Andrückrolle übergreifen und so ein Abziehen der Kassette verhindern“. Andere Kassettentypen konnten im laufenden Betrieb aus dem Gerät entnommen werden, und „dies kann zu Betriebsstörungen führen, weil das Band leicht zerreißen kann.“ Offenbar standen aber 1963 keine Magnetköpfe mit einer Bauhöhe um 5 – 7 mm zur Verfügung, was den breit-trapezförmigen „Tonkopf-Absatz“ bedingte, an dem die Compact-Cassette von 10 mm auf 12 mm verdickt ist.³³²² Als zweiten Erfindungsanspruch nennt Schoenmakers die symmetrische Anordnung der Öffnungen in der Vorderfront des Gehäuses (17, 18 und 19) und einen Durchbruch, durch den die Tonwelle hindurchgeführt wird, als dritten einen Andrückfilz auf federnd angeordneter Druckplatte (34), und viertens, „daß die Bandabstastorgane und die Andrückrolle auf einem senkrecht zur Umdrehungsachse des Wickeldornes in Richtung der Kassette hin- und herbewegbaren Träger angeordnet sind. (29)“³³²³ Mit anderen Worten: weder die Anordnung der Bandwickel noch die Gleitfolien, die an Stelle der Spulenflanschen treten, fallen unter die Schutzansprüche. Die gemeinsame Patentierung von Kassetten- wie von Recorder-Elementen rechtfertigt natürlich den häufig gebrauch-

ten Ausdruck *Compact-Cassetten-System*. – Von Jan Schoenmakers stammt übrigens das entscheidende Detail der „snap pack“, der von Philips-Spulenband-Kassetten übernommenen Außenhülle der Compact-Cassette, nämlich die Formstücke zur Arretierung der Wickelkerne. War der Bandwickel beim Transport nämlich nicht gegen Verdrehen gesichert, bildeten sich lose Bandschlaufen, die beim Bandstart gelegentlich sogar zu Bandrissen führten.

Phase I: Der Aufstieg der Compact-Cassette

Systematiker erkennen in der Geschichte des Compact-Cassetten-Systems drei Phasen: seine Einführung, die internationale Durchsetzung und schließlich seine universelle Nutzung. Es versteht sich, dass die Phasen keineswegs durch scharfe Einschnitte getrennt sind, sondern sich überlappen und folgerichtig auseinander hervorgehen. Die *erste Phase* beginnt natürlich mit der Markteinführung zwischen 1963 und etwa 1970, als einem breiten Publikum aufging, was für ein praktisches (lies: robustes, einfaches und leicht zu begreifendes), preiswertes und erfreulicherweise auch zuverlässiges System hier angeboten wurde. Wie furios die „Taschen-Recorder“ starteten, zeigen die bemerkenswert hohen Auflagen der ersten Recorder EL 3300, EL 3301 und EL 3302: sie wurden weit über 10 Millionen mal verkauft.³³²⁴ Zugleich charakterisieren sie die damalige Funktion der Compact-Cassette: sie hatte für Unterhaltungs-, Stimmungs-, Tanz- und Hintergrund-Musik zu sorgen.

1963: Die Premiere des Taschen-Recorders 3300

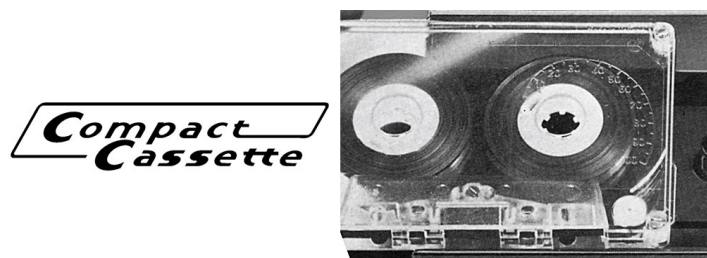
Was Philips in einem Prospekt als „*Messerschlager der Funkausstellung Berlin 1963*“ anpries,³³²⁵ trug allerdings noch nicht den Namen Compact-Cassette(n-Recorder),³³²⁶ sondern hieß „taschen-recorder 3300“, sollte DM 299 kosten, war 19,6 x 11,3 x 5,6 cm groß, wog 1,5 kg und hatte sieben (!) Transistoren. Der bescheidene Frequenzumfang von 120 bis 6.000 Hz, eine Dynamik von ≥ 40 dB und Gleichlaufabweichungen von $\leq \pm 0,5$ % zeigten recht deutlich die Grenzen des Geräts.³³²⁷ Doch mit der Resonanz war Philips offensichtlich zufrieden, ebenso mit der Benelux-Premiere anlässlich der Firato 1964 Amsterdam, und weitete das Sortiment konsequent aus. 1965 erschienen zwei verbesserte Taschenrecorder (EL 3301, Frequenzbereich 100 – 7.000 Hz, Ausgangsleistung 400 mW; EL 3302, Frequenzbereich 80-10.000 Hz, Abmessungen ebenfalls 19,6 x 11,3 x 5,6 cm), der etwas größere EL 3303 (27 x 19,5 x 6 cm, Ausgangsleistung 800 mW), ein Nur-Abspielgerät EL 3305 zum Anschluss an das Autoradio sowie der Stereo-Recorder EL 3312.³³²⁸ Dieses Gerät wies natürlich die schon im Entwicklungsstadium der Cassette definierte Spuraufteilung auf: jede der beiden Mono-Spuren wurde in 2 x 0,6 mm breite Stereospuren aufgeteilt, getrennt von einem nur 0,3 mm breiten „Rasen“. Damit konnten Mono-Compact-Cassetten-Recorder auch Stereo-Aufzeichnungen abspielen, was bekanntlich bei den 6,3-mm-„Viertelspur“-Tonbändern nicht möglich war.

Hier wäre an das seltsame Zusammentreffen zu erinnern, dass anlässlich von Funkausstellungen in Berlin das erste Magnetophon überhaupt (1935) und, 27 Jahre später, mit der Compact-Cassette das bis dato erfolgreichste, magnetband-gestützte Unterhaltungselektronik-System vorgestellt worden sind.

1965 zeigte Philips auf der Stuttgarter Funkausstellung das „*Entwicklungsmuster eines Reisesupers mit eingebautem Abspielgerät für Compact-Cassette*“³³²⁹, also den Vorläufer des Radiorecorders, einer Bauform, die entscheidend die Verbreitung der Compact-Cassette mitgetragen hat.

Abbildung 609: Der Philips „taschen-recorder 3300“, vorgestellt auf der Funkausstellung Berlin 1963 (die Bezeichnungen Compact-Cassette und Compact-Cassetten-Recorder sowie das unten gezeigte Logo wurden erst 1965 eingeführt). – Abmessungen: 196 mm x 113 mm x 56 mm, Gewicht 1,5 kg.

Man beachte die spiralförmige Spielzeitanzeige-Skala auf dem Cassettengehäuse oberhalb des rechten Bandwickels!



**Compact
Cassette**



Wenn die Compact-Cassette Erfolg haben sollte, mussten (nach der gelungenen Konstruktion) zwei weitere Voraussetzungen erfüllt sein: ein attraktives Angebot bespielter Cassetten – schließlich beanspruchte die Compact-Cassette, mindestens ebenso einfach handhabbar zu sein wie die Schallplatte – und breite Unterstützung der gerätefertigenden Industrie, also zumindest eine *de-facto*-Standardisierung (wobei natürlich eines das andere bedingte). Als genügend Recorder im Markt waren, bot Philips im Frühjahr 1965 eine erste Serie von vorbe-

spielten Compact-Cassetten – bald MusiCassette, kurz MC genannt – aus eigener Produktion an. Andere Firmen, darunter Decca, DGG, Mercury und Polydor,³³³⁰ folgten rasch, so dass im Mai 1965 bereits 50 Titel gelistet und zahlreiche Neuerscheinungen bis Jahresende angekündigt waren.³³³¹ Etwa gleichzeitig liefen Verhandlungen zwischen Philips und Firmen wie SEL, Matsushita und Sony, die dank der großzügigen, nämlich kostenlosen Lizenzvergabe zum eigentlichen Grund für den weltweiten Erfolg der Compact-Cassette wurden.³³³²

Konkurrent 1: Das System DC-International

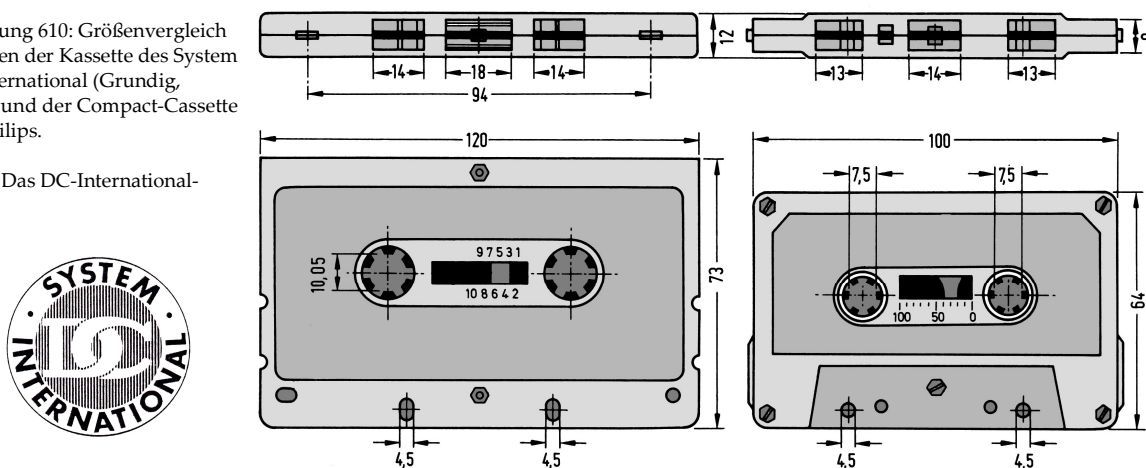
Max Grundigs Verärgerung über die Philips-Entscheidung, die Ein-Loch-Kassette zugunsten der Compact-Cassette aufzugeben (siehe oben), hatte produktive, aber zwiespältige Folgen. Acht Wochen vor Funkausstellungsbeginn 1965 (Stuttgart, 27. August bis 5. September 1965) stellte Grundig eine Alternative zum (immer noch als „taschen-recorder“ firmierenden) Philips-Typ unter dem Namen System DC-International vor.³³³³ DC stand für „double cassette“ oder „Doppelkassette“, weil das Band auf zwei Spuren bespielt war, die DC also nach dem ersten Durchlauf gewendet werden konnte. „International“ war zumindest gelinde übertrieben, weil zu dieser Zeit nur Telefunken, Blaupunkt und Uher für DC-International optiert hatten, und die Bezeichnung somit vor allem Max Grundigs Hoffnung ausdrückte, DC weltweit durchsetzen zu können. Die dreiteilige Cassette (zwei Schalen, ein Rückenteil) war mit 12 x 7,7 x 1,2 cm etwas größer als die Compact-Cassette, das (auch hier) 3,81 mm breite Magnetband lief mit 5,08 cm/s, hatte eine etwas abweichende Spuraufteilung mit schmalere „Rasen“ und wurde – als attraktivstes Merkmal – mit Spielzeiten von 2 x 45 und 2 x 60 min angeboten (mit 18 µm-Dreifachspielband beziehungsweise 12 µm-Vierfachspielband; die Compact-Cassette C 120 mit ihrem 9 µm-Band bewegte sich anfangs am Rande des technisch Möglichen; siehe auch Tabelle 11). Warum Grundig diese Bandgeschwindigkeit wählte, ist unbekannt; in ersten Veröffentlichungen 1965 wurde der Wert teils nicht genannt, teils umschrieben („höher als 4,75 cm/s“). Dabei hätte sich der runde Wert „2 Zoll pro Sekunde“ auf dem internationalen Markt doch besser gemacht als die „umständliche“ Angabe 17/8 ips (4,76 cm/s) bei der Compact-Cassette!³³³⁴

Über das DC-International-System referierte die FUNKSCHAU, eine einflussreiche und beim Fachhandel viel gelesene Zeitschrift, erkennbar mit unterdrückten Unlustgefühlen; offene Kritik dürfte nur die überragende Stellung von Grundig verhindert haben. Die FUNKSCHAU (be)schrieb, was der Fachhandel dachte, und der sah in DC-International mehrheitlich einen missliebigen Konkurrenten der Compact-Cassette. Wenn die japanische Elektronikindustrie um 1965 auch noch nicht die überragende Rolle spielte wie zehn und fünfzehn Jahre später, so hatte es doch eine gewisse Signalwirkung, dass sich Sony dem Hasselter anstelle des Fürther Systems anschloss und viele japanische Produzenten mitzog. „Das Ende der Affaire“, so die FUNKSCHAU, zeichnete sich auf der Hannover-Messe 1967 ab: Telefunken brach mit dem DC-International-System und präsentierte einen Compact-Cassetten-Recorder; vollendete Tatsachen schaffte die Funkausstellung 1967: „Grundig offeriert ohne viel Aufhebens das Cassetten-Tonbandgerät C 200 mit Compact-Cassette.“³³³⁵

Grundig hatte teures Lehrgeld bezahlt und musste sich damit abfinden, dass auch die zeitweilig größte Tonbandgeräte-Fabrik der Welt keine Alleingänge (mehr) durchsetzen konnte.³³³⁶ Als Konsequenz kooperierten die Fürther in der Folge mehr oder weniger eng mit Philips, bis beide Firmen gemeinsam das DC-International-Fiasco im größeren Maßstab wiederholten: beim Heim-Videorecorder, marketing-technisch gesehen dem Folgeprodukt des Compact-Cassetten-Recorders, mussten sie vor der Durchsetzungskraft des Video Home System (VHS) und des dahinterstehenden Matsushita-Konzerns kapitulieren – wie bekanntlich auch Sony.

Abbildung 610: Größenvergleich zwischen der Kassette des System DC-International (Grundig, LINKS) und der Compact-Cassette von Philips.

Unten: Das DC-International-Logo



BASF war zwar auch am DC-International-System ihres potenten Kunden Grundig beteiligt, scheint die Sache aber nur halbherzig angegangen zu sein. DC 90 wird im Herbst 1966 als vorhanden,³³³⁷ DC 120 (wie auch die CC-C 90) als „in Kürze lieferbar“ bezeichnet, ebenso Mitte 1967. Doch im Herbst 1967 ist neben vier DC-International-Geräten schon der erste Compact-Cassetten-Recorder von Grundig genannt.³³³⁸ Mitte 1968 wird keine DC-International-Kassette mehr aufgeführt – sozusagen ein Begräbnis dritter Klasse.³³³⁹ Mit den DC-International-

Geräten Grundig C 100, C 110, AC 50 und AC 60, Telefunken M 401 und den Blaupunkt-Autogeräten AT 1 und AT 2 waren einfach nicht genug Geräte auf dem Markt, um die Produktion länger laufen lassen zu können.

Tabelle 11: Hauptmerkmale: Compact-Cassette, DC-International, Lear-Jet-Cartridge (8-track-Cartridge) ³³⁴⁰

Parameter	Compact-Cassette	DC-International	8-track-Cartridge
Jahr der Vorstellung	1963	1965	1965
Abmessungen in cm	10 x 6,4 x 1,2	12 x 7,7 x 1,2	10,2 x 13,8 x 2,2
Bandbreite in mm	3,81 (0.15 Zoll)	3,81 (0.15 Zoll)	6,3 (¼ Zoll)
Bandgeschwindigkeit	4,76 cm/s (1⅞ Zoll/s)	5,08 cm/s (2 Zoll/s)	9,53 cm/s (3¾ Zoll/s)
Spurenzahl	2 (Mono) oder 2 x 2 (Stereo)	2 (Mono) oder 2 x 2 (Stereo)	8 x 1 (Mono) 4 x 2 (Stereo); 2 x 4 (Quadro)
Spurbreite	1,5 mm (Mono) 2 x 0,6 mm (Stereo)	1,76 mm (Mono) 0,75 mm (Stereo)	0,559 mm
Leerstreifen (Rasen)	0,81 mm zwischen den Haupt-, 0,3 mm zwischen den Stereo-Spuren	je 0,26 mm zwischen den Hauptspuren und den Stereo-Spuren	0,2464 mm zwischen den Tonspuren 0,025 mm an den Bandrändern
Spielzeit	C 60 2 x 30 min C 90 2 x 45 min C 120 2 x 60 min	DC 90 2 x 45 min DC 120 2 x 60 min	4 x 10 bzw. 21 min (Stereo) 2 x 10 bzw. 21 min (Quadro)
Bandführung	zwei Wickelkerne, Umlenk- rollen, cassettenseitige Stege	zwei Wickelkerne, Um- lenkrollen, cassetten- seitige Stege	Endlosbandschleife, Andruck- rolle in Cartridge eingebaut
Kassettentyp	Zweiloch-Kassette	Zweiloch-Kassette	Einloch-Endlosband-Kassette (cartridge)
Wiedergabe	Mono, Stereo (Quadro versuchsweise)	Mono, Stereo	Mono, Stereo, Quadro

Konkurrent 2: Die 8-track-Cartridge ³³⁴¹

Fast prophetischen Weitblick (mit angemessenem Vokabular) entwickelte die FUNKSCHAU am Ende des oben zitierten Beitrags „Das Ende der Affaire“:

Inzwischen rüstet sich die Compact-Cassette zum letzten, entscheidenden Gang. Neben einer Anzahl von unwichtigen Kassettenkonstruktionen gibt es noch einen ganz großen Mitbewerber in den USA: das Einloch-System Lear-Jet mit acht Spuren, ursprünglich nur für die Verwendung im Auto konzipiert und, ohne schnellen Vor- und Rücklauf, auch kaum für die Selbstaufnahme geeignet. Philips hat zwar gute Aussichten, auch diesen Konkurrenten in den USA und Japan aus dem Felde zu schlagen, aber es wird nicht einfach sein. Große Konzerne stützen die Achtspur-Kassette. ³³⁴²

Die USA hatten Mitte der 1960er Jahre gewissermaßen schon eine Tradition im Bau von Magnetband-Kassetten für Spezialzwecke, womit ein kleines Unternehmen eines gewissen Bernard Cousino in Toledo, Ohio, während der 1950er Jahre begonnen hatte. Weiterentwickelt von George Eash, einem Partner von Cousino, erschien Mitte der 1950er Jahre eine Kassette mit dem schönen Namen Fidelipack (auch Fidelipac), ³³⁴³ deren Vermarktung ein unverblümt Earl „Madman“ Muntz benannter Automobilhändler um 1960 übernahm. Ein prominenter Muntz-Kunde war William Powell (Bill) Lear, Konstrukteur luxuriöser Business-Jets, der seinerseits aus dem Vierspur-Fidelipack die achtspurige Lear-Jet-Cartridge oder, etwas neutraler, die 8-track-Cartridge entwickelte (Tabelle 11). Die Patente für diese Bauform hatte Lear keinem anderen als John Herbert Orr abgekauft, der sich auch nach dem Verkauf seiner Orrradio Co. an Ampex weiter mit Magnetband-Anwendungen befasste und das gleitmittelbeschichtete Band entwickelt hatte, ohne das die 8-track-Cartridge nie gelaufen wäre. Sie machte seit 1965 Karriere als Automobil-Musikgeber, und zwar nahezu ausschließlich in den USA, vor allem, als RCA (deren Kassette schon fast vergessen war) ihr attraktives Musik-Repertoire beistellte. Die Geräteentwicklung leistete im Wesentlichen die Firma Motorola, bekannt vor allem als Autoradio-Produzent. ³³⁴⁴ Dass Ende 1967 geschätzte 2,4 Millionen 8-track-Cartridge-Player in Autos von Ford, General Motors und Chrysler (mehr oder weniger gut) liefen, ist nur als Triumph des Marketings über die Technik zu verstehen.

Die 8-track-Cartridge war nämlich, bei Licht betrachtet, ein technisches Unding: acht 0,55 mm breite Mono-Spuren beziehungsweise vier Stereo-Spurpaare auf 6,3 mm breitem Magnetband, aufgewickelt auf einem Kern relativ großen Durchmessers, jeweils am Kern herausgezogen und nach dem Vorbeilauf an Magnetköpfen und der eingebauten (!) Gummiandruckrolle auf die Außenwindungen des Bandwickels auflaufend. Das heißt, alle Bandwindungen glitten ständig aneinander vorbei (zudem ist der Wickelumfang außen deutlich größer als am Kern, wo das Band herausgezogen wird), was nur funktionieren kann, wenn die Rückseite des Magnetbandes gleitmittelhaltig ist. Die kaum auf Dauer beherrschbare Gratwanderung zwischen ausreichender Gleitfähigkeit und der festen Verankerung des Gleitmittels auf der Rückseite – deutlicher gesagt: sein Abwandern auf die Magnetschicht – bildete das größte Handicap der 8-track-Cartridge. Schneller Vor- und Rücklauf waren wegen des Wickelaufbaus unmöglich (dafür das „Zappen“ über alle Spuren dank des höhenverstellbaren Magnetkopfs), was auch Eigenaufnahmen weitgehend ausschloss, denn beim Programmzusammenstellen ging es zumindest bei der 10 min-Cartridge nicht ohne knifflige Rechenarbeit ab; bezeichnenderweise scheint es heute aussichtslos,

eine Angabe über die mögliche Spielzeit pro Spur (!) zu finden. Die 8-track-Cartridge war mechanisch zudem notorisch unzuverlässig. Fürs Auto mochte sie genügen, aber ein Spulentonbandgerät konnte sie nicht ersetzen. Kein Wunder, dass die 8-track-Cartridge nach 1975, als das Compact-Cassetten-System seriösen HiFi-Anforderungen genüge, rasch in der Versenkung verschwand. 1977 erledigte der renommierte amerikanische Journalist Craig Stark das Thema in angemessener Kürze. Nachdem er einen „industry spokesman“ zitiert hatte („a self-destruct mechanism“), fasste er zusammen: „Sooner or later the delicate balance between the front-side and the back-side of the endless-loop tape is bound to be upset; and every playing then tightens up the tape pack in the center until the cartridge jams.“³³⁴⁵

Der BASF-Beitrag zur 8-track-Cartridge: „lubricated tape LP 36“

In Deutschland – das wird für den westeuropäischen Markt ebenso gelten – hat die 8-track-Cartridge kaum richtig Fuß fassen können. Zwar beschworen zwischen 1973 und 1976 vereinzelte Presseberichte³³⁴⁶ einen bevorstehenden 8-track-Triumph, aber verglichen mit der Compact-Cassette blieben die Erfolge marginal.

1967 wird erstmals ein Tonband PES 36 aus Ludwigshafener Produktion genannt, „das für die Verwendung in Endloskassetten ohne Möbiusschleife bestimmt ist. Es ist ein einseitig mit magnetisierbarem Material beschichtetes Tonband, das auf der Rückseite eine sehr dünne und gerasterte Gleitschicht trägt.“³³⁴⁷ Bei seiner Entwicklung begegneten sich nach langer Zeit BASF und John Herbert Orr wieder, der ebenso umtriebige wie phantasiebegabte amerikanische Magnetbandhersteller. Die sentimentale Geschichte, wie Orr anno 1945 von Karl Pflaumer „das Rezept“ für die Magnetbandproduktion bekam (Seite 291), muss demnach einen wahren Kern haben:

After patenting the lubricated tape, he [J. H. Orr] retained the rights to it and, till the time of his death, received royalties from every company producing lubricated tape (except BASF, his way of repaying them for the original oxide formulae). While you might not think this would amount to much after the demise of 8-tracks, I once saw the royalty payment from Sony for one quarter of 1980 ... nearly \$380,000.³³⁴⁸



Abbildung 611: Die Lear-Jet-Cartridge (8-track-Cartridge), hier als Demonstrationsobjekt mit durchsichtiger oberer Gehäuseschale aus Willstätter Fertigung. Deutlich sichtbar ist die im Cartridge-Gehäuse gelagerte Andruckrolle.



Abbildung 612: Die „Microcassette“, hier stellvertretend gezeigt für viele kurzlebige analoge Kassettensysteme. – Die 9 x 35 x 50 mm große, nur 9 Gramm schwere Microcassette MC 60 hatte eine Spieldauer von 60 min bei der Bandgeschwindigkeit 2,4 cm/s. Das Band war 3,81 mm breit.

Und das bei einem immer etwas problematischen Band! Die Produktion war ein ständiges, mühevolleres Balancieren zwischen den geforderten Laufeigenschaften und dem Überkaschieren der Gleitmittelbeschichtung auf die Magnetschichtseite, was unvermeidlich zu Betriebsproblemen führte. Ein befriedigendes BASF-Produkt stand erst Ende 1971 zur Verfügung (300 bis 500 Stunden Betriebsdauer in standardisierter Cartridge) und, obwohl kein low-noise-Typ, auch in den elektroakustischen Werten konkurrenzfähig.³³⁴⁹ Doch schon 1972 mehrten sich Probleme wegen zu hohen Kopfabriebs, die nur eine neue Rezeptur hätte beheben können.³³⁵⁰ Überraschend bewährte sich LP 36 in einer Nischenanwendung, nämlich einem Schnellkopiergerät der Kürzeder-Firma Asona, München, wo es mit Geschwindigkeiten zwischen 76,2 cm/s und 3,04 m/s als Mutterband lief, allerdings unter wesentlich günstigeren konstruktiven Voraussetzungen als in der 8-track-Cartridge.³³⁵¹

Weitere Konkurrenten: Kurzlebige analoge Kassettensysteme

Zahlreiche weitere, durchweg kurzlebige Kassettensysteme, die teils mit erheblichem Promotionsaufwand in den Markt gebracht werden sollten, sind hier übergangen. Zu nennen wären allenfalls die in amerikanischen Rundfunkstationen weit verbreitete NAB-Kassette, eine professionelle Variante der 8-track-Cartridge, sowie die um 1971 auftauchende Hipac-Kassette,³³⁵² gewissermaßen die Miniaturausgabe der 8-track-Cartridge, sowie eine Fülle meist firmenspezifischer Klein-Kassetten für Diktiergeräte (Philips, Grundig, Olympus und auch anderen mehr). Eine interessante, aber allenfalls kurze Zeit erfolgreiche Kassette hatte der Konstrukteur des Tonbandgeräts Saba 600 SH, Franz Dobesch, 1964 unter dem Namen Sabamobil vorgestellt.³³⁵³ Eine um 1978 auftauchende Miniaturausgabe der Compact-Cassette namens Microcassette (mit den Streichholzschachtel-Abmessungen 55 x 34 x 8,5 mm)³³⁵⁴ wanderte – dort allerdings recht erfolgreich – rasch in den Diktiergeräte-Sektor ab. – Übergangen sind auch diverse Bauformen von Compact-Cassetten mit Endlosband³³⁵⁵ sowie mehrere Anläu-

fe, zu Cassetten mit Spieldauern von 2 x 90 min zu kommen, also zur kaum betriebssicheren C 180 (versuchsweise realisiert von TDK, übrigens mit einer SM-ähnlichen Bandführungshilfe,³³⁵⁶ ebenso von BASF). Gelegentliche Versuche, den Betrieb der Compact-Cassette mit der Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s zu propagieren (was sich „*qualitativ wesentlich stärker* [auswirkt] *als der Übergang von Chromdioxid- auf Reineisenband*“³³⁵⁷), blieben ergebnislos.

BASF-Tonband und das Compact-Cassetten-System

Als Philips 1963 / 1964 das Compact-Cassetten-System entwickelte, gehörte die Firma seit Jahren zu den größten Magnetbandkunden der BASF. Das Dreifachspielband PES 18 war gerade etwas länger als ein Jahr im Handel und eignete sich nicht zuletzt als dünnster Bandtyp des Marktes bestens für eine möglichst kompakte Kassette. So war das damalige Ludwigshafener Band PES 18, durchaus kein low-noise-Typ, schon in den ersten Compact-Cassetten zu finden;³³⁵⁸ Philips stellte die Recorder mit PES 18 Charge 277 581 ein, dem ersten 3,81 mm breiten DIN-Bezugsbandleerteil (1964).³³⁵⁹ In seinen elektromagnetischen Eigenschaften entsprach es den LGS-Bändern und war somit im Grund ein Produkt des Jahres 1953. Zwischen 1963 und 1966 beschränkte sich der BASF-Beitrag zur Compact-Cassette auf Lieferungen dieses Bandtyps; seit 1966 hieß es TP 18 (Triple Play tape, die Zahl stand für die nominelle Gesamtdicke in Mikrometern). 1966 / 1967 brachte nicht nur den Heimtonbändern die besseren Low-Noise-Typen, sondern auch der Compact-Cassette die neuen Vier- und Sechsfachspielbänder QP 12 und XP 9, in ihren elektromagnetischen Eigenschaften repräsentiert vom Vierfachspielband BASF QP 12, Charge C 521 V, dem ersten „DIN-offiziellen“ Bezugsband-Leerteil mit dieser Banddicke.³³⁶⁰



Abbildung 613: Die erste Compact-Cassette aus BASF-eigener Fertigung, Muster vom Dezember 1966.

Im Frühjahr 1966 erteilte Philips der BASF die „Erlaubnis“, komplette Compact-Cassetten im eigenen Haus herzustellen, Startsignal für den Aufbau der Endfertigung. Anfang 1967 startete die Produktion mit 10.000 Cassetten monatlich,³³⁶¹ dazu kamen erfreulich große Lieferungen von TP 18 und QP 12 an Recorderhersteller. 1966 besaßen schon 43 Tonbandgeräte-Erzeuger Philips-Lizenzen für die Compact-Cassette, davon allein 20 in Japan, und zusammen hatten sie bereits „mehrere Millionen“ Kassettengeräte abgesetzt.

Innerhalb von knapp zwei Jahren wuchs die Kapazität der BASF von 10.000 auf nicht weniger als 500.000 Compact-Cassetten pro Monat, so dass „eine weitere stürmische Entwicklung“ zu erwarten stand. Träger dieses Wachstums waren meist Verbrauchergruppen, die sich erst von der Compact-Cassette angesprochen fühlten,

wie Jugendliche, deren Taschengeld durchaus für einen preiswerten Recorder reichte, und Autofahrer, die lieber Musik von Cassetten als gestörte Rundfunksendungen hören wollten. Weitere potente Abnehmer kamen hinzu, als Mitte 1969 internationale Musikproduzenten wie CBS, RCA, EMI, Decca und Capitol bespielte Musicassetten in ihr Sortiment aufnahmen. Weniger erfreulich war, dass Mitbewerber aus den USA und Japan das Preisniveau von Leer-Cassetten in diesem Jahr um etwa 20 % drückten.³³⁶²

Detailverbesserungen einer bemerkenswerten Konstruktion

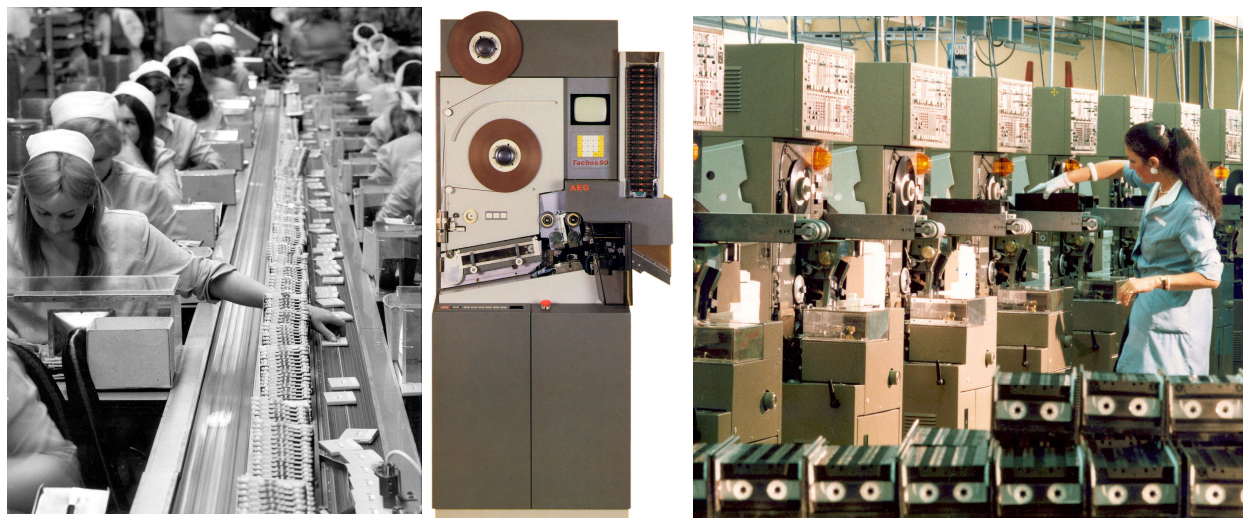
Weitere Neuerungen: zur Internationalen Funkausstellung Berlin 1967 präsentierte BASF die ersten Compact-Cassetten C 120 mit nur 9 µm „dickem“ Band.³³⁶³ Wie sich zeigen sollte, markierte dieser Typ praktisch die maximal nutzbare Spielzeit der Compact-Cassette, vorausgesetzt, die verwendeten Recorder waren einwandfrei gewartet und die eingeschränkte Aussteuerbarkeit (wegen der auf 3 µm begrenzten Schichtdicke) wurde beachtet. Natürlich führten die hohen Ansprüche an laufsichere C 120 auch zu Entwicklungen, die den Typen C 60 und C 90 zugute kamen. Als eines der ersten Elemente der Schoenmakers-Konstruktion wurden die unbedingt notwendigen Beilagefolien ausgewechselt, die das Festlaufen des Bandwickels am Gehäuse verhindern müssen. Diese Folien aus (grafitiertem) Teflon, metallbeschichtetem PVC oder Polyester sollten aufgrund ihrer inneren Spannung immer leicht gewölbt sein und federnd am Bandwickel anliegen und so den Lauf und das Aufwickeln des über seine Breite wenig „quersteifen“ C 120-Bands stabilisieren. Ohne diese seitliche Führung rutschte das Band nur zu leicht vom Wickel ab, geriet zwischen Bandwickel und Wickeldorn und lief fest, zerknitterte und zerriß. Das konnte schon geschehen, wenn die Beilagefolien aufgrund elektrostatischer Aufladung am Gehäuse „festklebten“. Eine erste Maßnahme war, den Beilagefolien radial von den Wickel-Löchern ausgehende Sicken einzuprägen, die das Band an definierten Punkten führten.³³⁶⁴

Der Verbesserungsvorschlag, zufällig archiviert, ist nur ein Beispiel dafür, wieviel Entwicklungsarbeit die an sich hervorragende Konstruktion der Compact-Cassette noch verlangte, bevor sie zu einem wirklich zuverlässigen Produkt ausreifte.³³⁶⁵ Spätere, noch wirksamere Beilagefolien waren z. B. parallel zur langen Kante der Compact-Cassette definiert geknickt („Knickfolie“). In der Tat waren es zahllose, zum Teil bemerkenswerte Ingenieursleistungen, die das Verbesserungs-Potential der bescheidenen „2-Loch-Minicassette“ ausschöpften und ihr erlaubten, immer anspruchsvollere Aufgaben hochwertiger Tonaufzeichnung zu erfüllen.

Schwerer wog ein anderes Konstruktionsdetail der Compact-Cassette. Für die Anforderungen von 1963 vollkommen ausreichend, hatte Schoenmakers nahezu alle bandführenden Elemente in die Cassette verlagert (das heißt, alle Bauteile, die den Lauf des Bandes bestimmen, insbesondere aber, aufgrund unvermeidbarer Toleranzen, seine Abweichungen vom idealen Bandpfad). Damit hatte er ungewollt eine problematische Verbindung zwischen den elektroakustischen Qualitäten der Compact-Cassette und dem Stand der Spritzgusstechnik hergestellt. Die später in IEC 94 formulierte Forderung „*Alle Bandführungen müssen senkrecht zur Bezugsebene Z sein*“³³⁶⁶ lässt in ihrer lakonischen Kürze nicht vermuten, wie viel Arbeit erforderlich war, um sie praxisgerecht umzusetzen. Das Problem verdeutlichen Episoden aus der Geschichte des DIN-Bezugsbands 4,75/3,81 FE, erstmals 1964 hergestellt und Anfang 1968 auch in Cassette ausgeliefert. Bereits nach einem Monat war die „*Lieferung in Cassetten wieder eingestellt, da CC zu schlecht*“ beurteilt (lies: vehement reklamiert) wurden. Erst mit dem Erscheinen des Chromdioxid-Bezugsbands 1972 lieferte BASF die 3,81 mm-Bezugsbänder wieder in Kassetten aus, und zwar in Gehäusen der für Datenaufzeichnung gedachten Compusette. Es dürfte auch an der Gehäuse-Präzision gelegen haben, dass die Signalfrequenz zum Einstellen des Tonkopfs bis 1968 bei nur 6,3 kHz (danach 10 kHz) lag und die ersten HiFi-Bezugsbänder mit einem bis 18 kHz erweiterten Frequenzbereich nicht vor 1974 erschienen.³³⁶⁷ In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, dass bereits 1970 „*für Cassetten-Bezugsbänder Spezialcassetten aus Metall mit exakten mechanischen Maßen*“ gefordert wurden,³³⁶⁸ ein Anspruch, den in vollem Umfang erst die Azimut-Präzisions-Kassetten der BASF erfüllten (Seite 509 ff.).

Phase II: Durchsetzung und Reifung

Die zweite Phase der Cassetten-Entwicklung bereitete sich, vom Publikum kaum bemerkt, „hinter den Kulissen“ vor. Philips' geschickte Lizenzvergabe-Praxis und die Verabschiedung erster Normen beziehungsweise Standards sicherten effizient die Einheitlichkeit des Systems und garantierten Verlässlichkeit, was das Käuferpublikum mit dem weltweiten Erfolg der Compact-Cassette honorierte.



Konfektionierung von Compact-Cassetten im BASF-Magnetbandwerk Willstätt:

Abbildung 614 (LINKS): Fertigung an Spultischen, überwiegend in Handarbeit, 1973.

Abbildung 615 (MITTE): Ein AEG-Telefunken-„Loader“ für Compact-Cassetten, Modell Tachos 90. Das Band von je einem der beiden Rohwickel wird automatisch in die Compact-Cassetten-Gehäuse eingespult, in denen sich bereits Wickelkerne und Vorspannband befinden.

Abbildung 616 (RECHTS): Eine „Loader-Straße“. Im Vordergrund unetikettierte Cassetten der „Design-Edition No. 1“

Bereits 1968 kam eine internationale Norm zustande (IEC 94, erste Fassung),³³⁶⁹ deren Einhaltung Philips bei ihren kostenlos vergebenen Lizenzen ebenso voraussetzte wie gewisse technische Mindestleistungen. Die Norm beschränkte sich sinnvollerweise darauf, alles für die Austauschbarkeit (Kompatibilität) Notwendige festzuschreiben. Auf der Mechanik-Seite waren das funktionswichtige Gehäuse-Abmessungen, auf der elektrischen Seite die Wiedergabeentzerrung, repräsentiert durch Bezugsbänder als Messnormal, und der Bezugsbandleerteil, später „Referenzleerband“ genannt, mit dem die aufnahmeseitige Uniformität der Recorder ebenso gesichert wurde wie die Kompatibilität der Cassettenbänder. Die sinnvollen Abgrenzungen in Norm wie Lizenzvertrag ließen Konstrukteuren und Bandherstellern genügend Freiraum, um ihre Produkte weiterzuentwickeln und marktgerecht zu differenzieren, sie verhinderten ebenso wirkungsvoll Alleingänge und „Varianten“. Als erster, auch von DIN 45 513 Blatt 6 vorgeschriebener Bezugsband-Leerteil wurde 1968 das Vierfachspielband BASF QP 12, Charge C 521 V, ausgewählt,³³⁷⁰ dem erst 1973 der LHS-Typ BASF TP 18, Charge T 308 S, nachfolgte; bemerkenswerterweise blieb C 521 V in Japan bis etwa 1977 in Gebrauch ³³⁷¹ (siehe Seite 507).

Die Compact-Cassette auf dem Weg zur High-Fidelity

Als im April 1966 die „HiFi-Norm“ DIN 45 500 erschien, war dem inflationären Gebrauch des vorher allenfalls subjektiv definierten Begriffs „High-Fidelity“ eine gewisse Grenze gezogen. In den zwiespältigen Ruf, den die Norm alsbald in HiFi-Puristenkreisen genoss, war sie indessen zu Unrecht gekommen, denn sie schrieb bewusst nur „*Mindestanforderungen*“ fest. Freilich war angesichts der sehr moderaten Ansprüche die Befürchtung verständlich, eine Anlage aus Geräten, von denen jedes eben nur die Mindestanforderung erfülle, könne insgesamt keineswegs „HiFi“-tüchtig heißen.

Von Tonband und Tonbandgeräten forderte DIN 45 500 (Blatt 4), die Aussteuerbarkeit (bei 333 Hz und 9,5 cm/s) anhand des Kriteriums Klirrfaktor 3 % zu messen, die Höhenaussteuerbarkeit dürfe nicht mehr als 15 dB niedriger liegen (was aufgrund der Amplitudenstatistik leidlich berechtigt war). Mit den Bandgeschwindigkeiten 9,5 cm/s und 19,05 cm/s war diese Forderung bequem zu erfüllen, nicht aber bei 4,75 cm/s, zunächst auch nicht von Compact-Cassetten. Die obere Grenzfrequenz selbst guter Recorder ging, objektiv gemessen, kaum über 10 kHz hinaus, und wenn erst noch mangelnder Gleichlauf und magere Dynamik ins Spiel kamen, konnte beim Compact-Cassetten-System von High-Fidelity noch lange keine Rede sein.

Hier schafften Neuerungen der Jahre 1970 und 1971 Abhilfe. In den USA kamen 1970 zwei hörbar wegweisende Recorder heraus, Advent 200 des amerikanischen HiFi-Spezialisten Henry Kloss und CAD-5 von Harman-Kardon (beide auf der Basis eines Nakamichi-OEM-Laufwerks), mit dem verblüffend wirksamen, elektronisch arbeitenden Rauschminderungssystem Dolby B.³³⁷² Zusammen mit Chromdioxid-Compact-Cassetten, die besonders Henry Kloss propagiert hatte,³³⁷³ und den (für damalige Verhältnisse) bemerkenswert guten Gleichlaufeigenschaften lieferten Advent 200 und CAD-5 den Beweis, dass auch die Compact-Cassette für hochwertige Musikwiedergabe geeignet war.³³⁷⁴ Beide Geräte rangierten zwar im obersten Preissegment, aber seit 1973 das Dolby B-System als integrierte Schaltung erhältlich war, brachten andere Firmen zügig preiswertere, hifi-tüchtige Recorder auf den Markt.

1971 – das große Jahr des Compact-Cassetten-Systems

Bei kaum einer anderen Messe dürfte BASF so bedeutende Neuheiten gleichzeitig vorgestellt haben wie anlässlich der Funkausstellung Berlin 1971: als Beitrag zur Betriebssicherheit im Compact-Cassetten-System erntete die Spezial Mechanik / Security Mechanism SM erfreuliches Aufsehen, und vor allem wurden die Chromdioxid-Cassetten BASF C 60, C 90 und C 120 vorgestellt. Wegen ihrer ausgezeichneten Höhenaussteuerbarkeit, verbunden mit niedrigem Grundrauschen, weckten sie berechtigte Hoffnungen, auch das Compact-Cassetten-System könnte bald HiFi-Ansprüchen genügen.

BASF Sicherheits Mechanik / Security Mechanism SM

Die bemerkenswert dünnen Bänder für die Compact-Cassetten C 90 und C 120 stellten nicht zuletzt auch an die Magnetband-Schneidetechnik neue Anforderungen. Die genormte Breite 3,81 mm (beziehungsweise mit praxisgerechter Toleranzausnutzung 3,78 mm) einzuhalten, war noch das geringste Problem. Das ideale Magnetband ist natürlich „linealgerade“ (Fachausdruck: geringe Säbelförmigkeit beziehungsweise Geradheitsabweichung) und sein Querschnitt streng rechteckig mit sauber ausgebildeten Kanten. Die letzte Forderung ist besonders kritisch, da hier die unterschiedlichen „Härten“ von Folie und Schicht, ihre Eigenschaften und die jeweils angewandte Schnitttechnologie in das Ergebnis eingehen.

Schlecht geschnittene Bänder, soviel leuchtet auch ohne genauere Kenntnis des hochkomplizierten Schneidvorgangs ein, wickeln schlecht, das heißt, aus dem Bandwickel werden mehr oder weniger viele Windungen mehr oder weniger weit herausstehen; ebenso kann sich der Wickel tellerförmig nach einer Seite hochkrümmen. Beim schnellen Umspulen kommen noch Effekte wie das Aufschwimmen des Bandes auf einem eingewickelten Luftpolster hinzu. Was bei Spulentonbändern „nur“ bedenklich aussieht, wegen der geräteseitigen Bandführung aber erst bei regelrechten Verdehnungen auch hörbar wird, kann bei der Compact-Cassette fatale Folgen haben: wird der Bandwickel so uneben, dass er den Freiraum zwischen den beiden Kassettenschalen ausfüllt, läuft das Band fest und kann reißen, meist ist die Kassette damit unbrauchbar. Passiert das bei Aufnahme oder Wiedergabe und der Recorder schaltet nicht automatisch den Bandvorschub ab, kann sich das Band auch um die Tonwelle wickeln oder an sonstigen Bauteilen verfangen, so dass eine defekte Kassette nur mit Geschick und Aufwand, teils erst nach Geräte-Demontage, herausgelöst werden kann.

Ein anderes Problem der Compact-Cassette waren die „Umklapper“, das heißt, Kassetten, bei denen das Band vom Wickel abrutschte und sich im Kassetten-Innern verding. Dieses Problem trat gehäuft beim nur 9 µm dicken C 120-Magnetband wegen seiner geringen Quersteifigkeit auf. Ursache waren hier unter anderem nicht erkannte oder nicht berücksichtigte Zusammenhänge zwischen der Reibung des Bandes an allen bandberührenden Teilen einerseits und der Dimensionierung des Bandantriebs im Recorder andererseits (Drehmomente und erforderliche beziehungsweise zulässige Bandzüge in allen Betriebsarten).³³⁷⁵

Festläufer und Umklapper standen in den ersten Reklamations-Statistiken des Compact-Cassetten-Systems weit oben, allerdings konnte auch eine dejustierte Andruckrolle im Recorder ähnliche Schäden verursachen. Wenn nämlich das Band beim Einlaufen zwischen Tonwelle und Andruckrolle Falten warf, wurden sie derart „eingewickelt“, dass das Band zonenweise in dreifacher Lage gefalzt war. Natürlich wuchs nun der Bandwickel

auf derartige Durchmesser an, dass er sich an einer Gehäuse-Schmalseite einklemmte und die Kassette blockierte. Die Folgen waren die gleichen wie beim Festlaufen extrem unebener Bandwickel, nur ging das „Einwickeln“ eindeutig auf einen Recorderfehler zurück. – Je mehr Bandwindungen in der Kassette, desto größer das Festlauf-Risiko, das heißt, C 90, mehr noch C 120 waren besonders betroffen. Bei BASF gab es um 1970 ein ärgerliches Missverhältnis zwischen der elektroakustischen Qualität der Kassetten-Bänder und den problematischen Laufeigenschaften beziehungsweise der unbefriedigenden Betriebssicherheit ihrer Kassetten.³³⁷⁶



Abbildung 617 (LINKS): eine BASF-Compact-Cassette C 120 mit Sicherheits Mechanik SM (Security Mechanism) und Wickelbremse (die an beiden Wickeln anliegende Kunststoff-Blattfeder), Stand von Herbst 1971.
Abbildung 618 (RECHTS): BASF chromdioxid C 90 SM, Stand von etwa 1975.

Das von BASF entwickelte Verfahren, die Compact-Cassette betriebssicherer zu machen, lief darauf hinaus, mittels einer Art Wickelhilfe das Band beim Aufwickeln so zu führen, dass es faktisch nicht nach oben oder unten ausweichen konnte, also „zwangsgeführt“ ebene Wickel bildete, die nirgends in der Kassette anstießen. Die Bandführung wurde realisiert als Sicherheits Mechanik / Security Mechanism SM:³³⁷⁷ zwei bewegliche Hebel, an der Spitze flach U-förmig, führten das Band bis unmittelbar vor dem Auflaufen auf den Bandwickel. Ihren wichtigsten Beitrag leistete die SM natürlich beim Aufwickeln; dass das Band bereits beim Abwickeln in konstanter Höhe geführt wurde, war zwar vorteilhaft, aber weniger gewichtig. Schließlich mussten SM-Hebel schon deswegen paarweise vorhanden sein, weil die Compact-Cassette bekanntlich „wendesymmetrisch“ gebaut ist.

Eingeführt wurde das „völlig neuartige ... Führungselement“³³⁷⁸ Sicherheits Mechanik SM zur Funkausstellung Berlin 1971, und zwar als Komponente der großen Neuheit dieser Messe, der BASF-Chromdioxid-Compact-Cassetten. In den Kassettentypen C 60 und C 90 (ab Anfang 1972 auch in LH-³³⁷⁹ dann in allen Typen bis etwa 1986) erwies sich SM als probates Mittel gegen das Festlaufen, verlor bei diesen Kassetten aber anfangs der 1980er Jahre an Bedeutung, als nicht zuletzt auch geräteseitige Verbesserungen das Festlaufproblem entschärft hatten. Unentbehrlich blieb SM (intern als „Elefantenzahn“ apostrophiert) lange in den C 120-Kassetten als Garant für schöne Bandführung und hohe Betriebssicherheit.³³⁸⁰ Unterstützt wurde sie hier von einem federnden, schmalen Kunststoffstreifen, der das Band an der gefährlichsten Stelle am Abrutschen hinderte, nämlich dort, wo es am Wickel auflief.³³⁸¹ Ein indirekter Beweis für die Wirksamkeit dieser Anordnung war, dass BASF bei den C-120-Kassetten immer höhere Marktanteile hatte als bei C 60 und C 90, und das ist nur mit positiven Erfahrungen der Verbraucher zu erklären. – Einen unerwarteten Effekt zeitigte die SM insofern, als „der Einfluß der negativen Geräte-Eigenschaften jetzt in sehr vielen Fällen ganz klar erkennbar“ wurde, was insbesondere die Reklamationsbearbeitung (und die daraus zu ziehenden Schlüsse) vereinfachte.³³⁸²

Exkurs XVI: Elektronische Rauschminderung: Dolby B, C und S

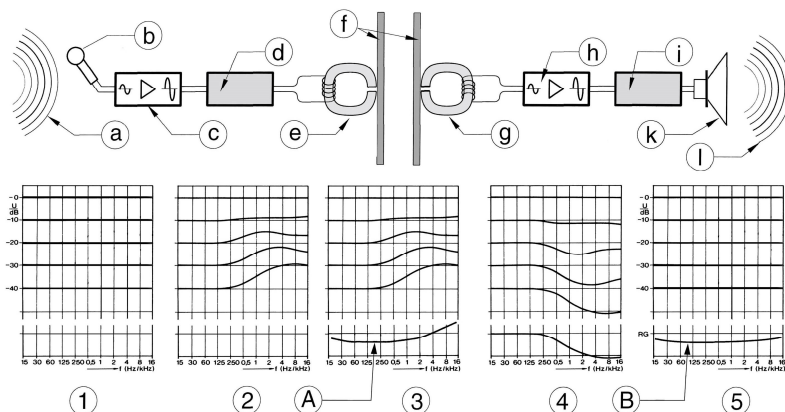
Was die Compact-Cassette mit Bandentwicklungen allein noch nicht erreichen konnte, nämlich hifi-gerechte Dynamik, gelang ihr Anfang der 1970er Jahre mit der elektronischen Rauschminderung nach dem Verfahren Ray Dolbys, dessen Gerät Dolby A, die professionelle Variante, Jahre zuvor in Tonstudios Karriere gemacht hatte. Die vereinfachte Version, Dolby B, war bereits 1967 entwickelt und in zwei Spulenbandmodellen eingebaut worden, fand ihren eigentlichen Markt aber erst 1970, als die japanische Firma Nakamichi für die beiden amerikanischen Hersteller Fisher und Advent hochwertige Laufwerke lieferte, die den Qualitätsvorstellungen Dolbys genügten (wie übrigens auch in den Lizenzbestimmungen gefordert). Galt die Kritik anspruchsvoller Hörer bis dahin in erster Linie dem doch lästigen höherfrequenten Rauschen der Compact-Cassette, setzte Dolby B genau hier an: es senkte das Rauschen um etwa 8 – 10 dB ab, einer Größenordnung, von der Bandentwickler nur träumen konnten.³³⁸³ Was bereits für Dolby A galt, traf auch auf das deutlich preiswertere Dolby B zu: die Umsetzung psychoakustischer Erkenntnisse in elektronische Schaltungen war eindrucksvoll gelungen. Seit Dolby B auch als integrierte Schaltung angeboten wurde, mithin der Preis für diesen Zusatznutzen erschwinglich wurde, gab es kaum noch hochwertige Compact-Cassetten-Recorder ohne dieses Merkmal. Andere Verfahren versuchten auch hier ihr Glück, kamen aber durchweg nicht über marginale Anteile hinaus.

Dolby C, eine „intensivierte“ Variante von Dolby B, erschien (nicht zuletzt als Reaktion auf den Konkurrenten dbx) 1981; diese Neuheit versprach sogar etwa 20 dB Rauschabsenkung, so dass bei sinnvoller Lautstärke so gut wie kein Bandrauschen mehr hörbar war. Eine weitere Entwicklung, genannt Dolby S, Erbe des professionellen Dolby SR-Bausteins, kam 1989 / 1990

heraus, doch zu dieser Zeit hatte das Interesse an weiterentwickelten Compact-Cassetten-Recordern schon so weit nachgelassen, dass die S-Variante eher eine Rarität blieb, obwohl als Rauschminderung in den Höhen 24 dB, in den Tiefen 10 dB angekündigt waren – damit hätten Dolby S-Recorder selbst gegen die digitalen DAT-Recorder nicht allzu schlecht abgeschnitten.³³⁸⁴ Ebenso Rarität blieb auch ein Schaltungsprinzip, das Dolby 1979 vorgestellt hatte: Dolby HX (für „headroom extension“, etwa Erweiterung des Hochton-Aussteuerungsbereichs) tauschte den normalerweise fixen Arbeitspunkt (HF-Vormagnetisierungsstrom) gegen eine „dynamische“ Vormagnetisierung aus. Das ist so zu verstehen: bei hochtonreichen Musikpassagen verringert Dolby HX den Vormagnetisierungsstrom, mit der Folge, dass nun in einem Bereich besserer Hochton-Aussteuerbarkeit des Magnetbands aufgezeichnet wird.³³⁸⁵ Als hörbares Ergebnis galten geringere Verfärbungen im Hochtonbereich, bald mit „gesteigerter Durchsichtigkeit“ beschrieben.

Die Verdienste Ray Dolbys charakterisiert ein amerikanischer Fachmann 1998 durchaus treffend: „Dolby had created a product that the consumer found desirable and acceptable. Broad acceptance of this noise reduction system has made Dolby a worldwide household name over the past three decades.“³³⁸⁶

Abbildung 619: Prinzip-Darstellung des Dolby-B-Rauschminderungs-Systems: (a) Schallwellen, (b) Mikrofon, (c) Aufnahmeverstärker, (d) Rauschminderungs-Schaltkreis Aufnahme (Encoder), (e) Magnetkopf / Aufnahme, (f) Magnetband, (g) Magnetkopf / Wiedergabe, (h) Wiedergabeverstärker, (i) Rauschminderungs-Schaltkreis Wiedergabe (Decoder), (k) Lautsprecher, (l) Schallwellen; ① Frequenzgang Original-Signal (vier Lautstärke-Stufen), ② Frequenzgang des Encoders (je niedriger der Pegel in höheren Frequenzbereichen, umso stärkere Anhebung), ③ Frequenzgang der auf dem Magnetband aufgezeichneten Signale, dazu (A) Bandrauschen; ④ Frequenzgang Decoder („spiegelbildlich“ zu ②), ⑤ Frequenzgang Wiedergabe-Signal mit vermindertem Bandrauschen (B). Die Arbeitsweise des Dolby-B-Systems lässt sich auch als *pegelabhängige dynamische Entzerrungs-Optimierung* erklären.



Chromdioxid als neues Magnetmaterial für Compact-Cassetten

BASF war keineswegs der erste Magnetbandproduzent, der mit Chromdioxid-Bändern auf den Markt kam. DuPont-Magnetbänder oder von anderen mit Zukauf-Pigment gefertigte Bänder hatten ihre Premiere bei Philips zunächst als ½-Zoll-Videoband absolviert (Seite 567); Memorex führte um 1970 / 1971 Chromdioxid-Cassetten im Sortiment, nachdem Agfa bereits 1970 Kassetten aus einem von der Bayer AG entwickelten (und abweichend vom duPont-Verfahren tellur-dotierten) Chromdioxid vorgestellt hatte.³³⁸⁷ Im Frühjahr 1971 spekulierte die englische Fachpresse, welche Vorteile Chromdioxid dem Spulentonband bringen könnte, fand jedoch keine Fortschritte in einer Größenordnung, die den höheren Materialpreis gerechtfertigt hätte.³³⁸⁸



Abbildung 620: 1970 präsentierte Agfa-Gevaert zur Funkausstellung Düsseldorf die ersten in Europa gefertigten Chromdioxid-Compact-Cassetten (mit einem von der Bayer AG hergestellten tellur-dotierten Pigment).

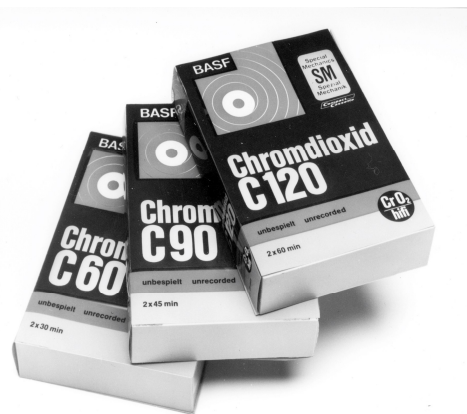


Abbildung 621: Die ersten Chromdioxid-Compact-Cassetten der BASF, vorgestellt auf der Berliner Funkausstellung im Jahr 1971.

Als BASF 1971 als erstes Chromdioxid-Produkt (wenn auch mit Zukauf-Pigment) ein komplettes Sortiment von Compact-Cassetten – C 60, C 90 und vor allem C 120 – vorstellte, signalisierte dieses Engagement des weltweit zweitgrößten Magnetbandherstellers, dass Chromdioxid keine Spezialität mit marginalem Einsatzbereich bleiben, sondern zu einer überlegenen Alternative zu Eisenoxidpigmenten ausgebaut würde, und zwar aufgrund seiner besonderen Eignung zum Aufzeichnen kurzer Wellenlängen. Es ist nicht zuviel gesagt: BASF hat das Chromdi-

oxid durchgesetzt, auch und besonders im Videobereich (siehe Seiten 525 und 564). Dieses Signal veranlasste andere Magnetpigment-Hersteller, intensiv über Eisenpigmente zu forschen, wobei insbesondere die Dotierung, später die epitaxiale Umhüllung mit Fremdelementen, zu neuartigen Pigmenten führte, die sich, alles in allem, mit dem (ebenfalls kontinuierlich verbesserten) Chromdioxid messen konnten.

Wer 1971 die Messeneuheit BASF Chromdioxid-Cassette ergattert hatte und sie mit einem halbwegs leistungsfähigen Recorder ausprobierte, konnte bald abschätzen, welches Potenzial Chromdioxid bot: die zwar etwas höhenlastige, aber vergleichsweise klare und durchsichtige Musikwiedergabe zeigte unüberhörbar ihre Vorteile gegenüber dem damaligen Eisenoxid-Magnetband. Messtechnisch war nachzuweisen, dass Chromdioxid andere Betriebsbedingungen (ca. 2 – 2,5 dB höhere Vormagnetisierung und 50 – 90 % stärkere Löschströme) sowie eine weniger starke Aufnahmeentzerrung verlangte, vor allem wegen der von 25 kA/m (310 Oe) auf 36 kA/m (450 Oe) gesteigerten Koerzitivfeldstärke. Dafür bot es, mit einer Tiefenaussteuerbarkeit und Rauschen auf LH-Niveau, gut 8 dB mehr Höhenaussteuerbarkeit. Wenn, einfach gesagt, LH-Kassetten keine HiFi-Musikaufzeichnung leisten konnten (nach der Definition von DIN 45 500), sollte das mit den Chromdioxid-Kassetten zunehmend besser gelingen.³³⁸⁹

Nicht nur im Rückblick, sondern schon in den Jahren 1970 / 1971 signalisierte das Trio Chromdioxid-Kassette – Dolby-Rauschminderung – Chromdioxid-optimierte Spitzen-Recorder, dass das Compact-Cassetten-System dicht davor stand, nach dem Sektor „anspruchsvolle Musikunterhaltung“ jetzt auch das ebenso anspruchsvolle wie prestigeträchtige Gebiet „gehobene Musikwiedergabe“ zu erobern. Anders gesagt: vom einfachen Radiorecorder über Mittelklasse-Stereogeräte bis zu HiFi-Recordern erwies sich die Compact-Cassette, nicht zuletzt auch die MusiCassette, als akustisches Allround-Unterhaltungssystem. Sie hatte die Einführungsphase mit Bravour abgeschlossen und stand jetzt vor der Durchsetzung: die Compact-Cassette musste die Oberhand gegenüber Spulentonbandgeräten und konkurrierenden Kassettensystemen gewinnen.

Wichtige „Hilfsmittel“ dazu waren der DIN-Bezugsbandleerteil, zu dem 1971 das BASF-Chromdioxidband TP 18, Charge C 401 R, bestimmt wurde (es konnte sich immerhin bis Ende 1979 behaupten), und das DIN-Bezugsband 4,75/3,81, von BASF erstmals im Juli 1972 ausgeliefert, und zwar mit den Entzerrungs-Zeitkonstanten $70 + 3180 \mu\text{s}$. Beide Messbänder waren zur gleichen Zeit verabschiedet worden. Diese schon 1971 kritisierte Änderung – für Eisenoxid-Bänder blieben nach wie vor die Zeitkonstanten $120 + 3180 \mu\text{s}$ gültig – reduzierte zwar das Wiedergabe-Rauschen von Chromdioxid-Kassetten um etwa 3 – 4 dB (womit eine der Mindestanforderungen der HiFi-Norm DIN 45 500 erfüllt war), verringerte aber zwangsläufig ihre Höhenaussteuerbarkeit um etwa 4,5 dB. Diese Änderung galt später als „historischer Fehler“,³³⁹⁰ weil zugunsten der Tiefendynamik beziehungsweise möglichst geringen Rauschens ein guter Teil der Chromdioxid-Überlegenheit geopfert worden war.³³⁹¹ Das war umso bedauerlicher, als etwa seit 1973 zunehmend Compact-Cassetten-Recorder mit Dolby B aufkamen, die das Rauschen mit elektronischer Hilfe wirksam zurückdrängten.

Die Steigerung von LH: LH super

Im Sommer 1973 bemusterte BASF ausgesuchte Firmenkunden mit einem neuen Eisenoxid-Magnetbandtyp, LH super (meist LHS), der als Spulenband wie auch in Compact-Cassetten angeboten wurde. Interessanterweise wurden zwei verschiedene Oxide eingesetzt: für das Spulenband eine Eigenentwicklung, für Compact-Cassetten-Bänder das Produkt MO 2228 der US-amerikanischen Firma Pfizer.³³⁹²

Dank dieser neuartigen Eisenoxide und neuentwickelter Rezepturen stieg die Aussteuerbarkeit generell um 2 – 3 dB an; wenn nur bis zum Maximalniveau der LH-Bänder ausgesteuert wurde, traten merklich weniger Verzerrungen auf (Gewinn an Klirrdämpfung: 10 dB).³³⁹³ Wie schon bisher die Regel, hatten die Pigmentnadeln des neuen Typs geringere Volumina als sein Vorgänger; neu am LHS-Pigment war die ungewohnt saubere Form der Kristallnadeln ohne Porositäten oder Verästelungen, die, wie zu erwarten, auch weniger Rauschen produzierten. Wegen der guten „Packbarkeit“ ihres Pigments besaßen LHS-Kassettenbänder eine deutlich höhere Remanenz als LH-Oxide (ca. 156 mT gegenüber 115 mT), ungewöhnlich war dabei, dass die Koerzitivfeldstärke abgesunken war (23,7 kA/m gegenüber 25,9 kA/m³³⁹⁴) – der Arbeitspunkt des LHS-Bands lag bei niedrigeren Vormagnetisierungs-Stromwerten als bei LH (rein rechnerisch –0,8 dB). Als typisches LHS-Band wurde das BASF-Band TP 18 LHS, Charge T 308 S, im Sommer 1975 als DIN-Bezugsleerbandteil (nach DIN 45 513/6) bestätigt,³³⁹⁵ das damit den LH-Leerteil C 521 V ablöste.³³⁹⁶ (siehe dazu auch Tabelle 36, Primäre IEC-Referenzleerbänder für Heimton- und professionelle Anwendungen, Seite 651).

Seine offizielle Vorstellung erlebte der neue Bandtyp bei der Hannover-Messe 1974,³³⁹⁷ und zwar als vollständiges Sortiment: Lang-, Doppel- und Dreifachspielband für Spulengeräte und SM-Kassetten C 60, C 90 und C 120 für Compact-Cassetten-Recorder. LH super-Kassetten überbrückten den (nicht zuletzt auch preislichen) Abstand zwischen LH- und Chromdioxid-Kassetten. Anfang 1974 machten die LHS-Kassetten etwa 22 % der BASF-Produktion aus; die mittlerweile in bunten Gehäusen gelieferten LH-Kassetten nicht weniger als 66 % und die Chromdioxid-Kassetten ganze 11,5 %, ihre Herstellkosten waren schon doppelt so hoch wie die von LH.³³⁹⁸

Phase III: Allgemeine Anwendung

Hatte das Compact-Cassetten-System bis etwa 1972 den Bereich „leichte musikalische Unterhaltung“ erobert und anschließend, in der Kombination von „klavierfesten“ Recordern, Rauschminderungssystemen und hifi-fähigen Magnetbändern, die Unter- und Mittelklasse der Spulentonbandgeräte verdrängt, kennzeichnet die Phase

der „allgemeinen Verwendung“ nichts besser als die kleinen, batteriebetriebenen und für Kopfhörerbetrieb gedachten Kassettengeräte, als deren Prototyp Sonys *walkman* von 1979 gelten muss. Wie erst 2004 bekannt wurde, ist der *walkman* genau genommen eine deutsche Erfindung. Der „studierte Philosoph“ Andreas Pavel hatte nämlich schon 1977 einen funktionsgleichen, *Stereobelt* genannten Prototyp vorgestellt und sich diese Erfindung international patentieren lassen. Sony einigte sich nach einem langjährigen Patentstreit mit Pavel erst fünf Jahre nach dem Tod des Firmengründers Akio Morita, der sich immer selbst als *walkman*-Erfinder stilisiert hatte.³³⁹⁹ Eigentlich ein Markenname, bezeichnete *walkman* alsbald eine breite Palette vom eher anspruchslosen, leichtgewichtigen Nur-Wiedergabegerät bis hin zum „Kompakt“-Kassettenrecorder mit nahezu professioneller Aufnahmequalität. Millionen dieser Geräte sorgten für einen ständig wachsenden Markt; die entsprechende Nachfrage nach Compact-Cassetten hatte eine bemerkenswert breite Auffächerung des Angebots zur Folge, das von simpelsten Eisenoxid-Kassetten bis zu extrem teuren Metallpigment-Kassetten (z.B. TDK MA-R im Metallrahmen-Gehäuse) reichte.³⁴⁰⁰ Zu den unvermeidlichen Attributen eines marktbeherrschenden Produkts gehörten auch minderwertige Ware bis hin zu grotesken Fälschungen von Markenprodukten.³⁴⁰¹

Normungsarbeit für das Compact-Cassetten-System ³⁴⁰²

Grundsätzlich existierten Normen für das Compact-Cassetten-System bereits seit den späten 1960er Jahren (Seite 503), doch zeigte sich um 1975, dass hier noch weitergehende Absprachen zu treffen waren. Auslöser war unbeabsichtigt der DIN-Bezugsbandleerteil T 308 S, Repräsentant der LHS-Magnetbänder. Kommunikationsprobleme, besser gesagt: versäumte eindeutige Absprachen und überholte Prozeduren, hatten faktisch verhindert, dass T 308 S in Japan zur Kenntnis genommen wurde, wo noch lange der Leerteil C 521 V als Maßstab für Bandentwicklung und Geräteeinstellung galt. Doch Japans Bandhersteller hatten ihren früheren Rückstand gegenüber dem technischen Stand der führenden Produzenten BASF, Agfa und 3M spätestens 1972 aufgeholt. Neuere japanische Bänder zeigten – bei einer deutlichen Tendenz zu höherkoerzitativen Pigmenten – durchaus mit LHS vergleichbare Werte, jedoch bei einem höheren Arbeitspunkt, der eher mit dem des C 521 V übereinstimmte. Die Folge war, dass LHS-Bänder auf neuen japanischen Recordern dumpf klangen, weil der Aufzeichnungsfrequenzgang zu den Höhen hin deutlich abfiel ³⁴⁰³ – ein klassisches Kompatibilitäts-Problem, das nur der Unvereinbarkeit von Band und Gerät geschuldet war. Umgekehrt klangen japanische Kassetten auf (nach T 308 S eingestellten) Recordern europäischer Hersteller besonders brillant, weil bei dieser Kombination der Aufzeichnungsfrequenzgang folgerichtig zu den Höhen hin anstieg.

Für den Altgerätebestand und die neueren Recorder aus europäisch-amerikanischer Produktion führte BASF die bisherige LHS-Linie (nach einer vor allem Quietschprobleme eliminierenden Rezepturänderung³⁴⁰⁴) als ferro super LH weiter (Kassetten-Kennfarbe rot wie bei LHS, ab Mitte 1980 wird das Produkt nicht mehr genannt ³⁴⁰⁵). Gleichzeitig erkannte man aber, angesichts der in absehbarer Zeit zu erwartenden Dominanz der japanischen Recorderproduktion, die Notwendigkeit, 1978 / 1979 ein weiteres Eisenoxidband für den Kassettentyp ferro super LH I zu entwickeln,³⁴⁰⁶ dessen Koerzitivfeldstärke bei 29,5 kA/m (370 Oe) lag und damit den japanischen Realitäten entsprach.³⁴⁰⁷ Die Kennfarbe dieser Kassetten war ein dunkles Grün.

Abbildung 622: Auftakt und Höhepunkt einer Entwicklungslinie. (LINKS): der Philips „taschenrecorder“ 3300 von 1963, (RECHTS): der Sony-„walkman“ WM-D6C mit Dolby B und C, hier mit einer C-120-Metallpigmentkassette. Jeder der beiden Recorder verkörpert die zu seiner Zeit mögliche Ausnutzung des Potentials der Compact-Cassetten-Technik. Übrigens wurde der WM-D6C nicht weniger als 18 Jahre lang (1984 – 2002) gefertigt – das ist rekordverdächtig.³⁴⁰⁸



Internationale Normung fördert die allgemeine Anwendung

Die Turbulenzen bei Eisenoxid-Bändern wurden in erfreulich enger Kooperation zwischen europäischen und japanischen Organisationen im Rahmen der IEC (International Electrotechnical Commission) gelöst, wobei BASF eine besondere Rolle zufiel. Diese Zusammenarbeit, deren Ergebnisse im international verbindlichen Standard IEC 94 (beziehungsweise der deutschen Fassung DIN IEC 94) festgeschrieben sind, brachte Einigkeit darüber, die Magnetbänder für Compact-Cassetten in vier präzisierte Klassen zu gruppieren, wobei Referenzleerbänder (*reference tapes*) – genauer: ihre für die Kompatibilität zwischen Magnetband und Recorder relevanten Eigenschaften – die zentrale Rolle spielten. Das schloss natürlich ein, die Referenzleerbänder in sinnvollen Zeitabständen den Entwicklungstendenzen anzupassen, wie das 1987 mit dem Referenzleerband IEC II (neu: U 564 W von BASF) und 1995 mit den Referenzleerbändern IEC I (neu: Y 348 M von BASF) und IEC IV (neu: MJ 507 A

von TDK) geschah. Die Bedeutung solcher „Urmeter“ für das Compact-Cassetten-System kann nicht hoch genug eingeschätzt werden; IEC 94 trug entscheidend dazu bei, dass sich die Compact-Cassette weltweit durchsetzte und sich zum bedeutendsten Audio-Unterhaltungssystem entwickelte. Erst gegen Ende des Jahrtausends lösten digitale, plattenförmige Träger (wie CD, Minidisk, DVD) die Compact-Cassette ab.

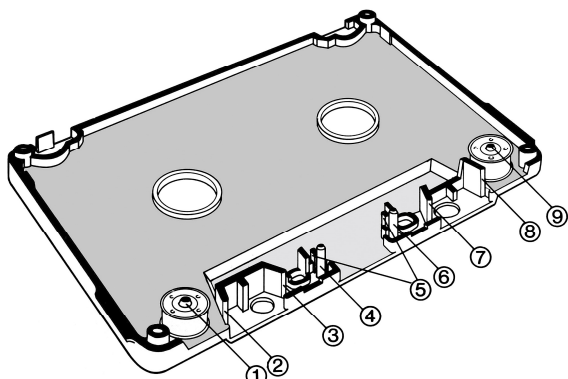


Abbildung 623: Die bandführenden Elemente der Compact-Cassette: ① Umlenkrolle und Rollenachse links, ②, ③ Stege links, ④ Stift links, ⑤ Widerlager der Andruckfeder, ⑥ Stift rechts, ⑦, ⑧ Stege rechts, ⑨ Umlenkrolle und Rollenachse rechts.

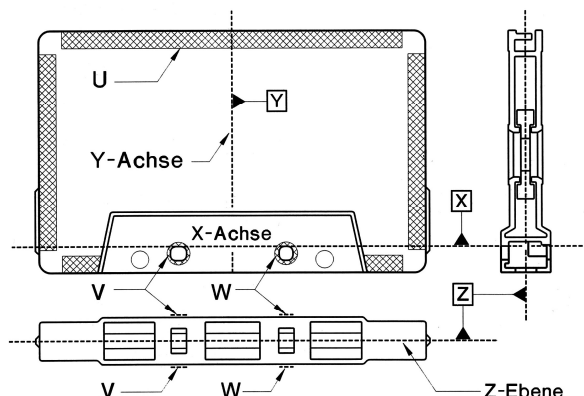


Abbildung 624: Die Lage der Bezugsflächen U, V, W, X, Y sowie der Bezugsebene Z (nach DIN IEC 94, Teil 7).

Abbildung 625: Einige gängige Magnetkopf-Konfigurationen von Compact-Cassetten-Recordern. Kombikopf-Recorder (A) verwenden für Aufnahme und Wiedergabe einen gemeinsamen Magnetkopf. (B), (C) und (D): in Dreikopf-Recordern arbeiten spezielle Aufnahme- und Wiedergabe-Köpfe. Je nach Anordnung ändern sich die Anforderungen an die Bandführung in der Compact-Cassette.

- ① Löschkopf
- ② Aufnahmekopf,
- ③ Wiedergabekopf.

Dargestellt sind Compact-Cassetten mit der „Spezialmechanik“ der BASF.

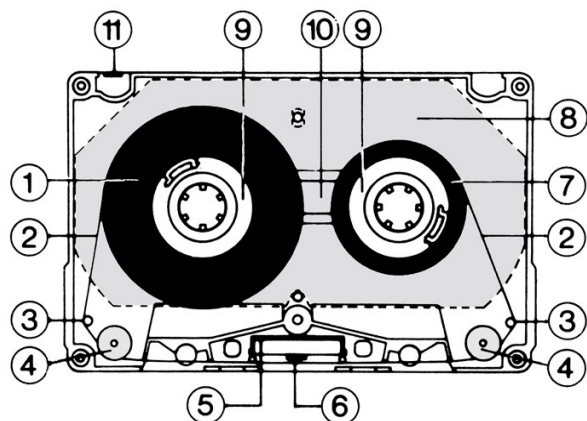
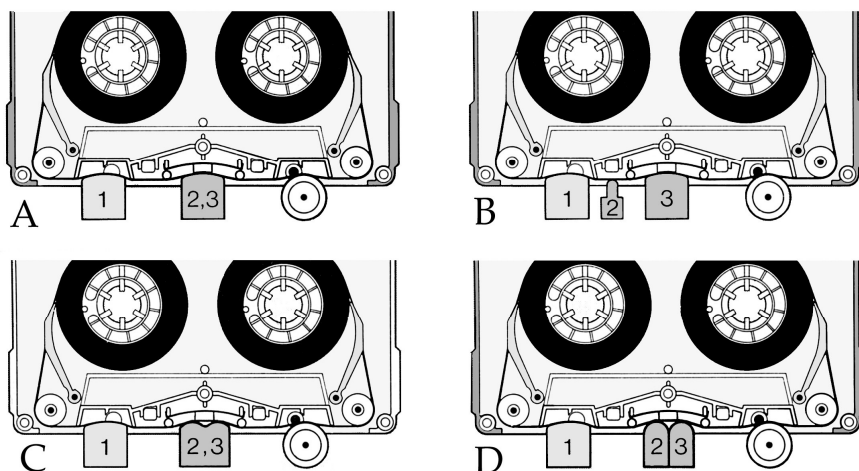


Abbildung 626: Innenaufbau der Compact-Cassette: ①linker Bandwickel, ② Magnetband, ③ Umlenkstift, ④ Umlenkrolle, ⑤ Abschirmung, ⑥ Andruckfeder mit Filzpolster, ⑦ rechter Bandwickel, ⑧ Beilagefolie, ⑨ Wickelkern mit Zahnkranz, ⑩ Sichtfenster und (11) Löscher-Sicherungs-lasche.

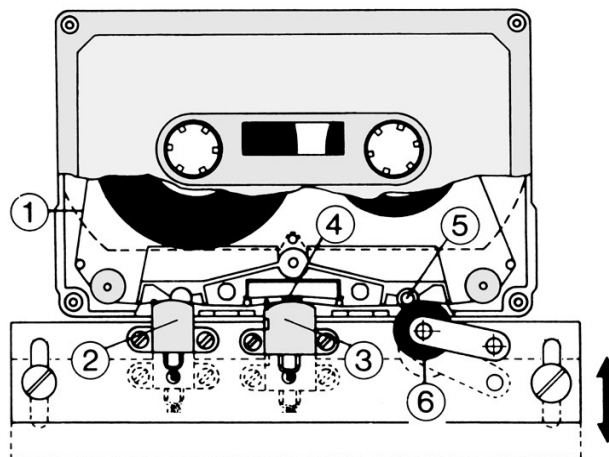


Abbildung 627: Prinzip des Magnetbandlaufs im Cassettenrecorder. ① Magnetband, ② Löschkopf, ③ Tonkopf, ④ Andruckfeder mit Filzpolster, ⑤ Tonwelle, ⑥ Gummipolster. Gestrichelt: Ruhestellung der Montageplatte.

Auch für den Spulenbandbereich wurden IEC-Referenzleerbänder definiert, die jedoch nur geringe Bedeutung hatten: einerseits verschwanden bald nach Festlegung die (Heim-)Spulenbandgeräte, andererseits wurden professionelle Magnetbandgeräte im Normalfall periodisch geprüft und bei Bedarf neu eingemessen, natürlich auf den aktuell bevorzugten Magnetbandtyp. – Differenzierte Festlegungen trafen IEC-Gremien auch für die Bezugsbänder – unerlässlich für normgerechte Wiedergabe – samt ihren diffizilen Produktionsproblemen,³⁴⁰⁹ was Außenstehende verständlicherweise weniger aufmerksam registrierten.³⁴¹⁰

Das Compact-Cassetten-Gehäuse: ein Präzisionserzeugnis

Wie oben erläutert (Seite 503), musste die Compact-Cassette mit dem Handicap leben, dass die Mehrzahl der bandführenden Elemente nicht im Gerät, sondern im Kassettengehäuse eingebaut ist. Als Konsequenz gehen die Qualität des Gehäusewerkstoffs, vor allem seine Wärmebeständigkeit, und die Genauigkeit des Spritzguss-Werkzeugs und die Sorgfalt beim Spritzen selbst in die Gesamtleistung der Kassette ein. Es ist wohl auch ohne physikalisch-mathematische Beweisführung verständlich, dass dieser Umstand umso kritischer wurde, je höher die oberere Übertragungsgrenze (Grenzfrequenz) der Compact-Cassetten-Aufzeichnungen anstieg: Ungenauigkeiten, die bei 8 kHz (Wellenlänge: 6 μm) kaum auffallen, können bei einem Frequenzumfang bis 12,5 kHz oder 14 kHz (3,8 μm beziehungsweise 3,4 μm) das Klangbild deutlich eintrüben.

Nun sind die Haupt-Konstruktionsmerkmale der Compact-Cassetten-Bandführung im Standard IEC 94 eindeutig vorgegeben, komprimiert in dem oben zitierten, bedeutungsvollen Satz „*Alle Bandführungen müssen senkrecht zur Bezugsebene Z sein*“,³⁴¹¹ Was hier fehlt, besser gesagt: im Sinn von „good engineering practice“ fehlen *muss*, sind die notwendigen oder erlaubten Toleranzen, ohne die industrielle Fertigung nicht denkbar ist.

Die Präzisions-Messkassette (1982)

Als sich 1977 / 1978 abzeichnete, dass die Wiedergabe-Qualität vorzüglicher BASF-Kassettenbänder ernstlich unter unpräzisen Gehäusen litt, waren – zusammen mit der Auswahl beziehungsweise der Weiterentwicklung geeigneter Kunststoffe – die Anforderungen an eine neue Generation von Spritzgussformen zu definieren, das heißt, die noch erlaubten Abweichungen vom Ideal zu benennen. Konkret hieß das, eine eindeutige Beziehung herzustellen zwischen den Ist- und Soll-Stellungen der bandführenden Kassetten-Bauteile und den daraus resultierenden Fehlwinkeln. *Möglichst* einfache und sichere Messverfahren waren auszuarbeiten, um die Bandführungsqualität einer Kassette bewerten zu können. Die Aufgabe stellte sich als ungewöhnlich komplex heraus, denn es waren nicht nur kassetten-eigene Elemente, sondern auch konstruktive Merkmale des Recorders zu erfassen, wie die Anzahl der Tonwellen (vor allem hochwertige Recorder setzten auf die Dual-Capstan-Anordnung, was letztlich den Gehäuse-Einfluss auf die Aufzeichnung minimieren sollte), Zahl und Lage der Magnetköpfe, die Beträge von Brems- und Aufwickel-Drehmomenten, schließlich auch die Lagerung der Kassette im Recorder (an welchen Punkten wird das Gehäuse abgestützt?).

Verlässliche Aussagen über diese Einflussgrößen waren nur mit Hilfe einer Kassette zu machen, die im Rahmen des messtechnisch Möglichen der IEC-Generalforderung entsprach, zugleich aber auch reproduzierbare Fehlstellungen der bandführenden Elemente zuließ. Realisiert waren diese Forderungen in Gestalt der schon optisch beeindruckenden Ganzmetall-Präzisions-Messkassette (siehe Abbildung 628), einem Unikat, dessen funktionsgetreue Nachbildungen von Bandführungsstegen und -stiften ebenso wie die Achsen der Umlenkrollen mittels Miniaturfeinantrieben präzise und stabil in die gewünschten Neigungswinkel gebracht werden konnten.³⁴¹² Abgesehen davon, dass die Präzisions-Messkassette gerne und häufig zu Werbezwecken eingesetzt wurde, brachte sie teils vollkommen neue Erkenntnisse über das Zusammenwirken von Recorder und Kassette. Ebenso erfüllte sie ihren eigentlichen Zweck: basierend auf einer umfangreichen Auswertung, halfen die Ergebnisse langer Messreihen, schrittweise die Toleranzen der Gehäuse-Spritzgusswerkzeuge immer weiter einzuengen. Spätestens seit 1983 erfüllten hochwertige BASF-Kassettengehäuse alle Praxisanforderungen.

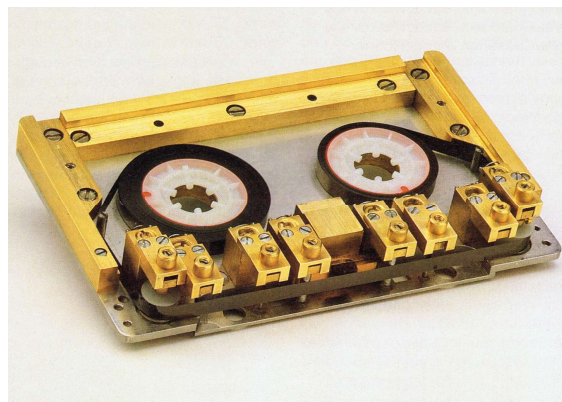


Abbildung 628: „Präzisions-Messkassette“, Ausführung 1982

BASF-Azimut-Präzisions-Kassetten

Die Präzisions-Messkassette war, wie gesagt, ein Unikat. Eine auf die Bedürfnisse der Praxis zugeschnittene Ausführung erschien (nachdem schwierige Material- und Konstruktionsprobleme gelöst waren) im Jahr 1988 als BASF-Azimut-Präzisions-Kassette, natürlich mit nicht-verstellbaren, dafür hochpräzise justierten Bandführungselementen. Mit ihrem goldfarbenen Neusilber-Gehäuse und dem durchsichtigen Oberteil war diese „Mechanik-Referenz“ die weltweit schwerste und verständlicherweise auch teuerste Kassette. Die Fertigung auf NC-Automaten sicherte die technisch realisierbare Präzision, das nichtmagnetische Material garantierte langzeitkonstante Präzision, wie sie mit thermoplastischen Werkstoffen nicht zu erreichen war.³⁴¹³

1992 erhielt die in Azimuth Calibration Mechanism umbenannte Präzisionskassette einen „Zwillingsbruder“, den Mechanical Calibration Mechanism. Beide unterschieden sich nur in einem winzigen Detail: hatten die Umlenkrollen des Azimuth Calibration Mechanism ein nur minimales Höhenspiel von $\pm 15 \mu\text{m}$, war dies beim Mechanical Calibration Mechanism definiert auf $\pm 0,15 \text{ mm}$ erweitert. Zweck dieser Bewegungsfreiheit: Stand die Andruckrolle des Recorders nicht exakt parallel zur Tonwelle (was unter anderem die Ursache von Höhenverlusten, gelegentlich sogar von Bandbeschädigungen sein konnte), lenkte das Band die Umlenkrolle aus der gewünschten mittigen Position aus, was zu einem abweichenden Azimut-Winkel im Vergleich zum Betrieb mit dem Azimuth Calibration Mechanism führte. Durch vorsichtiges Verbiegen der Andruckrollenachse sollte zunächst die Umlenkrolle in ihre Mittellage gebracht werden; zur Feinjustage war ein Phasenvergleich der beiden Stereokanäle notwendig (justierbare Andruckrollenachsen sind bei Compact-Cassetten-Recordern nicht bekannt).³⁴¹⁴

Die Calibration Mechanisms verkörperten eine ausgezeichnete Problemlösung wie auch eine beachtliche ingenieurtechnische Leistung. Leider kamen sie um Jahre zu spät auf den Markt, um noch die verdiente breite Anwendung zu finden. Digitale Medien, an erster Stelle die Compact-Disk, daneben das Digital Audio Tape-System (DAT), zu schweigen von dem misslungenen DCC-Anlauf, zogen mehr und mehr Interesse auf sich und verhin- derten, dass weitere Entwicklungsarbeit ins Compact-Cassetten-System investiert wurde.



Abbildung 629: Ungleiche Zwillinge: die Präzisions-Kassetten Azimuth Calibration Mechanism und Mechanical Calibration Mechanism. Die Umlenkrollen des Azimuth Calibration Mechanism laufen praktisch spielfrei, die des Mechanical Calibration Mechanism haben ein definiertes Spiel von $\pm 0,15 \text{ mm}$, Voraussetzung für die Justierung der Andruckrolle parallel zur Tonwelle.

Kassetten-Präzision in der Praxis: Automatisierte Fertigung

Compact-Cassetten wurden anfangs mit viel Handarbeit zusammengebaut (Abbildung 614). Der stetig wachsenden Nachfrage konnte dieses Fertigungsverfahren gegen Ende der 1970er Jahre nicht mehr nachkommen. Gleichzeitig stiegen die Forderungen an die Fertigungsqualität in einem Maß, das mit Handarbeit nicht mehr zu erreichen war. Schließlich wurden Leer-Kassetten auf automatischen Produktionsstraßen hergestellt, die pro Stunde etwas über 2.000 Kassetten ausstießen und von gerade fünf Mitarbeitern bedient wurden.³⁴¹⁵ Besonders ein- drucksvoll arbeiteten die Prüfautomaten am Ende jeder Produktionsstraße. Hier wurden die bis auf die Verpack- ung fertigen Kassetten einem kurzen, aber gründlichen Funktionstest unterzogen. Der Automat prüfte die Ab- messungen, die richtige Schichtlage des Magnetbandes, den Druck der Andruckfeder und das Drehmoment (das heißt hier, die Kraft zum Umspulen des Bandes, die nicht zu groß, aber auch nicht zu gering sein durfte).³⁴¹⁶

Phase IV: Weiterentwicklung der Compact-Cassetten-Bänder

Eisenpigment-Magnetband (IEC Typ I)

Als Nachfolger der ferro super LH I von 1978 fungierte seit 1982 die Kassette LH super I, ihrerseits 1985 abgelöst von LH maxima I, beschichtet mit einem neuartigen Pigment, dem BASF den Namen Megadium gege- ben hatte. Wie der Namensteil „maxima“ zeigt (und neutrale Testergebnisse bestätigten), gehörte diese Kassette zum Spitzenbereich der IEC I-Klasse³⁴¹⁷ (und erhob damit den analogen Anspruch zur chromdioxid maxima II). 1986 folgte mit LH maxima XI kurzzeitig eine Megadium-Doppelschicht-Kassette,³⁴¹⁸ die sich allerdings nicht durchsetzen konnte. Die Basis des BASF-Angebots im Bereich IEC I bildete immer das „extra“-Segment, so – nach einer Namensvereinheitlichung – im Sortiment von 1989 beispielsweise ferro extra I. Darüber war ferro super I angesiedelt, der als Spitzencassette des IEC I-Bereichs die Kassette ferro maxima I folgte. Alle Typen waren selbstverständlich kompatibel zum Referenzleerband IEC Typ I, der BASF-TP 18-Charge R 723 DG.³⁴¹⁹

Von den drei Lauflängen der Compact-Cassette – 2 x 30, 2 x 45 und 2 x 60 Minuten – hatten die C 90-Typen immer den größten Anteil. Die C 120 stellte wegen ihres sehr dünnen Bandes beträchtliche Anforderungen an die Transportmechanik der Recorder, was dazu führte, dass sie lange eine Art Schattendasein führte. BASF setz- te hier 1988 mit einem „high capacity“-Gehäuse an, dessen Innenraum sämtliche konstruktiven Reserven aus- nutzte. Der damit gewonnene Platz erlaubte, ein Band mit einer etwas dickeren Schicht aus feinteiligeren Oxi-

den einzusetzen, die Trägerfolie wurde gegen einen reißfesteren Typ ausgetauscht. Diese Änderungen verbesserten sowohl die Aufzeichnungsqualität wie die Betriebssicherheit der C 120, die nun die gleiche mechanische Stabilität wie die C 90-Typen aufwiesen.³⁴²⁰

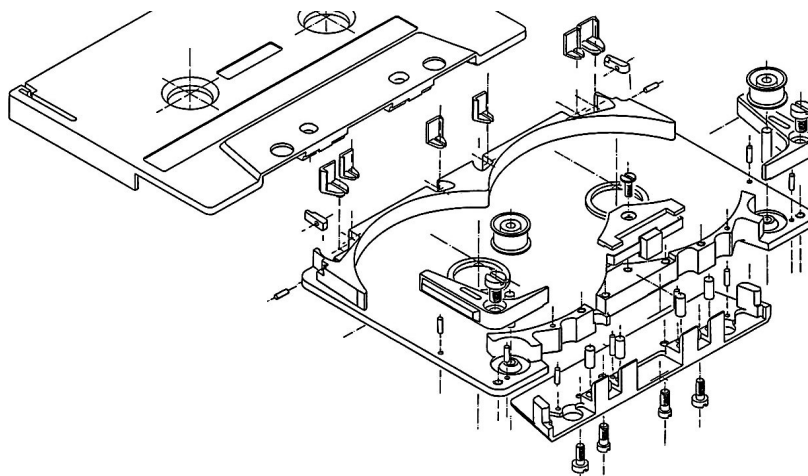


Abbildung 630: Nicht nur in der Präzision der Einzelteile, sondern auch in ihrer Anzahl unterscheiden sich die Präzisions-Kassetten beträchtlich von der Normalausführung.



Abbildung 631: Selbsttätig werden in diesem Prüfautomat am Ende der Kassetten-Montagestraße unter anderem die Laufeigenschaften, die richtige Bandlage und die korrekte Verschraubung geprüft.

Doppelschicht-Magnetbänder (IEC Typ III)

Woher der (theroretisch fundierte) Grundgedanke stammt, die Schicht eines Magnetbandes aus zwei Einzelschichten zusammenzusetzen, war bisher nicht zu klären. Indizien weisen auf 3M, die anfangs der 1970er Jahre einen Bandtyp Scotch HE entwickelt hat, der eine dünne Oberschicht aus kobalt-dotiertem Eisenoxid und eine Unterschicht aus konventionellem Eisenoxid besaß. Da die damaligen kobalt-dotierten Eisenoxide mechanisch instabil waren (also nach mehrfachem Abspielen merkliche Höhenverluste aufwiesen), war das schließlich im Markt anzutreffende Scotch HE ein konventionelles Eisenoxidband.

Der eigentliche Initiator der Doppelschicht-Technologie war Sony,³⁴²¹ die im November 1973 ihr Duad Ferri-Chrome-Kassettenband und den passenden Recorder TC-4250SD auf den japanischen Markt brachte. Die nur 1 µm „dicke“ Duad-Oberschicht enthielt Chromdioxid, die 3,5 µm-Unterschicht Eisenoxid. Das Band lieferte in dem Sony-Recorder eine Dynamik von 55 dB³⁴²² (der aufschlussreiche Messwert Höhenaussteuerbarkeit fehlt) und einen Frequenzgang von 20 – 17.000 Hz.³⁴²³ – 3M brachte unter dem Namen Scotch Classic (die spätere Master III) Ende 1974 ebenfalls Doppelschichtbänder auf den Markt.³⁴²⁴



Abbildung 632: BASF chrome maxima, Design-Ausführung 1987, traditionell der Name der Doppelschicht-Spitzenkassette des BASF Chromdioxid-Kassetten-Sortiments.

Die Konzeption der Doppelschichtbänder beruhte auf einer konsequenten Überlegung: man beschichtet eine dicke Eisenoxid(unter)schicht zusätzlich mit einer dünnen Chromdioxid-Oberschicht. Geschickte Wahl der magnetischen Kennwerte (Remanenz und Koerzitivfeldstärke) beider Schichten führt zu einem Band, das bei optimaler Vormagnetisierung die (von Chromdioxid zunächst nicht erreichte) Tiefenaussteuerbarkeit des Eisenoxids besitzt und in den Höhen als „Mitgift“ die überlegenen Werte des Chromdioxids einbringt. Diese Darstellung ist notwendigerweise modellhaft vereinfacht. Das technische Potential der Technologie – allgemein formuliert: eine hochkoerzitive Oberschicht auf niederkoerziver Unterschicht – war aber so groß, dass ihr im Compact-Cassetten-Bereich nach ferrochrom der Typ BASF chromdioxid super II, im professionellen Sektor das Studioband BASF SM 900 maxima zu verdanken sind, die zu den

leistungsfähigsten Magnetbändern für die Analogaufzeichnung zählen. Im Videobereich (VCR, U-matic und LVR) ist dagegen, soweit bekannt, die Mehrschicht-Technologie entgegen ersten Absichten nicht angewandt worden.³⁴²⁵ – Doppelschichtbänder stellten die Gießtechnik vor neue Aufgaben; am wirtschaftlichsten erwies sich das „Nass-in-nass“-Verfahren, bei dem die Oberschicht auf die noch feuchte Unterschicht aufgetragen wurde.

Ende 1973, Anfang 1974 brachte Sonys offensichtlicher Überraschungserfolg BASF unter Zugzwang, schien doch die Doppelschicht-Technologie vor allem für die umsatzstarken Compact-Cassetten- und Video-Magnetbänder überaus vielversprechend. Im Februar 1974 begannen mit hoher Priorität vorangetriebene Arbeiten, die

im Sommer 1975 zu dem marktreifen Produkt ferrochrom führten. Dieser Name, von Haus aus ein Begriff der Chromstahl-Technologie, setzte sich gegen 22 andere Vorschläge durch, was die Compact-Cassetten-Welt um so schöne Klänge wie Magicchrome, Chromatic oder Chrommix brachte – letzterer hätte wohl im gallo-romanischen Umfeld besonders gut eingeschlagen.³⁴²⁶ Als dieser Typ zur Funkausstellung 1975 als ferrochrom C 60 und C 90 vorgestellt wurde (eine C 120 war wegen der notwendigen Schichtdicke von ca. 5 µm nicht realisierbar), war er dem BASF-Chromdioxid-Band in puncto Dynamik um gut 2 dB überlegen.³⁴²⁷ Wenn man so will, verhielt sich ferrochrom aber nicht „neutral“: meist erschienen Tiefen und Höhen etwas angehoben, so dass es ein Klangbild lieferte, das vor allem den Wiedergabebedingungen von tragbaren Recordern oder Auto-Abspielgeräten entgegen kam.³⁴²⁸ 1982, auf seinem besten Fertigungsstand, hatte ferrochrom eine 4 dB bessere Tiefenaussteuerbarkeit als (das damalige Standard-Chromdioxidband) chromdioxid II, doch das wichtige Verhältnis Tiefen- zu Höhen-Aussteuerbarkeit hatte sich zugunsten des Chromdioxid-Bands verschoben. Das galt noch mehr für das Spitzenband chromdioxid super II mit seinen gut ausgeglichenen Werten, das in der Dynamik mit ferrochrom praktisch gleich lag, aber eben das „chromtypische“ ausgeglichene Aussteuerbarkeitsverhältnis aufwies, wie ein Vergleich der Datenblätter zeigt. Als Konsequenz lief ferrochrom 1984 / 1985 aus.



Abbildung 633: (LINKS): Die erste Designer-Kassette der BASF, Chromdioxid Maxima II im „Eulen-Design“, 1982. (RECHTS): Maxima Design Edition von 1985. Das Markenzeichen der BASF AG hatte 1985 eine neue Form bekommen.

Höhepunkte der Doppelschicht-Technologie (IEC Typ II)

Die in Sachen Chromdioxid restriktive Lizenz-Vergabepaxis der E.I. duPont Co. veranlasste insbesondere japanische Hersteller zu verstärkten Entwicklungsaktivitäten, die zu einer Serie relativ hochkoerzitiver Eisenoxide führte, die durchaus arbeitspunkt-kompatibel mit Chromdioxid waren, aber (zumindest bis Ende der 1980er Jahre) im Mittel um etwa 2 dB stärker rauschten. Diese bei BASF etwas herablassend „Chromdioxidsubstitute“ genannten Kassetten genossen einen guten Ruf, nicht zuletzt aufgrund des allgemein stark verbesserten Qualitätsniveaus japanischer Produkte. Die betont informative Werbung mit ihrer sachlich-technischen Argumentation beeindruckte technikverliebte „HiFi-Fans“, unverkennbar aber auch den Fachhandel und Fachjournalisten.³⁴²⁹ Um hier mithalten und ihre Produkte in der Spitzengruppe richtig positionieren zu können, benötigte BASF ein überlegenes Produkt.

Die Gieß-Technologie der ferrochrom-Magnetbänder einerseits und fortgeschrittene Kenntnisse der Chromdioxid-Produktion andererseits liefen in einem neuen Magnetbandtyp zusammen, der Doppelschicht-Kassette chromdioxid super II (als C 60 und C 90), vorgestellt zur Funkausstellung Berlin 1978. chromdioxid super II hatte eine dickere Unterschicht aus relativ nieder-koerzitivem, großnadeligem Chromdioxid-Pigment und eine dünnere, höherkoerzitive Schicht mit feineren Nadeln. Vereinfacht gesagt, war mit chromdioxid super II die Faustregel umgesetzt worden, dass die Tiefenaussteuerbarkeit im wesentlichen von der Remanenz, die Höhenaussteuerbarkeit von der Koerzitivfeldstärke und der Mittenbereich von beiden Magnetwerten bestimmt wird (also eine etwas andere Argumentation als bei ferrochrom!). Geschickte Kombination verschiedener Chromdioxid-Typen und optimierte Schichtdicken führten zu beachtlichen Aussteuerbarkeitswerten in Tiefen wie Höhen, wobei das niedrige Rauschen im Wesentlichen den kleinen Pigmenten der Oberschicht zu verdanken war. Gegenüber der „Standard“-Kassette chromdioxid II war chromdioxid super II bis 10 kHz um 2 dB höher aussteuerbar, bei 14 kHz bis zu 6 dB und übertraf damit hochkoerzitive Eisenoxidbänder wie TDK SA und Maxell UDXLII um bis zu 10 dB.³⁴³⁰ Bis 1986 hatten die japanischen IEC II-Typen diesen Vorsprung der chromdioxid super II allerdings weitgehend aufgeholt.³⁴³¹

Ein weiterentwickeltes Doppelschicht-Kassettenband, Chromdioxid Maxima II, erregte bei der Messe „hifi 1982“ in Düsseldorf einiges Aufsehen, und zwar wegen eines Gehäuses mit auffallend breiten, U-förmigen Fenstern (intern „Eulendesign“ getauft, Abbildung 633). Spätere chromdioxid maxima II besaßen überwiegend das Standard-Gehäuse. Daneben erschienen, sozusagen als Sammlerstücke, drei weitere Design-Ausgaben, die Maxi-

ma-Edition No. 2: La Linea (1988/1989 ³⁴³²), Maxima-Edition No. 3: Futura (1990 ³⁴³³), schließlich 1991 chrome Edition No. 4, ³⁴³⁴ gestalterisch durchaus ansprechende Alternativen in limitierten Auflagen. Im Kassetten-Bereich blieben chromdioxid maxima II (später chrome maxima II) bis 1996 die Spitzenprodukte der BASF beziehungsweise der BASF Magnetics GmbH.

BASF versuchte sich auch zweimal an dotierten Eisenoxid-Bändern für den IEC-Bereich II, und zwar, zur Funkausstellung 1987 Berlin angekündigt, mit Reference Super II, ³⁴³⁵ die jedoch nur in kleinsten Stückzahlen auf den Markt kam und schnell zurückgezogen wurde (die Beschichtung vertrug sich nicht mit Laufwerken mit zahlreichen Kunststoff-Lauflächen ³⁴³⁶), und seit März 1993 TP II Reference Maxima, für die eigens ein dreiteiliges Gehäuse entwickelt worden war: der für die Bandführung kritische „Tonkopfteil“, also der trapezförmige Vorsprung im Vorderteil der Kassette, war als separates, besonders präzises Spritzgussteil ausgeführt. ³⁴³⁷

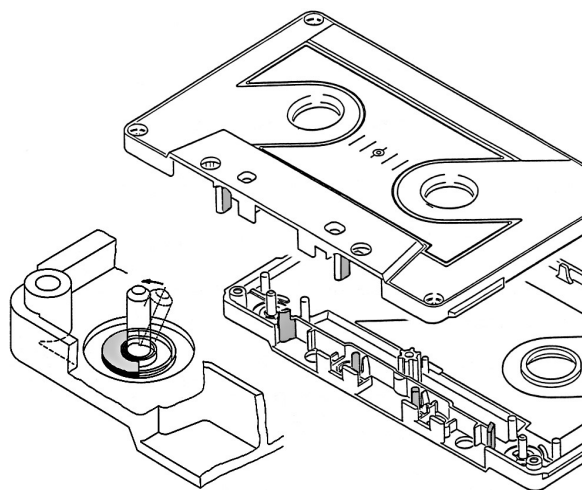


Abbildung 634: Kleine Schritte zur Kassetten-Präzision für das Gehäuse der chrome Edition No. 4 (1991): Führungsstifte sind auf die obere und die untere Gehäusehälfte verteilt, Materialanhäufung sichert die korrekte Stellung der Rollenachsen (vorn links).

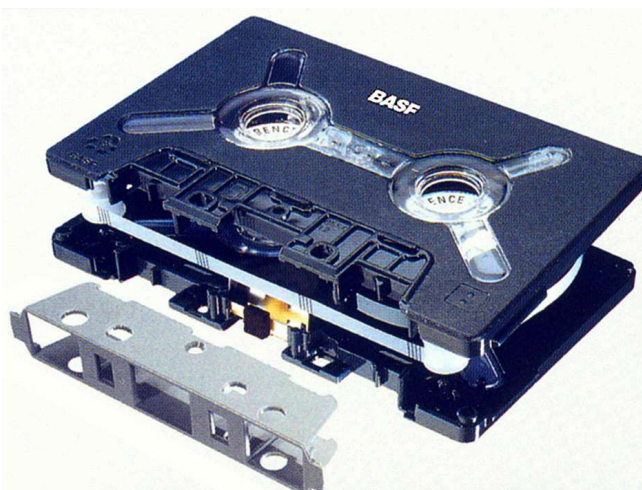


Abbildung 635: Das dreiteilige Gehäuse der Kassette BASF TP 18 Reference Maxima II. Hier war der für die Bandführung kritische „Tonkopfteil“ (der trapezförmige Vorsprung im Vorderteil der Kassette) als separates, besonders präzises Spritzgussteil ausgeführt.

Reineisen-Kassette „metal IV“ – das ungeliebte Spitzenprodukt

Wegen der relativ geringen Bedeutung, die Metallpigment-Kassetten im BASF-Sortiment zwischen 1979 und etwa 1985 einnahmen, sind sie zusammen mit der Reineisen-Pigmententwicklung (Seite 528) beschrieben.

MusiCassette – mehr als eine Alternative zur Schallplatte

Wenn das Compact-Cassetten-System mit der Schallplatte konkurrieren wollte (was seinen Vorgängern weder quantitativ noch qualitativ gelungen war), musste neben den abgestuften Sortimenten unbespielter Kassetten auch ein attraktives Repertoire von „MusiCassetten“ angeboten werden. Der Systementwickler Philips sah hier eine willkommene Gelegenheit, die Eigenproduktionen seiner musikproduzierenden Tochterfirmen über neue Vertriebskanäle zu vermarkten. Entsprechende Duplizier-Techniken waren als Erbe der diversen Kassetten-Anläufe schon etabliert, beispielsweise von RCA (Seite 494).

Audio-Duplizierttechnik (High-Speed Audio Duplicating)

Voraussetzung für ökonomisches Arbeiten war, die Kopierzeit auf einen Bruchteil der Spielzeit zu verkürzen, möglichst im gleichen Verhältnis wie beim Pressen von Schallplatten. ³⁴³⁸ Die wirtschaftlichste Lösung für die Großserienfertigung war, an einen „Master“ (ein Nur-Wiedergabe-Tonbandgerät, auf dem eine bearbeitete Kopie der Originalaufnahme(n) läuft), mehrere Tochtermaschinen (*slaves*) anzukoppeln, also Nur-Aufnahme-Geräte, die die Kopierbänder bespielen. Nach diesem Prinzip hatte schon die Berliner Tonband GmbH in den vierziger Jahren gearbeitet, konnte aber den zweiten, wichtigeren Schritt nicht realisieren, nämlich das Duplizieren mit einem Vielfachen der originalen Bandgeschwindigkeit. Dabei wird zwar der Frequenzbereich der Tonfrequenzsignale drastisch verschoben (beispielsweise beim höchsten praxisüblichen Verhältnis, 1:128 beziehungsweise 128-facher Originalgeschwindigkeit, von 30 Hz – 16 kHz auf 3,9 kHz – 2,05 MHz), doch ändert sich dabei der *Wellenlängenbereich* nicht. Mit anderen Worten: das auf der Tochtermaschine bespielte Magnetband wird keineswegs extrem gefordert. Die dritte Voraussetzung wirtschaftlichen Duplizierens ist der (Quasi-)„Endlosbetrieb“: das Masterband wird in einen waagrecht oder senkrecht stehenden Schleifenkasten ³⁴³⁹ (*loop bin*) eingelagert und am Anfang und Ende aneinandergeklebt. Aus der *loop bin* wird nur so viel Masterband herausgezogen, wie für die Bandführung auf dem Masterläufer erforderlich ist; das Band läuft im Betrieb ohne Anhalten durch. Auf diese Weise werden auf einen Duplizier-Bandwickel hintereinander mehrere Programmfolgen kopiert, die in einem weiteren Schritt von „loadern“, also Spul-, Schneide- und Klebe-Automaten, in Kassetten eingespult und an Markierungs-Signalen (*cue tone*) getrennt werden (Abbildung 636).

Von „one-to-one“-Kopien mit Liebhaberwert oder frühen USA-Versuchen mit Kontaktkopier-Verfahren abgesehen,³⁴⁴⁰ wurden Compact-Cassetten-Aufnahmen nahezu ausschließlich im beschriebenen „High-Speed Duplicating“ vervielfältigt. Dagegen wurden Video-Kassetten anfangs nur in „one-to-one“-Technik kopiert, bis auch hier mit Beginn der 1980er Jahre zeitsparende Kontaktkopier-Verfahren praxisreif wurden (Seite 602).

Start der „MusiCassette“

Zusammen mit dem ersten halbwegs für Musikwiedergabe geeigneten Compact-Cassetten-Recorder EL 3301 präsentierte Philips 1965 ein Start-Repertoire von 24 bespielten Kassetten,³⁴⁴¹ bald als „MusiCassette“ bezeichnet. Sie sind wahrscheinlich auf einer Anlage dupliziert worden, die bei der DGG (Deutsche Grammophon-Gesellschaft ³⁴⁴²) in Hannover stand und mit achtfacher Kopiergeschwindigkeit arbeitete, als Bandlieferant kommt in erster Linie BASF in Betracht. Bei dieser Bauweise war das (vierspurig bespielte!) Masterband noch auf Spulen gewickelt; das Abspielgerät wechselte am Ende jedes Durchlaufs die Laufrichtung.³⁴⁴³ 1971 – in diesem Jahr stieg der Musicassetten-Umsatz der DGG um 70 % ³⁴⁴⁴ – arbeitete in Hannover eine Loop-Bin-Kopieranlage mit 32-facher Kopiergeschwindigkeit, ½ Zoll breitem Masterband und 1.400 m langen Rohwickeln.³⁴⁴⁵

Die Verkäufe bespielter Kassetten hatten seit 1965 Jahr für Jahr um mehr als 100 % zugenommen.³⁴⁴⁶ 1968 bot in Deutschland DGG 213 Musicassetten an, Phonogram 190, EMI Electrola 41, Metronome 30, Teldec 27 und schließlich Ariola (Bertelsmann) 12, davon ganze 4,7 %, nämlich 24 Titel, mit klassischer Musik (dazu die FUNK-SCHAU: „*obwohl die Tonqualität der ... schmalen Bänder eigentlich nicht so gut ist, daß man hochwertige Klassik aufspielen sollte.*“³⁴⁴⁷). 1971 lag der Zuwachs in der BRD noch immer bei 66,6 %: von 3,6 Millionen Stück 1970 auf 5,9 Millionen;³⁴⁴⁸ 1972 stieg er auf 9,6 Millionen (davon 3,3 Millionen für den Export), was einem Umsatz von 104 Millionen DM entsprach.³⁴⁴⁹ Diese Zahlen sollen genügen, um die wirtschaftliche Bedeutung des Musik-Kassetten-Duplizierens zu verdeutlichen, die freilich vom Video-Duplizierer-Markt noch bei weitem übertroffen werden sollte. BASF profitierte davon mit ihren weltweiten Rohwickel-Lieferungen und erntete damit gewissermaßen die Dividende für ihren Beitrag von 1963 zur Entwicklung des Compact-Cassetten-Systems.

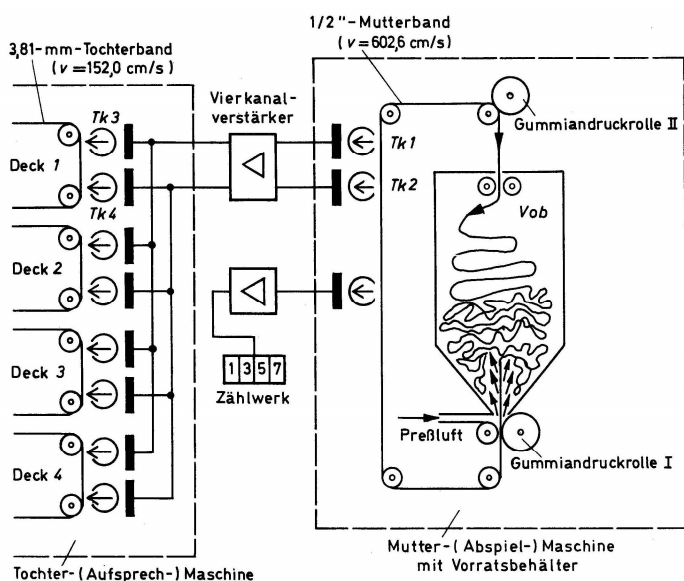


Abbildung 636: Schema des Schnellkopierens von (monofonen) Musicassetten: Das zu einer Endlosschleife zusammengeklebte Masterband läuft in der „loop bin“ um. Die Wiedergabesignale beider Spuren (Spur 2 ist rückwärts kopiert) werden den Tochtermaschinen („slaves“) zugeführt und hier auf das Kassettenband kopiert. – Masterbänder sind meist ½ Zoll = 12,7 mm oder 1 Zoll = 25,4 mm breit. Masterband wie Tochterbänder laufen hier mit 32-facher Originalgeschwindigkeit ($609,6 \text{ cm/s} = 32 \times 19,05 \text{ cm/s}$ beziehungsweise $152,0 \text{ cm/s} = 32 \times 4,76 \text{ cm/s}$).



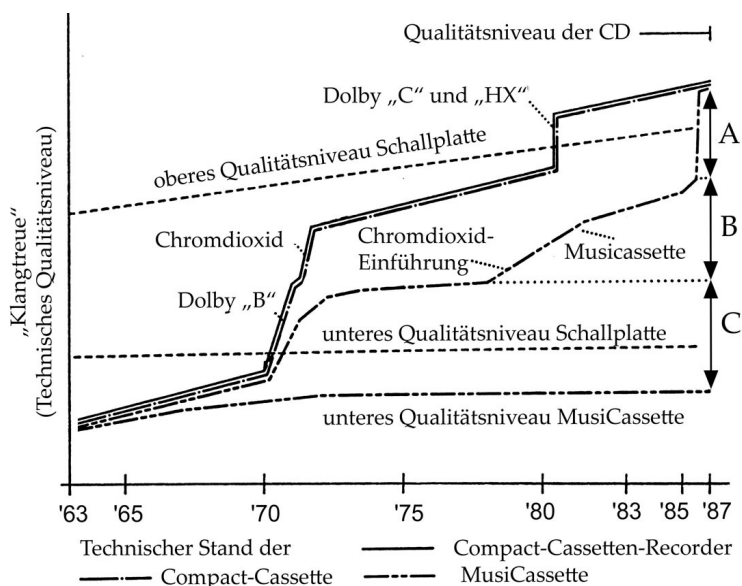
Abbildung 637: Eine Compact-Cassetten-Duplizieranlage. Im Vordergrund der Bandschleifenkasten (loop bin), in der Mitte der „Masterläufer“, das Nur-Abspielgerät für das 1 Zoll breite Masterband mit seinen vier Spuren; dahinter vier „slaves“, Nur-Aufnahme-Maschinen für das 3,81 mm breite Kassetten-Band.

Musicassette kontra Schallplatte

Dank der Fortschritte beim Compact-Cassetten-Recorder-Bau, bei den Kassetten-Magnetbändern – Chromdioxid! –, nicht zuletzt der Dolby B-Rauschminderung, reifte die Musicassette um 1978 zur Schallplatten-Alternative, wenn auch die Tonträger-Industrie solche technischen Neuerungen in der Regel eher zögerlich aufgriff. Speziell für die deutsche Tonträger-Industrie war die Musicassette, alles in allem, ein im Zweifelsfall ungeliebtes Kind. Unterstützt wurde diese Zurückhaltung von deutschen Musikzeitschriften, denen noch 1984 durchaus zu Recht strikte Ablehnung beziehungsweise Ignoranz bescheinigt wurde, ganz im Gegensatz etwa zur führenden englischen Fachzeitschrift *The Gramophone*, die „mit ihrer konstruktiven, aber kritischen Beurteilung von Musicassetten nicht nur ihren Lesern einen Gefallen getan, sondern auch erheblich dazu beigetragen [hat], daß die Musicassetten sich gerade in den letzten fünf Jahren [1979 – 1984] so dramatisch verbessert haben.“³⁴⁵⁰

Anfangs der 1980er Jahre akzeptierte die Musikindustrie die Realität: die Musicassetten-Qualität näherte sich schließlich dem Stand der Technik. Vorreiter waren eher kleine, aber renommierte Firmen wie die kalifornische Mobile Fidelity,³⁴⁵⁵ doch nach und nach beteiligten sich auch große Marken, wie Teldec und/oder Decca beziehungsweise Telefunken, EMI und DGG an der Qualitätsoffensive. Der deutsche Markt hinkte dagegen immer noch hinterher, wie ein Vergleich von Schallplatten mit inhaltsgleichen Musicassetten Mitte 1981 bewies: besorgniserregend viele Paarungen zeigten „*sehr viel schlechtere*“ Qualität der MC. Test-Gewinner – Qualität „*fast gleich*“ – war eine MC der CBS Schallplatten GmbH, die bezeichnenderweise Chromdioxidband verwendete. Aufschlussreich geriet schließlich die Gegenprobe: selbstgemachte Überspielungen von Platten auf gute Leer-Kassetten wurden qualitativ als „*fast gleich*“ beurteilt!³⁴⁵⁶

Bereich C: Qualitätsstand der Mehrzahl aller Musi-
cassetten.



Vielleicht wäre der Test besser ausgefallen, hätten die Prüfer noch einige Monate zugewartet. Nicht nur CBS, sondern auch DGG und, mit besonders großem Medieneinsatz, EMI (Auslieferungsbeginn August 1981) und andere Firmen setzten Chromdioxid-Band für Musicassetten ein. Dieser Fortschritt war nicht zuletzt der technischen Argumentation und Überzeugungsarbeit der BASF zu verdanken. Kernpunkt dieser Empfehlungen war, auch für Chromdioxid-Musicassetten die Entzerrung 120 μ s zu verwenden, damit vollen Nutzen aus der überlegenen CrO₂-Höhenaussteuerbarkeit zu ziehen und so einen „historischen Fehler“ teilweise zu berichtigen (Seite 507). Zu den akustischen Qualitäten des Chromdioxids gehörten weiter ein geringer Kopiereffekt (Kopierdämpfung 53 dB, ein meist noch übertroffener Wert), das niedrige Modulationsrauschen sowie, für Duplizierer ein gewichtiges Argument, der unbedeutende Kopfabschluss, mehr ein „Polieren“ des Kopfspiegels. Nach positiven Erfahrungen bei einzelnen Großkunden startete BASF 1984 die Aktion „*Von Chrom auf Chrom für höchste Qualität bei 64-fach*“ (also 64facher Kopiergeschwindigkeit).³⁴⁵⁸ Das Ergebnis war durchaus positiv: in England waren zeitweise über zwei Drittel der „top charts“-Kassetten mit BASF-Chromdioxid-Band gefertigt.³⁴⁵⁹

Ungeachtet dieses Erfolgs zeichnete sich schon ab, dass die 1983 eingeführte CD in absehbarer Zeit das Erbe der Musicassette wie der (Vinyl-)Schallplatte antreten würde.³⁴⁶⁰ Ganz ohne Absicht arbeiteten auch die Dolby-Laboratorien gegen Chromdioxidband in Musicassetten. Als Dolby HX Pro, die professionelle Version von Dolby HX (Seite 506), für Musicassetten-Kopieranlagen eingeführt war, verzichteten viele Duplizierer auf das etwas teurere Chromdioxidband und nahmen mit Eisenoxid-Typen (IEC I) vorlieb, mit dem Argument, die Qualität von „Chromdioxid ohne HX“ und „Eisenoxid mit HX“ sei identisch. Die naheliegende Verbraucher-Frage, ob „Chromdioxid plus HX“ nicht noch weit bessere Ergebnisse bringe, blieb ohne Antwort.

Es gilt dem gesprochenen Wort: Hör-Bücher auf Compact-Cassetten



Abbildung 639: Anspruchsvolle Literatur auf Compact-Cassette.

Bespielte Kassetten müssen nicht unbedingt Musicassetten sein. Beachtlichen Raum nahmen Wort-Kassetten ein (häufig von künstlerisch hoch befähigten Sprechern gelesene Texte der Weltliteratur), die in Blindenhörbüchereien zunächst die Spulentonbänder ersetzten und den Versand vereinfachten, seit Mitte der 1980er Jahre auch ein mit großen Erwartungen gepflegtes Marktsegment bildeten. Ganz gegen den Trend, der mittlerweile von der Musicassette weglief, legten Wort-Kassetten zwischen 1987 und 1994 weltweit um etwa 50 % zu (nach Repertoire-Umfang wie verkaufter Stückzahl), für 1995 wurde gar ein Gleichstand mit den Musicassetten bei jeweils etwa 400 Millionen Stück erwartet. In Deutschland sind 1989 und 1990, in ihren besten Jahren, jeweils rund 90 Millionen MC's und 17 Millionen Wort-Kassetten verkauft worden; für 1997 war auch hier ein Gleichstand bei etwa 15 Millionen Stück (!) zu erwarten.³⁴⁶¹

In den USA hatte sich der Markt der Hörbücher zwischen 1990 und 1999 verdoppelt, er wurde auf einen Jahresumsatz von rund 2 Milliarden USD geschätzt.³⁴⁶² Anders als die CD hatte die Wortkassette den Vorzug, dass sie „dort stehenblieb“, wo der Hörer gerade unterbrechen wollte, während er sich beim Abhören einer Wort-CD wenigstens die Track-Nummer merken musste (falls der CD-Spieler die letzte Position nicht selbst speicherte).

Auch religiöse Organisationen (besonders intensiv die im „bible belt“ der USA heimischen) nutzten weidlich die vom Compact-Cassetten-Markt geschaffenen Kommunikationsmöglichkeiten. Bei einem historisch bedeutenden Umschwung, der Ablösung des iranischen Shah-Regimes durch den „Schiitenführer“ Ruhollah Musawi Khomeini im Jahr 1979, galten Kassetten „in millionenfacher Auflage“ als „wichtigste Waffe“ der Revolutionäre.³⁴⁶³

Tabelle 12: Der Markt für unbespielte Compact-Cassetten (LC) und Musicassetten (MC) 1976 bis 1979 ³⁴⁶⁴

	1976				1977				1978			1979		
in Millionen Stück	LC	MC	LC:MC	Summe	LC	MC	LC:MC	Summe	LC	MC	Summe	LC	MC	Summe
Europa	200	80	71:29	280	230	110	68:32	340	253	157	410	280	120	400
davon BRD	65	35	65:35	100	75	45	53:37	120	42	41	83	48	37	85
USA/Canada	255	45	85:15	300	300	60	83:17	360						
Asien	120	60	67:33	180	130	70	65:35	200						
Latein-Amerika	24	6	80:20	30	30	10	75:25	40						
Afrika	10	10	50:50	20	10	15	40:60	25						
Sonstige	30	10	75:25	40	35	15	70:30	50						
Welt	639	211	75:25	850	735	280	72:28	1015			1160			1175

Rohwickel 3,81 mm für Compact-Cassetten-Duplizierer

„Rohwickel“ mit der irreführenden Assoziation zu „unfertig“ ist vermutlich eine allzu buchstäbliche Übersetzung der amerikanischen Ausdrücke „raw stock“, „raw material“ und „raw tape“ oder „pancake“ (wegen der flach-runden Geometrie der Kopierbänder auf Wickelkern).³⁴⁶⁵

3,81 mm breite Magnetbänder als Rohwickel oder *pancakes* lieferte BASF genau genommen schon vor 1963, nämlich die ersten Dreifachspielband-Muster an Philips während der Entwicklung des Compact-Cassetten-Systems. Spätestens 1965 gingen Rohwickel dann auch an Compact-Cassetten-Duplizierer. Chromdioxid-Duplizierband dürfte seit 1972 geliefert worden sein. Während CrO₂-Rohwickel nur in den Banddicken 18 µm (TP 18) und 12 µm (QP 12) angeboten wurden, gab es im Eisenoxid-Sortiment neben TP 18 und QP 12 zusätzlich eine Abmessung XP 9 mit 9 µm Gesamtdicke. Die Bandlängen erreichten bis Herbst 1976 6.000 ft = 1.829 m, dann wuchsen sie auf maximal 9.600 feet = 2.926 m für QP-12-Band.³⁴⁶⁶ Da ein Kopierbetrieb (in erster Näherung) umso rentabler läuft, je länger die Rohwickel sind, nahm bis 1995 die Länge von 18 µm-Band auf 3.750 m (12.300 ft) und sogar 5.275 m (17.300 ft) beim 12 µm-Band zu. Hatten 1976 1.800 m-„pancakes“ noch rund 23 cm Durchmesser,

was einem realen Pfannkuchen entspricht, wuchs das Kaliber schließlich auf knapp 37 cm an, durchaus beeindruckende 14 ½ Zoll.

Die Rohwickel wurden bis 1978 auf NAB-Spulen mit einem oder zwei Flanschen, aber auch freitragend auf 9 mm hohem NAB-Kern geliefert. Ab 1980 wurde ausschließlich eine Variante des NAB-Kerns mit 3,81 mm hoher Wickelfläche angeboten. Diese symmetrischen *Stapelkerne* verzahnten sich formschlüssig miteinander; der Rohwickel-Stapel war damit so kompakt wie möglich, was den ökonomischen Versand eines in sich stabilen „Zylinders“ ermöglichte.

Das Magnetband LH als Rohwickel führte BASF bis Ende 1982; seit 1978 wurde ferro super LH (Nachfolger des LHsuper-Bandes) angeboten, den 1983 der Typ LH-D ablöste. Bei diesem Sortiment blieb es bis Ende 1990. Mit der Übernahme der Agfa-Magnetbandproduktion erschienen 1991 neben dem jetzt AD Ferro LH-D genannten BASF-Typ die Paralleltypen aus München als AD Ferro PE 649 / 949 und 1249. An die Stelle der bisherigen Chromdioxid-Rohwickel trat kurzfristig AD Croco, ein „hochkoerzitives Chrom-Kobalt-Magnetband, das die positiven Eigenschaften von Chromdioxid- und Kobalt-Ferrit-Oxiden kombiniert“. 1995 waren dann die Willstätter LH-D-Nachfolger gestrichen, nachdem die Audio-Rohwickel-Fertigung in München konzentriert war, so dass im Eisenoxid-Bereich nur noch AT Ferro-Typen vertreten waren. Den hochwertigen Rohwickel-Sektor repräsentierten AT 18 Chrome plus / AT Chrome 12 plus und die Dünn-Versionen AT 10 und AT 11 Chrome plus.

Masterbänder für den loop-bin-Läufer

Masterbänder mussten schon deshalb im Lieferprogramm eines Bandherstellers vertreten sein, um ein möglichst komplettes Sortiment anbieten zu können. Wegen der besonderen Betriebsbedingungen kamen hier nur speziell entwickelte Rezepturen zum Einsatz, die den erheblichen Belastungen beim Abspielen bei hoher Geschwindigkeit gewachsen waren und gleichzeitig gute elektroakustische Daten aufweisen mussten. Im Prinzip sollte die Dynamik eines Masterbandes wenigstens 6 dB größer sein als die des Kassettenbandes, damit die Dynamik der Kopie eher vom Kassettenband als vom Masterband bestimmt wurde. Die üblichen Masterband-Geschwindigkeiten waren 9,53 cm/s und 19,05 cm/s; zwecks Dynamik-Verbesserung wurden selten ¼ Zoll, sondern meist ½ Zoll und 1 Zoll breite Bänder eingesetzt, die ja in vier relativ schmale Spuren aufgeteilt waren.

Erstes offizielles Masterband der BASF war der im Sommer 1971 eingeführte Typ SP 50 M,³⁴⁶⁷ eine Sonderversion des BASF-Computerbandes 4610, das seit 1967 gefertigt wurde. SP 50 M war nur 1972 im Lieferprogramm vertreten.³⁴⁶⁸ Als Sonderprodukt für die Kassetten-Produktion der Firma Bertelsmann wurde SP 46 M gefertigt, das sich in Gütersloh als ½-Zoll-Masterband gut bewährte. Seine Schicht war etwas dünner als die des SP 50 M.³⁴⁶⁹ In Einzelfällen bewährten sich auch übliche Audio-Studiobänder auf loop-bin-Maschinen, beispielsweise SPR 50 LH und Studio Master 911, ohne dass sich daraus eine Regel hätte ableiten lassen.

Der erste Teil des oben zitierte Slogans „Von Chrom auf Chrom für höchste Qualität bei 64-fach“ bezieht sich auf das Chromdioxid-Masterband SPM 50 CR, bemustert 1982, eingeführt 1983 und, im Zug einer „Rundumerneuerung“ der BASF-Magnetbandnomenklatur, 1984 in einer überarbeiteten Version zu Loop Master 920 umbenannt. Da 1:128-Schnellkopieranlagen auf möglichst kurze Masterbänder angewiesen sind, mussten selbst bei 9,53 cm/s hohe Ansprüche erfüllt werden. Auch hier bot sich das Chromdioxid wegen seiner guten Höhengesteuerbarkeit an. Mit seiner Koerzitivfeldstärke von 40,3 kA/m (510 Oe) brachte es spektakuläre Daten im Vergleich zu Eisenoxidbändern, denen es allerdings in der Kopierdämpfung geringfügig unterlegen war.³⁴⁷⁰ Loop Master 920 wird im offiziellen Lieferprogramm nur bis 1987 geführt, nach 1991 nahm der von Agfa übernommene Eisenoxid-Typ Loop Master 526, entwickelt aus einer älteren Videobandrezeptur, seine Stelle ein.

Die immer etwas kritischen Masterbänder, eine unwillkommene Kopien-Generation auf dem Weg von der Originalaufnahme zur Musicassette, wurden seit 1987 von Digitalspeichern abgelöst, die gleichzeitig die Aufgaben von loop-bin und Masterband übernahmen.³⁴⁷¹ Damit bekamen die MC-Duplizierer neuartige, produktive Arbeitsmöglichkeiten, die aber wegen des CD-Siegeszugs nicht mehr recht zum Tragen kamen.

(Semi-) Professionelle Audio-Kassetten

Großformat-Magnetbandkassetten für die Rundfunkautomatisierung

Zeitweise zielten drei Magnetbandkassetten auf ein Marktsegment, das die wachsende Programmvvielfalt bei vielen europäischen Rundfunkanstalten sowie das Aufkommen kleiner und größerer Privatsender geöffnet hatte. Die betont „bunte“ Programmfolge, konzipiert für Moderation, viele Musiktitel, vorproduzierte oder aktuelle Beiträge bis hin zu Verkehrsdurchsagen und dazu Werbeblöcken, erwies sich als so personalintensiv, dass die Rationalisierung beziehungsweise Mechanisierung der Betriebsabläufe, so weit überhaupt finanzierbar, unumgänglich erschien. Neben den beiden Sonderkonstruktionen von BASF, der Unisette, und AEG-Telefunks System Magnetophon 19, bemühte sich hier auch Philips mit einer an professionelle Ansprüche adaptierten Version der Compact-Cassette (1971), allerdings erfolglos.³⁴⁷²

Die Umstellung auf kassetten-gestützten Programmablauf warf viele Fragen auf, darunter auch eher triviale. Ein typisches Problem: die meisten Unterhaltungsmusik-Titel sind um 3 min lang. Es ist natürlich unwirtschaftlich, in einem vergleichsweise aufwendigen Unisetten- oder M 19-Gehäuse nur einen einzigen Titel zu speichern (gegenüber ca. 70 m Magnetband auf AEG-Kern in einem einfachen Papp-Archivkarton). Der Ausweg wäre, in

einer Kassette acht oder zehn Titel unterzubringen. Dann sind aber, solange ein Musikstück läuft (und während der Rüstzeiten davor und danach), alle anderen Titel nicht zugänglich – eine für Programmgestalter nicht akzeptable Einschränkung, von Softwarefragen und Fehlermöglichkeiten ganz abgesehen. Ähnliche Probleme dürften bei den betriebswirtschaftlich unverzichtbaren Werbeblöcken mit ihren zahlreichen kurzen Einzelaufnahmen aufgetreten sein. Anders als M 19, bot die Unisette hier wenigstens einen Kompromiss: auf Wunsch war der Bandwickel, sozusagen in der Mitte, mittels Vorspannband geteilt und jede Hälfte auf einen Wickelkern gespult. Dementsprechend war der erste Musiktitel auf dem „linken“, der zweite auf dem „rechten“ Teilwickel aufgezeichnet, so dass die Unisette ohne Spulverzögerung „aus der Mitte heraus“ starten konnte. Das Laufwerk musste also Studioqualität bei Rechts- wie bei Linkslauf garantieren.



Abbildung 640: Magnetophon 19, professionelle Kassette mit Chromdioxid-Magnetband.

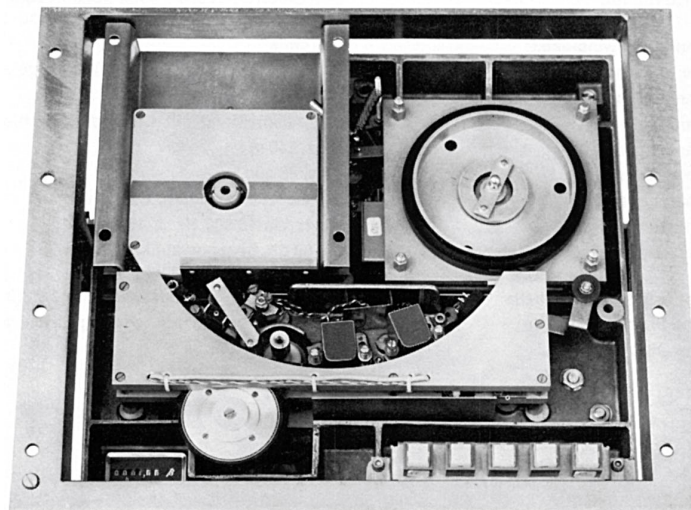


Abbildung 641: Laufwerk Magnetophon 19, die Kassette liegt in der oberen Gerätehälfte links. Bandgeschwindigkeit 9,53 cm/s.

Magnetophon 19 (M 19) – das Studiokassettsystem

AEG-Telefunken hatte um 1970 bei Rundfunkanstalten das „Ein-Mann-Studio“ erprobt, ausgestattet im Wesentlichen mit zwei Magnetbandlaufwerken (M 10) und Einrichtungen für die Zwischenansagen; der Sprecher arbeitete also auch als Tontechniker. Vorteil dieser Anordnung war, dass sie mit den üblichen Archivbändern auskam; nachteilig blieb vor allem, dass nur größere zusammenhängende Programmblöcke, gelegentlich von Ansagen unterbrochen, abgespielt werden konnten. Diese Zwischenlösung lief also unverkennbar darauf hinaus, das Magnetband in Kassetten unterzubringen. Wenn aber diese Kassetten Spielzeiten von wenigstens 20 Minuten haben und einigermaßen handlich bleiben sollten, war unter anderem zu untersuchen, ob moderne Magnetmaterialien mit der Bandgeschwindigkeit 9,53 cm/s eine Qualität bieten konnten, wie man sie von Rundfunkband bei 38,1 cm/s gewohnt war.³⁴⁷³

Als konsequente Lösung stellte AEG-Telefunken Anfang 1972 „Ein Studiokassettsystem mit 9,5 cm/s Bandgeschwindigkeit“ vor, der Prototyp bekam wenig später den Namen „Magnetophon 19“, kurz M 19.³⁴⁷⁴ AEG-Telefunken hatte den (nicht uneingeschränkten) Vorteil, sowohl die Kassette als auch die Peripherie-Geräte bauen zu können.³⁴⁷⁵ Kernstück war eine Ein-Loch-Kassette mit den Abmessungen 127 x 127 x 18 mm, sie war geringfügig voluminöser als die Unisette der BASF (Tabelle 13), dazu für 9,53 cm/s sowie 26 µm dickes Chromdioxid-Band vorgesehen, von dem sie bis zu 240 m aufnehmen konnte, also genug für 40 min Spielzeit – doppelt so lange wie die Unisette (mit Doppelspielband), aber ebensoviel wie ein 1.000-m-Studioband bei 38,1 cm/s. Zwei 2,15 mm breite Stereospuren, dazwischen eine Steuersignalspur, sicherten einen Geräuschspannungsabstand von 60 dB bei guter Höhenaussteuerbarkeit und einer Entzerrungs-Zeitkonstante von 50 µs. Die M 19-Kassette, im Aufbau deutlich einfacher als die Unisette, erfüllte ebenso den einschlägigen Anforderungskatalog der Rundfunkanstalten, zielte aber keineswegs auf so breite Anwendungsbereiche wie ihr Pendant aus Ludwigshafen.

Wie leicht zu sehen, braucht ein Einloch-Kassettsystem eine Vorrichtung zum automatischen Band einfädeln im Magnetbandgerät (Abbildung 641). Vor dem eigentlichen Magnetband war daher ein geriffeltes Führungsband angebracht, das seinen Weg durch den Bandkanal bis zur Aufwickeltrommel fand und sich dort festzog. Auffallend beim M-19-Gerät ist die Kopfanordnung: in Bandlaufrichtung kommt zuerst die übliche Kombination aus Tonwelle und Andruckrolle, dann der Aufnahme- und schließlich der Wiedergabekopf. So findet die Aufzeichnung am Ort der optimalen Laufkonstanz des Bandes statt. – Hier zeigt sich ein systembedingter Vorteil der Ein-Loch-Kassette: alle bandführenden Elemente sind im Aufzeichnungsgerät unterzubringen.

Ein traditionelles Schallarchiv unterscheidet sich in seiner Organisation kaum von einer Bibliothek, und das bedeutet vor allem viel zeitaufwendige Handarbeit – genau das, was mit einem automatisierten System vermieden werden soll. Zum System M 19 gehörte daher ein mechanisiertes, computerunterstütztes Magazin, das über

Förderbänder die Kassetten zu den eigentlichen Abspielstationen transportierte. Ein solches automatisches Kassettenarchiv mit frei wählbarem Zugang hat AEG-Telefunken um 1974 zusammen mit der Maschinenfabrik Wiesbaden und der Siemens AG in Karlsruhe entwickelt.³⁴⁷⁶



Abbildung 642: BASF-Unisette UC Digital, hier noch im Entwicklungsstand von 1971.



Abbildung 643: Unisette, Stand von 1972 mit Kunststoff-Umlenkrollen. Die endgültige Ausführung hatte Messing-Umlenkrollen (Automaten-Drehteile).³⁴⁷⁷

Unisette: Datenspeicher wird Audio-Kassette

Nach Pressemeldungen von Oktober 1970 arbeiteten die Firma Data Recording Instrument Co. (in Staines / Middlesex, England) und BASF „gemeinsam an der Entwicklung und Herstellung eines kompletten Computerband-Kassettensystems“. Wer damals einen Magnetbandspeicher geringer bis mittlerer Kapazität suchte, war auf behelfsmäßige Lösungen wie die zur Datenaufzeichnung „hochgezüchtete“ Compact-Cassetten-Variante Compusette angewiesen, fand aber keine konstruktive Lösung, die den speziellen Erfordernissen der EDV entsprochen hätte. BASF und DRI entwickelten daher eine vielseitig verwendbare Universal-Kassette, bekannt geworden unter dem Markennamen Unisette. Als 1/4-Zoll-Magnetbandsystem – Kassette von BASF,³⁴⁷⁸ Recorder von DRI – war sie erstmals auf der Messe *Computer 70* in London zu sehen. Die Beschreibung lässt bereits deutlich die Absicht erkennen, alle bandlaufbestimmenden Elemente dem Recorder zuzuordnen und im Übrigen die äußere Form so zu gestalten, dass dem Recorder-Konstrukteur möglichst viel Freiheit blieb, was Anzahl und Anordnung der Magnetköpfe sowie des Antriebs anging (möglich waren zwei Capstans mit max. 6 mm Ø). Auch an Audio-Anwendungen war gedacht: „Mit 180 m Dreifachspielband eignet sie sich für spezielle Studiozwecke und für höhere Ansprüche im Heimtonsektor“ – was auf eine Art „Super-Kassette“ für 2 x 30 min Spieldauer bei der Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s hinauslief. Der Unisette, Modell 1971, fehlen noch die Aussparungen für den Eingriff bandzugregelnder Elemente, und sie arbeitete mit Spulen mit beidseitigen Flanschen.³⁴⁷⁹ Die Hauptabmessungen: 148 mm Breite x 90 mm Tiefe x 20 mm Dicke, der Spulen-Achsabstand betrug 72,5 mm.

BASF und DRI beabsichtigten in Sachen Unisette eine Zusammenarbeit mit dem französischen Mischkonzern Engines Matra, die neben der 1/4-Zoll Ausführung auch eine 1/2-Zoll-Version vorsah, letztere nur für die Datenaufzeichnung gedacht. Ob und in welchem Maß dieses für Anfang 1972 geplante Projekt realisiert wurde, ist nicht bekannt,³⁴⁸⁰ wahrscheinlich ist dagegen, dass BASF, nachdem AEG-Telefunken im März 1972 ihre später „Magnetophon 19“ genannte Rundfunk-Kassette vorgestellt hatte, hier auch für die Unisette ein lukratives Feld sah. Weitgehend im endgültigen Zustand (Abbildung 643) präsentierte sich die Unisette auf der AES-Convention Kopenhagen 1974, hier nur noch für Audio-Anwendungen ausgelobt (Rundfunkautomation, Reportage-Geräte, Sprachlabor und anderes mehr). In der Tat könnte man vermuten, die Unisette sei nicht zuletzt ein entschlossener Gegenentwurf zur Compact-Cassette, bei der das „Ausbügeln“ der konzeptionellen technischen Schwächen gerade begonnen hatte. Die Magnetbandklassen-Kennöffnungen im Gehäuserücken hatte die Unisette allerdings nicht übernommen.

Da die Unisette (Stand 1974) für automatisierten Betrieb, also Zuführung zum Gerät durch Roboter und Stapelung in mechanisierten Magazinen gedacht war, hatte sie ein weitgehend ebenes Gehäuse (ohne den Tonkopf-Vorsprung der CC) und besaß seitliche Führungsnuten. Damit unvermeidliche Erschütterungen beim Transport die Bandwickel weder „aufdrehen“ (was beim Bandstart kritische lose Schlaufen zur Folge gehabt hätte) noch auf dem Kern verschieben konnten, waren sie gegen Verdrehung mit einer Rastfeder geschützt, gegen Kippen mit zwei nichtmagnetischen Bremsplatten, die beim Bandstart selbsttätig von den Wickeln abhoben. In ihrer endgültigen Ausführung war die Unisette 148 mm breit, 94 mm tief und 19 mm dick, mit einem auf 64 mm reduzierten Achs-Abstand.³⁴⁸¹

Nach wie vor besagte die wichtigste Entwurfs-Leitlinie, die Bandführung ausschließlich dem Gerät zu überlassen, das heißt, aufwendige Präzisionsteile und Justagevorrichtungen landeten in den (weniger zahlreichen) Recordern, dafür konnte das (in großen Stückzahlen anfallende) Austauschprodukt Unisette verhältnismäßig einfach und preisgünstig gehalten werden. Das 6,3 mm breite Magnetband war auf flanschlose Kerne gewickelt,

so dass weder die Stirnflächen der Kerne noch der Bandwickel am Gehäuse streiften. Die Kerne und damit die Bandwickel wurde beim Einsetzen der Unisette ins Gerät automatisch in der richtigen Höhe fixiert, ebenso die Umlenkrollen mit ihren großen Laufflächen- und Achsloch-Durchmessern, in der endgültigen Ausführung hochpräzise Messing-Drehteile anstelle der früheren, nie ganz „runden“ Kunststoff-Spritzguss-Version.³⁴⁸² Sorgfältigst durchdacht und gestaltet war die Unisetten-Vorderfront, um, wie gesagt, dem Geräte-Konstrukteur möglichst große Freiheit zu geben. Eine große, mittig angeordnete Öffnung bot reichlich Platz für vielfältige Kombinationen von Lösch-, Aufnahme-, Wiedergabe- oder Kombiköpfen, ohne eine bestimmte Spuranordnung vorzugeben. Zwei Durchbrüche für maximal 7 mm starke Capstans erlaubten die Wahl zwischen Dual-Capstan-Antrieb, separaten Capstans für Rechts- oder Linkslauf oder dem herkömmlichen Antrieb (die Unisette war zudem wendesymmetrisch gebaut). Weiter nach außen blieben zwei Eingriffssöffnungen für Bandzugregelungs-Sensoren frei. Die beiden Wickelräume der Unisette boten Platz für 86 m Langspiel-, 114 m Doppelspiel- oder 171 m Dreifachspielband, jeweils für 15, 20 oder 30 Minuten Spielzeit bei der Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s. Dank Halbspur-Stereo-Aufzeichnung, Chromdioxid-Band, der Entzerrungs-Zeitkonstante 50 μ s und einem hochwertigen Rauschminderungssystem (im professionellen Bereich Telefunken highcom oder Dolby A) kamen die Aufzeichnungseigenschaften durchaus an die Qualität von Studioband bei 38,1 cm/s heran (mit der Entzerrungs-Zeitkonstante 35 μ s auch ohne elektronische Rauschminderung).

Das UNImatic-Laufwerk von Nordisk Electroakustik und EMT Franz

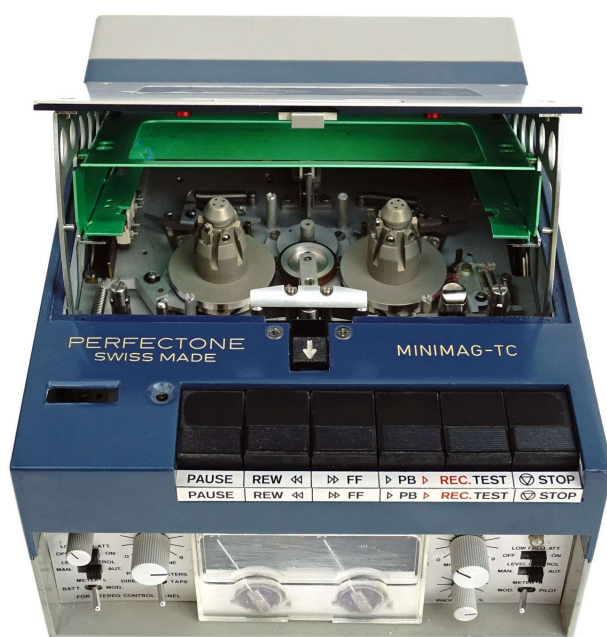


Abbildung 644: Das Unisette-Reportagegerät der Firma Produits Perfectone S.A. in Biel (Schweiz). Die Unisette wäre, mit dem Rücken zuerst, in den grünen Einschubträger einzuschieben gewesen. Im Bild ein Prototyp; das Gerät kam nicht zur Fabrikationsreife.

Ein weiteres Laufwerk für die Unisette namens UNImatic entwickelte die dänische Firma Nordisk Elektroakustik A/S, Lyngø, in Zusammenarbeit mit dem Studio-Ausrüster EMT-Franz in Lahr. Der Norwegische Rundfunk Oslo hatte um 1978 eine darauf zugeschnittene, weitgehend von Mikroprozessoren gesteuerte „Ein-Mann-Studioeinrichtung“ mit automatischem elektronischem Schnitt verwirklicht, die insbesondere das Zusammenstellen von Nachrichtenbeiträgen rationalisieren sollte. Die Konfiguration bestand im Wesentlichen aus zwei Zuspield- und einer Aufnahmemaschine, dazu die Bedien- und Steuerelemente.³⁴⁸³

Neben dieser „konventionellen“ Anwendung als Tonaufnahme- und Wiedergabesystem im professionellen Bereich stand das Logmatic genannte System, das aktuelle und stets ohne Betriebsunterbrechung aktualisierte Wetterinformationen an Flugzeug-Piloten übermitteln sollte. Ein ähnlicher, per Telefon abrufbarer Ansagedienst hatte Reisende mit Straßenzustands- und Wetterberichten sowie Nachrichten zu versorgen. Installationen dieser Dienste waren für 1976 vorgesehen, sind aber nicht dokumentiert. – Das Reportagegerät Minimag-TC, das die Firma Produits Perfectone S.A. in Biel (Schweiz, Kanton Bern) entwickelt hatte, kam nicht zur Fabrikationsreife.³⁴⁸⁴

Das Cassette Automation Modular System (CAMOS 3000) der Willi Studer AG

Wie beim System M 19 der AEG-Telefunken, gehörte zu einem auf Unisetten aufbauenden Betriebsablauf ein automatisiertes Magazin. 1974 hatte die Schweizer Firma Willi Studer AG mit der Entwicklung des auf Unisette abgestimmten CAMOS 3000 (Cassette Automation Modular System) begonnen, erstmals gezeigt 1976 in Zürich. Das Zentrum dieses komplexen Systems, die Cassettenmaschine CAD 3010, hatte äußerlich überhaupt nichts mehr mit einem Studio-Tonbandgerät gemein, war vielmehr für den Einbau (mit senkrecht stehender Frontplatte) in einen „Spielerturm“ mit bis zu vier Maschinen gedacht, dem die Unisetten von einer Speicherkette oder aus mechanisierten Kassettenarchiven zugeführt wurden. Die verschiedenen Betriebsweisen – etwa das Arrangieren von Einzelaufnahmen für einen Werbeblock – steuerten handelsübliche Kleinrechner.³⁴⁸⁵

Bis zum perfekten Zusammenspiel aller Komponenten vergingen allerdings weitere drei Jahre, und so konnte die erste seriengefertigte CAMOS-Anlage beim damaligen Süddeutschen Rundfunk Stuttgart erst 1983 den Betrieb aufnehmen. Modernste Computertechnik steuerte den gesamten Transport, die Abspielmaschinen wurden ferngesteuert vom Sendemischpult aus bedient. Allerdings verkaufte Studer nur so wenige CAMOS-Anlagen, dass von Kostendeckung keine Rede sein konnte.³⁴⁸⁶

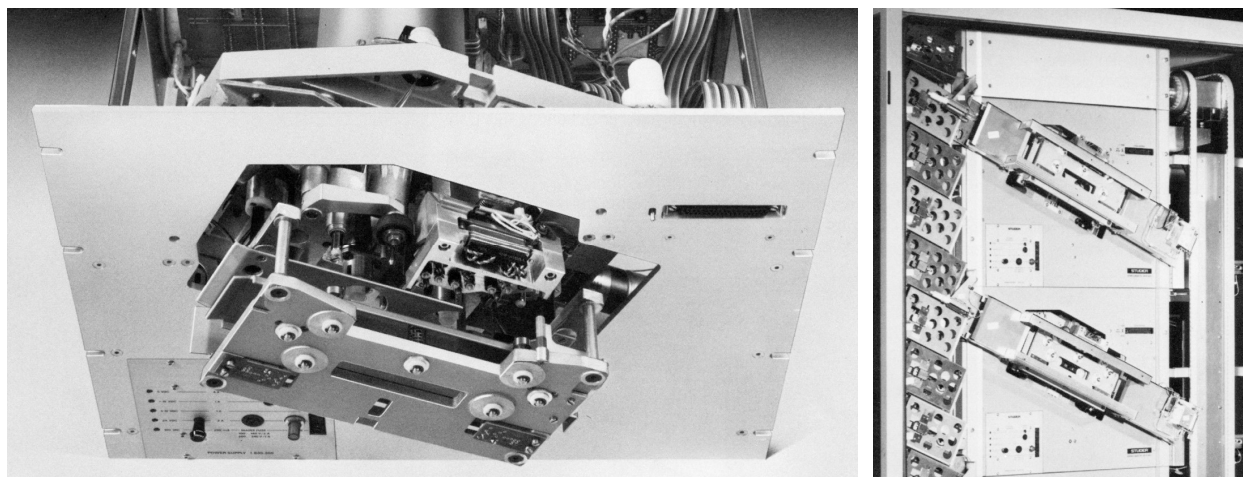


Abbildung 645: Studer CAMOS 3000, das automatisierte Abspielsystem für die Unisetten. (LINKS): das eigentliche Laufwerk CAD 3010, dem die Unisetten über schräg abfallende Gleitschienen zugeführt wurden. (RECHTS): Dem Spielerturm wurden die Unisetten über Einlagerspeicherketten zugeführt (dazu gehören die gelochten rechteckigen Platten) und von einer Auslagerspeicherkette wieder in das Kassettenarchiv zurücktransportiert.

Chromdioxid-Magnetband für Unisetten und M 19

Dass die bereits 1972 konstruktiv abgeschlossene Unisetten erst 1974 im professionellen Audio-Bereich auftrat, dürfte vor allem auf die lange ungelöste Bandfrage zurückgehen. Angesichts der Vorgabe der Rundfunkanstalten, Aufzeichnungen auf Unisetten müssten eine eher nach Jahrzehnten bemessene Lebensdauer haben, war der naheliegende Einsatz von Chromdioxid-Magnetband nicht unproblematisch, allerdings konnten die verfügbaren Eisenoxid-Pigmente die elektroakustischen Anforderungen gleich gar nicht erfüllen. Chromdioxid der damaligen Entwicklungsstufe neigte zu Remanenzverlusten bei warmer und relativ feuchter Lagerung.³⁴⁸⁷ Mehrere Anläufe führten bis 1976 zu stabileren Chromdioxiden,³⁴⁸⁸ die immerhin die dreifache „Lebensspanne“ der Standardtypen erwarten ließen (39 Jahre bei 25 °C und 50 % Luftfeuchtigkeit, aber *nur* 20 Jahre bei 25 °C und 70 % RF).³⁴⁸⁹ Erst die ab 1977 verfügbaren Chromdioxid-Stabilisierungsverfahren lieferten verlässlich langlebige Bänder. Andere Bandtypen – etwa mit hochkoerzitiven, kobalt-dotierten Eisenoxid-Pigmenten oder, ab 1979 verfügbar, die wesentlich teureren Metallpigment-Bänder – standen danach weder für die Unisetten noch für Magnetophon 19 zur Diskussion.

Tabelle 13: Vergleich zwischen Unisetten – M 19 – Elcaset – Compact-Cassette

Parameter	Unisetten	M 19	Elcaset	Compact-Cassette
Typ	Zweiloch-Kassette	Einloch-Kassette	Zweiloch-Kassette	Zweiloch-Kassette
Anwendungsbereich	professionelle Tonaufzeichnung	professionelle Tonaufzeichnung	Endverbraucher	Endverbraucher
Abmessungen in mm	148 x 94 x 19,5	127 x 127 x 18	152 x 106 x 16	100 x 64 x 9
Volumen in ml	271,3	290,3	257,8	57,6
Relatives Volumen (Compact-Cassette = 1)	4,7	5,0	4,5	1,0
Bandgeschwindigkeit	9,5 cm/s	9,5 cm/s	9,5 cm/s	4,75 cm/s
Bandlänge in m	86 m LP	240 m DP	172 m	TP 86 m
	114 m DP			QP 120 m
	171 m TP			XP 172 m
Spielzeit in min und Bandsorte	15 mit LP	40 (!) mit DP	2 x 30	C 60 2 x 30 TP
	20 mit DP			C 90 2 x 45 QP
	30 mit TP			C 120 2 x 60 XP

LP = Langspielband, Banddicke 35 µm; DP = Doppelspielband, Banddicke 26 µm

TP = Dreifachspielband, Banddicke 18 µm, QP = Vierfachspielband, Banddicke 12 µm, XP = Sechsfachspielband, Banddicke 9 µm

Rundfunkautomatisierung: ein Zwischenschritt zur digitalen Lösung

Wenn für den Sendungsablauf eines Programms jeden Tag sechs Tontechnikerinnen und Tontechniker bezahlt werden müssen, ist jeder Betriebsleiter versucht, das Abspielen der Tonträger so weit zu automatisieren, dass technisch versierte Sprecher eine Sendung auch allein „fahren“ konnten. Hier engagierte sich gegen Ende der 1970er Jahre der damalige Süddeutsche Rundfunk Stuttgart am stärksten, indem er 1985 auf Basis der Studer-Entwicklung CAMOS 3000 das „SEKAMOS“-Projekt umsetzte. 36.000 Musiktitel in einem vollautomatischen Kassettenhochregallager und vier Spielertürme mit je vier Unisetten-Maschinen waren für diese „Sendeabwick-

lung mit Kassetten-Modulationsspeicher“ installiert worden.³⁴⁹⁰ Das System erfüllte allerdings nicht alle Erwartungen – wenn es kritisch wird oder improvisiert werden muss, ist das „Fahren“ einer Sendung eben doch kein triviales Problem, und so setzten sich weder Unisetten noch M 19 bei ARD oder anderswo durch.

Gegen Ende der 1980er Jahre zeigte sich, dass mit dem Gerätepark der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) viele Betriebsaufgaben zuverlässig und auf mittlere Sicht kostengünstig zu lösen war – die „digitale Musikabwicklung“ DIMOS (Digitaler Modulations-Speicher) zog beim Rundfunk ein. Wie Computer und Festplatten die Magnetbandgeräte, so ersetzten in den Redaktionen bildschirm-orientierte Schnittprogramme die Zauberkünste der TontechnikerInnen: jeder Medienjournalist konnte so lange am Monitor probieren, bis er den unhörbaren Schnitt beherrschte. „Metadaten“ (mit dem Musik-Datenfile gespeicherte Informationen) erleichterten und beschleunigten die Verwaltungsarbeit. Kein Wunder also, dass die Magnetbandgeräte bald nur noch „*versteckt in einer Truhe*“³⁴⁹¹ anzutreffen waren, ansonsten nur noch dort, wo die Schallarchiv-Bestände auf digitale Träger überspielt wurden. Auch hier war nicht mehr zu übersehen: nach fünfzig Jahren hatte die Magnet-Platte das Magnet-Band als Tonträger des Rundfunks abgelöst.

Elcaset – „The Battle of the King Sized Cassettes“

Während Magnetophon 19 der AEG-Telefunken unmissverständlich in den Studiobereich gehörte, bekam es die Unisetten im Heimtonbereich mit einem vermeintlichen Konkurrenten zu tun, nämlich der Elcaset aus Japan. Doch um es vorweg zu nehmen: die herbeigeredete Schlacht wurde nie geschlagen, denn der Autor der Streitschrift hätte sehen müssen, dass die Kontrahenten, Unisetten und die „Hi-Fi-Revolution aus Japan“, für zwei verschiedene Marktsegmente mit nur kleiner Schnittmenge konzipiert waren.³⁴⁹² Aber auf dem Papier konnte man die beiden Großformate eben schön geräuschvoll aufeinander loslassen!

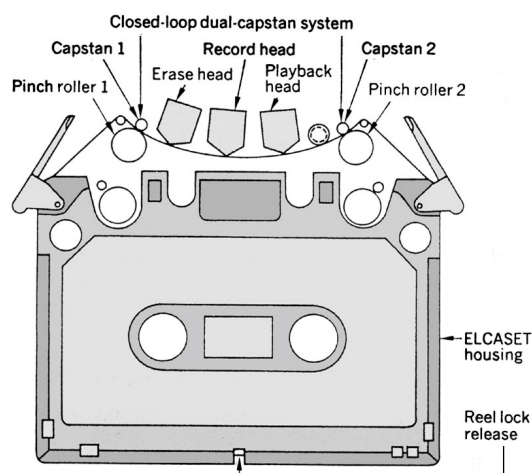
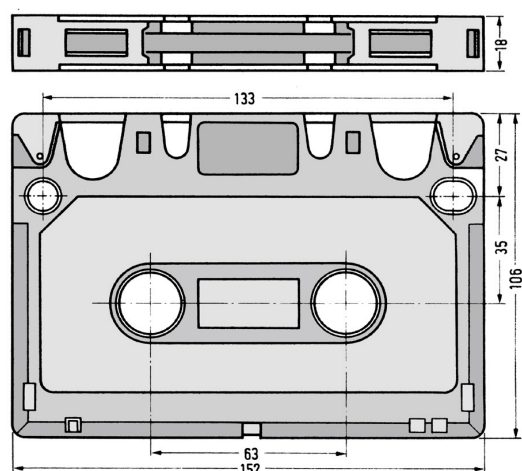


Abbildung 646: Die Elcaset-Abmessungen. Abbildung 647: Anordnung der Magnetköpfe und der Antriebselemente im Elcaset-Recorder.

1976 unternahmen drei japanische Firmen – Sony, Panasonic (Matsushita) und TEAC – einen ganz im Stillen vorbereiteten Anlauf,³⁴⁹³ der Compact-Cassette den anspruchsvollen HiFi-Bereich mit einer aufwendigen konstruierten Großformat-Kassette streitig zu machen. Nach der Devise „*the best of both worlds*“ sollte die Elcaset (angeblich von „large cassette“ abgeleitet) die Aufzeichnungsqualität hochwertiger Spulen-Tonbandgeräte (mittels hochkoerzitivem 6,3 mm-Band und der Standard-Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s) mit den Handhabungsvorteilen der Kassetten verbinden, wie einfaches Einlegen, Schutz des Bandes und automatische Bandsortenumschaltung. Neu waren bei der Elcaset zwei entlang der Mittellängsachse des Bandes angeordnete Steuerspuren, die für so attraktive Zwecke wie Diasteuerung oder Schmalfilm-Synchronisation gedacht schienen, vorrangig aber dem schnellen Anfahren eines Musiktittels dienten.³⁴⁹⁴

Eine gewisse Halbherzigkeit sprach aus der beschränkten Spielzeit: vorgesehen waren maximal 2 x 45 min, was für Klassik-Musikfreunde den Gebrauchsnutzen doch erheblich einschränken musste. Mit der Unisetten hatte die Elcaset gemeinsam, dass überwiegend geräteseitige Bauelemente das Band führten (wenn auch nicht so konsequent wie bei der Unisetten; so waren z.B. zwei Beilagefolien und zwei kassettenfeste Umlenkrollen vorgesehen).³⁴⁹⁵ Zum Ab- und Bespielen zog ein, verglichen mit Video-Kassetten erheblich einfacherer, Mechanismus das Band aus der Elcaset, vermutlich, um die Magnetköpfe auf einem ortsfesten Kopfträger (und damit leichter justierbar) montieren zu können. Charakteristisches äußeres Merkmal der Elcaset waren zwei aufklappbare Flügel in den Gehäuseecken, die bei Nichtbenutzung einen Teil der freiliegenden Bandlänge abdeckten.

Trotz ihrer zumindest technisch unbestreitbaren Überlegenheit über die Compact-Cassette, Stand 1976 / 1977, war Elcaset kein Erfolg. Mit wenigen Worten eines Internet-Beitrags begründet:

The system was technically excellent, but a total failure in the marketplace, with a very low take up by a few audiophiles only. Apart from the bulky cassettes, the performance of standard cassettes improved dramatically with the use of new materials such as chromium dioxide, and better manufacturing quality. For most people, the quality of cassettes was adequate, and the benefits of the expensive Elcaset system limited.³⁴⁹⁶

Der Verfasser weiß auch zu berichten, was aus den Elcasetts geworden ist: eine in Finnland ansässige Firma nahm Sony im Jahr 1979 Geräte und Kassetten *en bloc* ab und verkaufte alles zu attraktiven Preisen, zumal Service und Kassettennachschub für zehn Jahre garantiert waren.³⁴⁹⁷ So dürfte Finnland zur Region mit der weltweit größten Elcaset-Dichte geworden sein. – BASF hat sich am Elcaset-System nicht beteiligt.

Auch der Versuch, Elcaset als Speichermedium eines digitalen Audiosystems zu qualifizieren, blieb erfolglos.³⁴⁹⁸ Diese Fußnote zur Elcaset-Geschichte schrieb 1981 das PCM-Kassettendeck RT-X1 der japanischen Firma Sharp, und zwar mit einem der wenigen Versuche, mit Längsspur-Aufzeichnung bei der Bandgeschwindigkeit 12 cm/s ohne Datenkompression auszukommen. Als kompakte Alternative zu den ersten Audio-Digital-Aufzeichnungsanlagen, einer Kombination von PCM-Prozessor und Videorecorder, gedacht, wies das RT-X1 zwar eine Menge technisch interessanter Details auf. Doch ungeachtet seiner vorausweisenden Kopfkonstruktion – 20-Spur-Halbleiterköpfe mit 180 µm Aufnahme- und 150 µm-Wiedergabespurbreite mit jeweils 120 µm breiten Trennspuren –, der 14-bit-Auflösung und der Abtastfrequenz 44,1 kHz, scheint das Gerät über seine Vorstellung nicht hinausgekommen zu sein ³⁴⁹⁹ – möglicherweise dachten gut Informierte schon 1981 über eine Lösung nach, wie sie 1986 das wesentlich kompaktere DAT-System als Audio-Digitalrecorder verwirklichte.

Abbildung 648: Das Elcaset-Gerät EL-5 von Sony (1977).

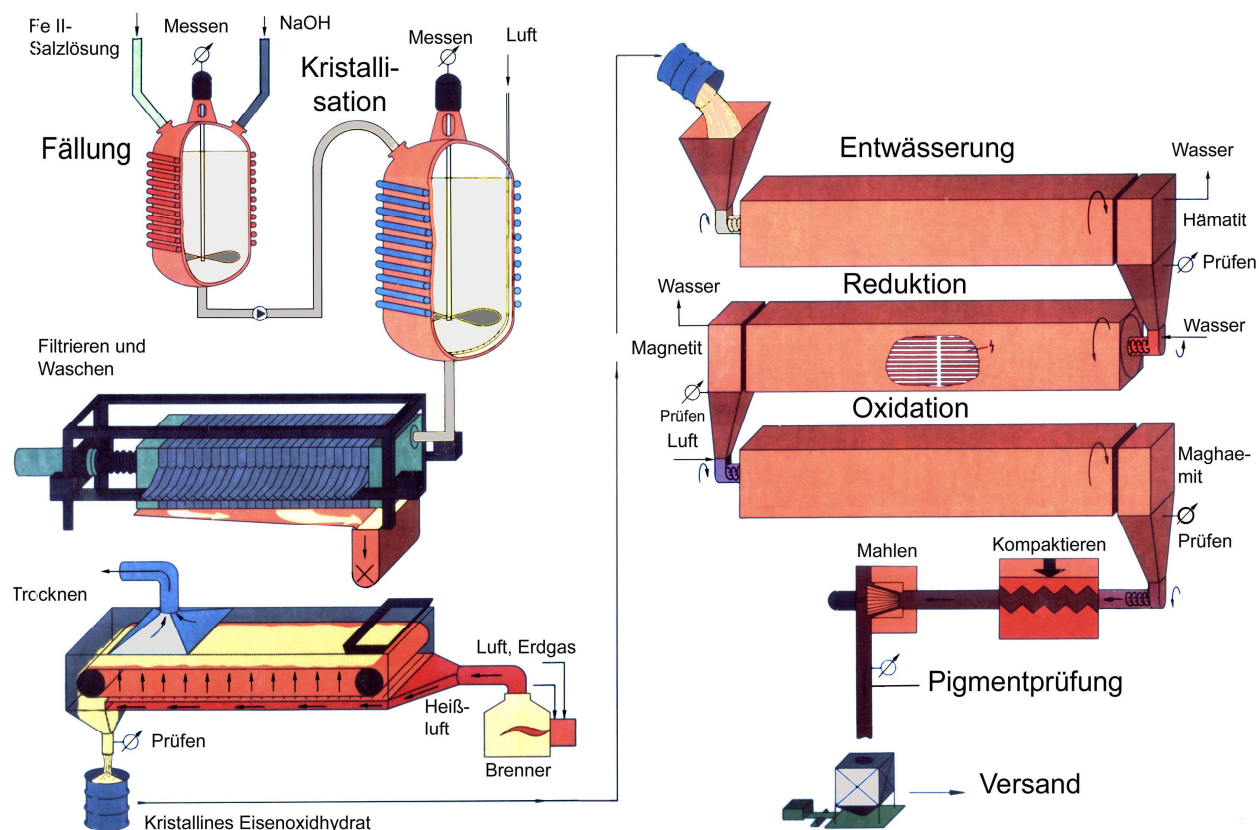


Abbildung 649: Modernes Produktionsverfahren für Eisenoxid (Fe_2O_3) für Audio-Magnetbänder, Stand etwa 1982.

Neue Magnet-Materialien

Chromdioxid

Einem Mitarbeiter des deutschen Chemikers Friedrich Wöhler (1800 – 1882) fiel 1859 beim Experimentieren mit Chromverbindungen auf, dass ein Oxidationsprodukt an einem magnetisierten Messer hängenblieb. Wöhler ging der Sache nach, vor allem deshalb, weil Chrom selbst nicht magnetisch ist, wohl aber diese Verbindung, die er „Chrombioxyd“ nannte und als deren Formel er CrO_2 (nach damaliger Schreibweise) angab.³⁵⁰⁰ Einen praktischen Nutzen fand Wöhler für den synthetischen, ferromagnetischen Stoff nicht, und dabei sollte es, ausgenommen periphere Erwähnungen in wissenschaftlichen Magazinen, fast hundert Jahre bleiben.

Der amerikanische Chemiekonzern E.I. duPont de Nemours and Company hatte Ende 1946 mit der Entwicklung erster Magnetfilmmuster begonnen, die 1947 in den Verkauf gingen.³⁵⁰¹ Ob die Firma, die ja auch fotografische Filme herstellte,³⁵⁰² danach durchgängig weiter an Magnetträgern arbeitete, ist nicht bekannt, aber wahrscheinlich, da sie 1955 wenigstens zwei Patentanmeldungen in Sachen Chromdioxid-Synthese einreichte. Vielversprechend erschien die ausgeprägte Nadelform der Kristalle, doch war zunächst keine höhere Koerzitivfeldstärke als 35 bis 155 Oe (3 – 9 kA/m) zu erreichen,³⁵⁰³ etwa so viel wie bei den Fe_2O_3 -Pigmenten von 1939.

Technisch nutzbar wurde Chromdioxid, als seine Eigenschaften mittels Schwermetall-Dotierung so gesteuert werden konnten, dass es für Magnetspeicher einsatzfähig wurde.³⁵⁰⁴ 1965 ging duPont das Projekt Crolyn an; dieses 1967 angekündigte, erste marktfähige Chromdioxid-Band, ein Drittel teurer als Eisenoxidband,³⁵⁰⁵ sollte die Bildauflösung semiprofessioneller Videorecorder verbessern. So waren sowohl der erste ½-Zoll-Videorecorder LDL 1000 (1969, Seite 567) als auch der erste Video-Kassetten-Recorder, N 1500 (1970) von Philips für Crolyn-Band ausgelegt. DuPont versuchte Mitte der 1960er Jahre vergeblich, Crolyn als Computerband einzuführen.³⁵⁰⁶

In Deutschland dürfte zuerst Bayer AG beziehungsweise Agfa Leverkusen mit Chromdioxid-Untersuchungen begonnen haben, wie eine instruktive Patentschrift von 1963 zeigt.³⁵⁰⁷ Danach erreichte Agfa mit antimon-dotiertem Chromdioxid Koerzitivfeldstärken von immerhin 22 bis 32 kA/m, erkannte aber als größeren Vorzug die Vorteile, die das neue Pigment bei der Verarbeitung bot: Dispergierzeiten, die um den Faktor 3 kürzer waren als bei Eisenoxiden und höhere Füllgrade (Volumenfüllfaktoren) bis 50 %, daher höhere Aussteuerbarkeit bei gleicher Schichtdicke. Die Hysteresis-Kurve war nahezu rechteckig, und, ein in der Praxis nicht zu unterschätzender Vorteil, Chromdioxid war elektrisch leitfähig, so dass sich derartige Bänder nicht elektrostatisch aufluden. Die Untersuchungen wurden auch auf das Kontaktkopieren unter Ausnutzung der niedrigen Curie-Temperatur von Chromdioxid ausgedehnt (hier: Seite 602). Dass die Patentschrift die Kopierdämpfung nicht erwähnt, könnte ein Indiz dafür sein, warum Agfa seinerzeit nicht an die Öffentlichkeit ging; freilich ist ebenso gut möglich, dass Agfa oder Bayer die hohen Herstellkosten des Chromdioxids abschreckten.

Spätestens seit 1967 untersuchte auch BASF Chromdioxid. Zwei Patentschriften, „*Ferromagnetisches Chromdioxid*“ vom März 1970 und „*Verfahren zur Herstellung von hochkoerzitivem Chromdioxid*“ zeigen, dass die BASF-Magnetoxid-Fabrik nach eigenen Dotierungsverfahren suchte, um möglichst von duPont-Patenten unabhängig zu werden.³⁵⁰⁸ Laut einer Labornotiz aus dem gleichen Zeitraum wurde untersucht, wie sich Chromdioxid bei der Annäherung an den Curie-Punkt verhält,³⁵⁰⁹ vermutlich im Zusammenhang mit einem aktuellen duPont-know-how-Angebot zum thermischem Kopieren von Audio- und Videoaufzeichnungen mit Chromdioxid-Band.³⁵¹⁰

Zur Funkausstellung 1970 (in Düsseldorf, fast noch auf heimischem Boden) präsentierte sich Agfa-Gevaert Leverkusen als „*erster europäischer Hersteller*“³⁵¹¹ mit ihrer Stereochrom-Kassette auf Basis eines von der Bayer AG gefertigten, tellur-dotierten Chromdioxids. Deutsche Gerätehersteller (darunter selbst Philips) zeigten sich unvorbereitet, lediglich Uher hatte einen geeigneten Recorder anzubieten. Weitere Modelle zeigten Aiwa sowie die amerikanischen Firmen Harman-Kardon (CAD-5) und Advent (Advent 200), beide unter den ersten Recordern mit Dolby B-Rauschminderung. Zu dieser Zeit lieferte duPont in den USA bereits CrO_2 -Kassetten aus.³⁵¹²

Wie nicht anders zu erwarten, richteten sich große Hoffnungen auf das neue Magnetmaterial, von dem man sich insbesondere höhere Qualität im Compact-Cassetten-System versprach. So fand denn auch eine Pressemitteilung der BASF starke Resonanz: Im Mai 1971 hatte sie von E.I. duPont de Nemours eine Lizenz erworben, nach der sie chromdioxid-beschichtete Magnetmaterialien fertigen und – das war die Besonderheit – das Chromdioxid auch selbst produzieren konnte.³⁵¹³ Offensichtlich boten die duPont-Grundlagen bessere Chancen zur Weiterentwicklung als die eigenen Ansätze. Die anderen (teils erst später hinzugekommenen) Chromdioxid-Lizenznehmer Agfa, Ampex, Memorex, Philips und (als einziger japanischer Interessent) Sony bezogen,³⁵¹⁴ auch als Folge von duPonts restriktiver Lizenz-Politik,³⁵¹⁵ nur das Pigment von duPont, um daraus Bänder zu fertigen. 3M forcierte daraufhin seine „high-energy“ Pigmente, kobaltdotierte Eisenoxide,³⁵¹⁶ hielt aber um 1977 ebenfalls eine Chromdioxid-Lizenz.³⁵¹⁷

Folgerichtig stellte BASF zur Internationalen Funkausstellung Berlin 1971 ihre ersten Chromdioxid-Compact-Cassetten vor, und zwar gleich ein komplettes Sortiment von C 60, C 90 bis zur C 120 mit der „Sicherheits Mechanik SM“ gegen das Festlaufen des Bandes in der Kassette.³⁵¹⁸ Das Pigment war noch zugekauft.³⁵¹⁹

Die Chromdioxid-Produktion der BASF begann 1972 mit der bescheidenen Menge von 1 Tonne pro Monat. Die Produktion stieg rapide an; 1984 waren als Jahres-Kapazität 2.800 Tonnen verwirklicht, 1989 ausgebaut bis auf 5.000 Tonnen pro Jahr, und 1992 waren schließlich 8.000 Tonnen pro Jahr erreicht. Zum Jahresende 1988 hat-

te sich die bisherige Produktionsmenge auf 20.000 Tonnen summiert, und bereits vier Jahre später, im Oktober 1992, war die 40.000ste Tonne erreicht.

Chromdioxid ist nicht umsonst zum Wegbereiter der Compact-Cassette zur „hohen Wiedergabetreue“, also „Hi-Fi“, ernannt worden. In den Jahren 1970 bis etwa 1978 war es Eisenpigmenten in vieler Hinsicht überlegen: der Frequenzbereich, den Compact-Cassetten (und die Recorder, zu deren Weiterentwicklung es erst den Anlass geboten hatte) abdeckten, erweiterte sich von 150 – 6.000 Hz ± 6 dB³⁵²⁰ schrittweise bis auf 30 Hz – 16 kHz bei verbesserter Tiefen-, vor allem aber komfortabler Höhen-Aussteuerbarkeit, insbesondere bei Wellenlängen unter 5 μ m (das heißt, oberhalb von 10 kHz).³⁵²¹ Chromdioxid-Bänder waren bekannt für geringes Rauschen, in erster Linie dem geringen Volumen der Pigmentnadeln, daneben den glatten Magnetband-Oberflächen zu verdanken – allerdings auch einer (später umstrittenen) Normänderung (Seite 507).

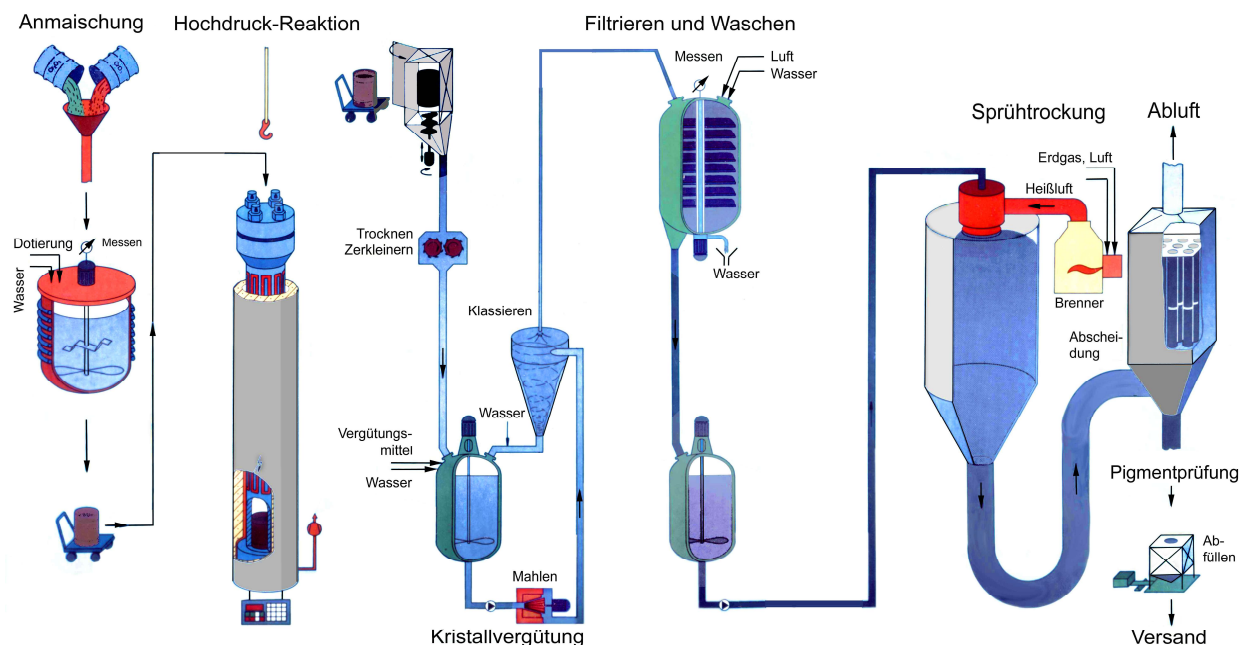


Abbildung 650: Produktionsschema der Chromdioxid-Herstellung, Stand 1982.

Rein mengenmässig betrachtet, dürften die größten Chromdioxid-Mengen in Videokassetten, und hier vor allem VHS-Kassetten, verarbeitet worden sein. Ähnlich wie bei professionellen Videobändern, Endverbraucher-Videokassetten und Computer-Kassettenbändern bewies Chromdioxid Überlegenheit am deutlichsten bei kurzen Wellenlängen (bis herab zu etwa 1 μ m) beziehungsweise hohen Schreibdichten. Versuche, Audio-Studio-Bänder auf Chromdioxid-Basis für die Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s zu entwickeln, ließen keine ausgeprägten Vorteile gegenüber speziell entwickelten Eisenoxiden erwarten, so dass derartige Ansätze praktisch schon im Diskussionsstadium endeten. Ausnahmen machten nur das Chromdioxid-Band für die Unisetts (Seite 520) und das Audio-Loop-Bin-Masterband SPM 50 CR (1983, ab 1984 Loop Master 920), die beide für die Bandgeschwindigkeit 9,53 cm/s konzipiert waren und mit besonders ausgeprägter Höhenaussteuerbarkeit aufwarteten. Dagegen bestätigte der vergebliche Anlauf der EE-Bänder (Seite 392 f.) für Spulentonbandgeräte, dass Chromdioxid-Band bei höheren Geschwindigkeiten einfach keinen überzeugenden Gegenwert für seinen höheren Preis bietet, ebenso wenig wie die konkurrierenden kobaltdotierten Eisenoxidbänder.

Musikkenner lobten das niedrige Modulationsrauschen des Chromdioxid-Bands,³⁵²² das während der kurzen Musicassetten-Blüte auch hochwertigen Produkten zahlreicher Duplizierer (etwa DGG, EMI und Mobile Fidelity) zugute kam. Nicht ohne praktische Bedeutung war auch, dass sich Chromdioxidbänder problemlos und ohne „Memory-Effekt“ löschen ließen, also nicht die für bestimmte Eisenoxid-Pigmente typischen Schwächen zeigten. Die Kopierdämpfung von Chromdioxid lag (1983) bei etwa 52 – 53 dB; kurz vor dem Auslaufen der CrO₂-Audio-Rohwickelproduktion galten Messergebnisse von knapp unter 60 dB als Regel.

Chromdioxid-Bänder konnten besonders häufig verlustfrei abgespielt werden, weil das Material auf mechanische Belastung nicht mit Magnetisierungsverlusten reagierte, anders gesagt, seine Magnetostriktion war vernachlässigbar klein, anders als bei manchen Eisenoxiden. Mechanisch beansprucht wird das Band z.B. in Audio- und Video-Kassetten, wenn es um Rollen und Stifte herumläuft.

Zu den Chromdioxid-Vorteilen zählten neben seiner hohen Magnetisierbarkeit auch die enge Schaltfeldstärkenverteilung (die unter anderem die gewünschte hohe Empfindlichkeit sichert) und seine elektrische Leitfähigkeit, die keine statische Aufladung des Bandes zuließ, so dass Funken und Überschläge beim Umspulen, Schnelkopieren und Einspulen des Bandes in das Kassettengehäuse ausblieben.

Mindestens gleichgewichtig waren die Verarbeitungsvorteile, die Chromdioxid in der Magnetband-Produktion bot. Die Nadeln waren überwiegend gleich groß und vor allem glatt, ohne die bei Eisenpigmenten so missliebigen Büschelbildungen und Auswüchse. Chromdioxid verband sich daher schon nach kurzer Dispergierzeit mit den anderen Dispersionsbestandteilen, ließ sich im Magnetfeld leicht und nachhaltig ausrichten und lieferte sehr glatte Schichten, womit der enge Kontakt zur Magnetkopf-Oberfläche gesichert war. CrO_2 -Rezepturen waren frei von Stützsubstanzen (Cr_2O_3 oder Al_2O_3), ohne die Rezepturen mit anderen Pigmenten kein gutes Abrasivitäts- und Laufverhalten zeigten.

Eher als Nachteil erschien zunächst die niedrige Curie-Temperatur von Chromdioxid, die kaum höher als 130°C liegt (bei Eisenpigmenten oberhalb von 600°C). Da allerdings auch Polyester-Folien kaum höhere Temperaturen vertragen, bedeutet dies für die Praxis keine spürbare Einschränkung, sondern eröffnet im Gegenteil die Möglichkeit zum thermoremanent Kopieren (Seite 602), was E.I. duPont de Nemours bereits seit 1970 als besonderen Anreiz in Lizenzverhandlungen einbrachte³⁵²³ und spätestens seit 1971 öffentlich demonstrierte.³⁵²⁴

An Chromdioxid beziehungsweise Chromdioxid-Cassetten ließen sich verblüffende Größen- und Zahlenverhältnisse demonstrieren. Manfred Ohlinger, lange Jahre Leiter der BASF-Chromdioxid-Fertigung, zeigte dies anlässlich einer Pressekonferenz im Jahr 1984 (als BASF AG das Jubiläum „50 Jahre Tonband“ feierte):

Wir alle kennen die Compact-Cassette. Sie enthält durchschnittlich 6 g Chromdioxid. Wie bereits erwähnt, ergeben 3.000 Chromdioxidnadeln eine Strecke von nur 1 mm. Würde man die Chromdioxidnadeln, die in dieser Cassette verarbeitet sind, aneinanderreihen, so ergäbe sich daraus eine Strecke von 1 Million Kilometer – die Compact-Cassette enthält somit 10^{15} Chromdioxidkristalle. Unter dieser Zahl kann man sich wenig vorstellen. Verständlicher wird sie, wenn man sich verdeutlicht, daß die Zahl der Sekunden, die seit der Faltung der Alpen vor ca. 30 Millionen Jahren vergangen sind, genau so groß ist.³⁵²⁵

Etwa ab der Mitte der 1980er fertigte BASF, außer E.I. duPont de Nemours der einzige Chromdioxid-Produzent, etwa $\frac{2}{3}$ der Weltproduktion, anders gesagt, die Produktion von duPont war etwa halb so groß wie die der BASF. Seit duPont die Chromdioxid-Produktion kurz nach Jahresbeginn 1999 eingestellt hatte, war BASF sogar der einzige Hersteller, gab dieses Produkt allerdings im Jahr 2003 ebenfalls auf.³⁵²⁶ Die drei Jahrzehnte dauernde Lebenskurve eines einst hochgelobten Produkts endete abrupt und glanzlos: „Die Insolvenz eines Kunden [gemeint ist EMTEC] führte im BASF-Werk Ludwigshafen zur Einstellung der Produktion von Chromdioxid-Pigmenten für Magnetbänder. In diesem Chromdioxid-Betrieb werden nach dem Umrüsten der Anlage künftig Farbpigmente produziert. 18 Arbeitsplätze können so an diesem Standort erhalten werden“.³⁵²⁷

Chromdioxid unter Verdacht: giftig und abschliffreudig?

Bereits kurz nach der Ankündigung von Chromdioxid wurden Stimmen laut, die auf seine angebliche starke Giftigkeit hinwiesen und auf Gefahren,³⁵²⁸ die von der Lagerung verbrauchter Chromdioxid-Magnetbänder auf Mülldeponien ausgingen. Insbesondere in Japan fanden solche Berichte spürbare Resonanz.³⁵²⁹ Teils beruhten die Anprangerungen auf unzutreffenden Schlüssen von anderen, in der Tat giftigen Chromverbindungen auf Chromdioxid, teils hielten sie keiner wissenschaftlichen Nachprüfung stand.³⁵³⁰ Das größte Hindernis beim Einbringen von Chromdioxid-Band auf Mülldeponien dürfte gewesen sein, dass es sich um die Stuppelwalzen der Müll-Einbaumaschinen wickelte.³⁵³¹

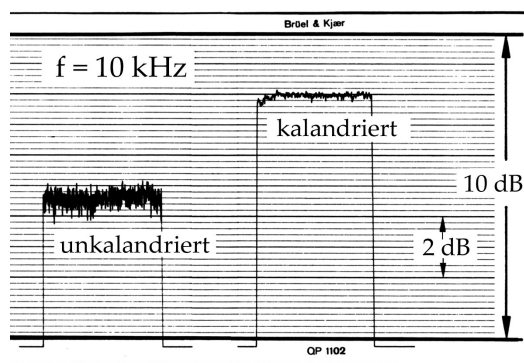


Abbildung 651: Kalandrieren – auch bei Chromdioxid-Band ein unverzichtbarer Produktionsschritt. Der „Pegelschrieb“ zeigt die Pegel- und Empfindlichkeitsunterschiede zwischen einem (LINKS) unkalandrierten Band und der kalandrierten Normalproduktion (RECHTS); die Frequenz des Prüfsignals ist 10 kHz.

Kaum weniger fundiert waren Aussagen, die sich zu der Behauptung „Chromdioxid schleift die Magnetköpfe um 25 % schneller ab als Eisenpigmente“ zuspitzen lassen. Dabei ist zu beachten, dass erstens Abschleiß überall dort auftritt, wo Materialien aneinander reiben, zweitens Abschleißraten im Mikrometerbereich messtechnisch ausgesprochen schwierig zu erfassen sind und dass drittens, vor allem bei Video-Magnetköpfen, ein kontinuierliches, wenn auch infinitesimal geringes Abtragen der mechanisch besonders stark belasteten obersten Kopfspiegelschichten unbedingt notwendig ist.³⁵³² Insgesamt konnten alle derartigen Behauptungen widerlegt werden; in aller Regel fanden sich Eisenoxid-Bänder (auch kobaltdotierte), die unter praxisnahen Bedingungen höhere Kopfabschleißraten produzierten als Chromdioxid-Band.³⁵³³ Obwohl immer wieder „gegengesteuert“ wurde, hielt sich das Kopfabschleiß-Märchen hartnäckig bei Möchtegern-Fachleuten und -Publizisten.

Erst der amerikanische Journalist Craig Stark machte dieser story ein jähes Ende, indem er nicht nur Messungen durchführte, sondern auch Reklamationen von Chromdioxidverwendern mit den von nicht-Chromdioxidverwendern verglich und feststellte, dass daraus aber auch nichts abzuleiten wäre, was darauf hindeuten würde, was bei Chromdioxidändern zu höherem Kopfverschleiß als bei anderen Bändern führen würde.³⁵³⁴ Einen fast dramatischen Höhepunkt erreichte dieser Streit, als ein renommierter Gerätehersteller, der besonders fleißig versucht hatte, dem Chromdioxid allerhand negative Eigenschaften anzulasten, in aller Form seine früheren Aussagen über Kopfverschleiß dementieren musste.³⁵³⁵

Reineisenpigmente für Compact-Cassetten

Nachdem nur zu gut bekannt war, dass stufenartige Sprünge der Magnetband-Leistungsfähigkeit fast zwangsläufig nur mit höher-koerzitiven Magnetpigmenten zu verwirklichen sind (mit allen Folgen für Kompatibilität und Gerätetechnologie), war klar, dass Chromdioxid und kobaltdotierte Eisenpigmente nicht der letzte Entwicklungsschritt sein konnten. Und so landete man, etwas paradox, wieder bei dem Material, mit dem die Magnetonphonband-Geschichte 1934/1935 begonnen hatte, nämlich Reineisenpigmenten – doch außer dem chemischen Formelzeichen (Fe) hatten sich nach fünfunddreißig Jahren so gut wie alle Parameter geändert.

Es wäre ein Wunder in der chronisch von Doppelerfindungen durchzogenen Magnetbandgeschichte, wenn die Beschichtung von Magnetbändern mit rein metallischen Pigmenten nicht schon erprobt worden wäre, lange bevor dies zum Stand der Technik avancierte. 1947 hielt eine amerikanische Firma „Indiana Steel“ eines ihrer Produkte für geeignet, um damit Papierbänder zu beschichten: *„This material produced in the finely divided state has been applied to paper tape and is known as Hyflux.“* Veröffentlicht wurden Koerzitivfeldstärken zwischen 350 und 550 Oe (28 – 44 kA/m).³⁵³⁶ Das Material scheint allerdings brüchig gewesen zu sein und verschwand spurlos.³⁵³⁷

Am 24. September 1949 meldeten Rudolf Prochnow und Hans-Jürgen Barthels, Mitarbeiter der Blaupunkt-Werke GmbH, Zweigniederlassung Darmstadt, ein Patent auf einen „Magnetogrammräger“ aus pyrophoren Eisen-Kobalt-Legierungen an, die sie als äußerst fein verteilte magnetisierbare Stoffe bezeichnen. Die Koerzitivfeldstärke lasse sich „zwischen 1000 und 100 Örstedt“, also zwischen 8 und 80 kA/m, regelrecht einstellen, und sie lieferten höhere Ausgangsspannungen als „z. B. Magnetit“. In der Praxis hat diese Erfindung keine erkennbare Rolle gespielt.³⁵³⁸

Die chemische Umsetzung von nadelförmigen Eisenoxiden „zurück“ zu ebenso nadelförmigen (pseudomorph) Rein-Eisen-Nadeln scheint schon 1955 angegeben worden zu sein,³⁵³⁹ und amerikanische Patente aus den frühen 1960er Jahren sprechen von magnetischen Metallpigmenten (Eisen und Kobalt) mit Nadellängen um und unter 1 µm.³⁵⁴⁰ Neben der Datenaufzeichnung scheint das Interesse vor allem einem Magnetband für Kassetten gegolten zu haben, wo dünne, langsam laufende Bänder auch bei höhenreichen, hoch ausgesteuerten Passagen deutlich bessere Aufzeichnungen als nur „Diktierqualität“ bieten mussten (was bisher als Domäne der Bandgeschwindigkeit 1½ ips galt). E.I. duPont de Nemours setzte bei dieser Suche bekanntlich auf Chromdioxid.

Minnesota Mining and Manufacturing Co., also 3M, verlegte sich ab etwa 1965 auf „metal particle tapes“. Zu ähnlichen Schlüssen gelangten Wissenschaftler in Japan und den Niederlanden ebenso wie bei BASF, wo Publikationen beziehungsweise Notizen zum Thema Ende 1972 / Anfang 1973 relativ dicht aufeinander folgten.³⁵⁴¹ Von den untersuchten „metals“ schien letztlich nur Eisen Erfolg zu versprechen, so dass die ganze Klasse eigentlich „(pure) iron particle tapes“ genannt werden müsste.

In die Öffentlichkeit ging 3M im Jahr 1972 mit einem XRM-IV genannten Produkt, das eine Koerzitivfeldstärke von 80 kA/m (1.000 Oe) und eine Remanenz von 300 mT aufwies, also rund die zweifachen Werte von Chromdioxid. Es sollte in Tiefen 9 dB und in Höhen (wohl bei 8 kHz) nicht weniger als 17 dB höher aussteuerbar sein als ein 3M-Eisenoxidband, brauchte dafür allerdings auch den dreifachen Vormagnetisierungsstrom.³⁵⁴² Auffallendste Lücke bei den Angaben: Werte für die Dynamik fehlen. Pigmente, die BASF im Frühjahr 1973 entwickelte, zeigten tendenziell gleiche Werte wie die 3M-Entwicklung. Ein Bericht aus den Philips-Forschungslabors ließ immerhin die Aussicht offen, die Dynamik von Metallpigment-Band könne bis zu 7 dB höher liegen als die von Chromdioxid-Band.³⁵⁴³ Im Herbst 1973 schätzte BASF, ein Metallpigmentband „mit neuem Arbeitspunkt“ würde etwa 1980 eingeführt³⁵⁴⁴ – angesichts der Laufzeit eine recht präzise Vorhersage, kamen doch die ersten MP-Compact-Cassetten erst um die Jahreswende 1978 / 1979 auf den Markt.

Nach diesen theoretisch-wissenschaftlichen Verlautbarungen von 1972 / 1973 herrschte in Sachen MP gut vier Jahre Funkstille, was vor allem dem Hoffnungsträger Doppelschicht-Kassettenband zugute kam (Seite 512). Die Gründe sind leicht nachzuvollziehen. Nadeln der gewünschten Größe aus purem Eisen – also unter 1 µm lang und mit einem Durchmesser von etwa 0,15 – 0,2 µm – reagieren unter enormer Wärmeentwicklung derart schnell mit dem Sauerstoff der Luft, dass das Material förmlich verbrennt oder verpufft (eine exotherme pyrophore Reaktion). Es mussten also Verfahren entwickelt werden, die um jede Eisennadel eine Anti-Oxidations-Schutzschicht herumlegten, denn die Einbettung in die Lackkomponenten einer üblichen Magnetbandschicht allein reichte nicht aus: an Band-Schnittkanten soll es, vor allem in feuchter Wärme (Tropenklima), zu rost-ähnlichen Erscheinungen gekommen sein.³⁵⁴⁵ Doch der Schutz war nicht umsonst zu haben: die theoretisch erreichbaren Magnetwerte blieben außer Reichweite. Schließlich waren zuerst noch spezielle Magnetkopf-Typen (Sendust- oder Spezialferrit-Köpfe) zu entwickeln, die mit den befremdlich hohen Magnetwerten des Eisenpigments zurechtkamen, das heißt, vor allem die starken Lösch- und Vormagnetisierungs-Ströme für den bis zu 6 dB höher liegenden Arbeitspunkt vertrugen. Das hieß aber auch zwangsläufig: wer Metallpigmentbänder (MP) verwenden wollte, brauchte einen Recorder einer neuen Generation. Würden nun die MP-Vorteile so „ins Ohr gehen“, dass diese Investition lohnte, oder läge das ökonomische Optimum nicht eher bei weiterentwickelten konventionellen Compact-Cassetten, wenn MP-Kassetten doppelt so teuer würden wie die mit Chromdioxid-Band?

1977 blieb das Jahr der Metallpigment-Ankündigung. Im späten Frühjahr verlaublich 3M, die Produktion des jetzt Metafine IV benannten Bandes aufnehmen zu wollen; von BASF war zu hören, der neue Typ werde weitgehend zeitgleich von den führenden Herstellern (gemeint 3M, BASF, Philips und TDK) angeboten, was die

verständliche Befürchtung auslöste, die Produkte könnten womöglich nicht kompatibel sein.³⁵⁴⁶ Zur Funkausstellung zeigte Philips erste Muster eines eigenen Metallpigmentbandes.³⁵⁴⁷

Im Jahr 1978 kam Metallpigmentband ein Stück weiter. Nakamichi (Juni 1978)³⁵⁴⁸ und Tandberg brachten erste voll MP-taugliche Recorder heraus, BASF lieferte zwar zwei Metallpigment-Muster (75 kA/m, 950 Oe und 88 kA/m, 1.100 Oe) an Recorder-Hersteller, wollte aber erst in Produktion gehen, wenn die Standardisierung zumindest für den Audio-Bereich gesichert war.³⁵⁴⁹ 3M, ähnlich vorsichtig, kündigte jetzt die Metafine-Auslieferung in den USA für Ende 1978 an, Philips wollte mit Geräten und Kassetten im Frühjahr 1979 auftreten.³⁵⁵⁰ Die perspektivisch beste Meldung kam Ende Juli 1978: Philips, 3M und BASF hatten sich über die Eckpunkte der Metallpigment-Standardisierung geeinigt: Koerzitivfeldstärke (80 kA/m, 1.000 Oe), Schichtdicke und Entzerrungs-Zeitkonstante.³⁵⁵¹ Sie sollte bei $70 + 3180 \mu\text{s}$ belassen werden, worauf Philips großen Wert legte; schließlich durfte einer der Hauptvorteile des Metallpigmentbands, seine enorme Höhenaussteuerbarkeit, nicht aufs Spiel gesetzt werden (diskutiert wurden auch $50 + 3180 \mu\text{s}$, was freilich nur 2 dB weniger Rauschen gebracht hätte).

1979 war insofern das Geburtsjahr von Metallpigment-Band und -Recordern, als auf der Funkausstellung neben BASF auch Agfa und alle genannten Hersteller Metallpigment-Kassetten zeigten und erste preisgünstige Metallpigment-Recorder auftauchten. Doch Vorstellung ist nicht gleich Markteinführung: selbst in Japan wurden Metallpigment-Kassetten nur in kleinsten Auflagen gefertigt, und auch BASF rechnete mit ersten Lieferungen erst für das Frühjahr 1980. Dass Metallpigment-Band eine Spezialität bleiben würde, zeigten Abschätzungen, wonach ihr Marktanteil nicht mehr als etwa 3 – 5 Prozent erreichen könnte.³⁵⁵² Schon in einer ersten Pressemitteilung ist auch der Grund zu erkennen: zwar werden hier Dynamikgewinne von 2 dB in den Tiefen und 4,5 dB in den Höhen genannt, aber nur im Vergleich zum längst überholten Chromdioxid-Bezugsbandleerteil C 401 R – gegenüber der im gleichen Jahr präsentierten Kassette chromdioxid super II wären die Gewinne ungleich bescheidener ausgefallen.³⁵⁵³

1980 setzte die Entzauberung des Metallpigmentbands im Audibereich ein. Kompetente Fachjournalisten bezweifelten, dass es, von Live-Aufnahmen mit guten Mikrofonen abgesehen, überhaupt so anspruchsvolles Musikmaterial gäbe, das die hohen Kosten des neuartigen Bandes rechtfertigen würde³⁵⁵⁴ – eine Einschätzung, die auch BASF ohne Einschränkung teilte.³⁵⁵⁵ Hier war man mittlerweile zur Überzeugung gekommen, dass das eigentliche MP-Potential noch am ehesten bei „halbierter“ Bandgeschwindigkeit, also 2,38 cm/s, genutzt werden könnte, so dass die immer hinderliche Spielzeit-Grenze von $2 \times 45 \text{ min}$ bei C 90 und die mit Einschränkungen erkauften $2 \times 60 \text{ min}$ bei der C 120 aufgehoben wäre.³⁵⁵⁶ Messungen hatten gezeigt, dass MP-Band bei 2,38 cm/s bis etwa 10 kHz die gleiche Aussteuerbarkeit aufwies wie chromdioxid super II bei 4,76 cm/s. Der unvermeidliche Dynamikverlust von etwa 5 dB wäre mit der mittlerweile etablierten Rauschminderung Dolby B zu verkraften gewesen;³⁵⁵⁷ Dolby C mit ca. 20 dB Gewinn, erschien 1982, hätte das Problem vollends marginalisiert. Dass dieses Konzept in der Tat realisierungsfähig war, bewies der Compact-Cassetten-Recorder RC 300 von Telefunken, der im Frühjahr 1982 unter dem Stichwort „HiFi bei 2,4 cm/s“ vorgestellt wurde. Mit dem Telefunken-eigenen Rauschminderungssystem *Highcom* – die professionelle Version *telcom c4* war immerhin das offizielle Rauschminderungssystem der ARD – erreichte der Recorder mit Metallpigmentband einen Geräuschspannungsabstand (nach IEC) von 78 dB bei 4,76 cm/s (Entzerrung $70 + 3180 \mu\text{s}$) und erstaunlichen 72 dB bei 2,38 cm/s (Entzerrung mit den Zeitkonstanten $120 + 3180 \mu\text{s}$).³⁵⁵⁸



Abbildung 652: Die Reineisen-Compact-Cassette BASF metal IV C 120 mit einer Laufzeit von $2 \times 1 \text{ Stunde}$ und hervorragenden elektroakustischen Eigenschaften.

In auffallendem Gegensatz zu den Umsätzen mit Metallpigment-Kassetten stand bald die Ausstattung der HiFi-Compact-Cassetten-Recorder, wie Herstellerunterlagen aus dem Jahr 1980 zeigen. Danach waren von 190 Geräten immerhin 146, knapp 77 %, für Metallpigment geeignet (davon $\frac{3}{5}$ mit Sendust-, $\frac{1}{3}$ mit Ferrit-, der Rest mit Permalloy-Köpfen bestückt).³⁵⁵⁹ MP-Fähigkeit war also ein zwingendes Verkaufsargument für Recorder, aber nicht für Kassetten. Daran hatte sich, angesichts happiger Preise, bis 1981 nichts geändert: „A person buying a

metal-capable deck has paid more for his machine and may end up buying one or two metal tapes to test it out, but the product doesn't move because there is no compelling reason to buy it.“ Es gab zwar keine aktive „consumer opposition to metal“,³⁵⁶⁰ doch das einhellige Desinteresse traf das ungeliebte Spitzenprodukt ebenso hart. So waren Metallpigmentbänder in einer Untersuchung der Stiftung Warentest vom Herbst 1982 nicht einmal vertreten,³⁵⁶¹ was Marktuntersuchungen rechtfertigten, nach denen MP-Kassetten 1981 und 1982 der Menge nach mit 0,3 % beziehungsweise 0,5 %, dem Wert nach mit 0,9 % beziehungsweise 1,4 % am deutschen Markt beteiligt waren.³⁵⁶² Auch BASF hatte, ganz im Gegensatz zu ihrer Domäne Chromdioxid, beim CC-Metallpigment-Band keine glückliche Hand, insbesondere gelang es nicht, eine qualitativ/ökonomisch befriedigende Eigenproduktion aufzubauen.

Diesen Trend konnte auch eine BASF-Entwicklung nicht aufhalten, die zur „hifivideo 82“ in Düsseldorf vorgestellt wurde. BASF metal IV C 120, zu Recht als „die erste HiFi-tüchtige C 120 der Welt“ bezeichnet, war allerdings wenigstens zwei Jahre zu spät herausgekommen. Die technische Argumentation überzeugte: HiFi-Niveau war bei der *de facto* vorgegebenen Schichtdicke 3 µm nur mit Metallpigment zu erreichen, und der etwas problematische Ruf früherer C 120 war dank unverkennbarer Fortschritte in der Zusammenarbeit zwischen Kassette und Laufwerk einer durchaus akzeptablen Betriebssicherheit gewichen. Ein nachgerade begeisterndes Gespann ergaben BASF metal IV C 120 und der „professionelle“ Sony-Walkman WM-D6C, ein batteriebetriebener, metallpigmenttauglicher Kassettenrecorder mit Dolby B und C, wohl das *non-plus-ultra* auf diesem Sektor: 16,5 x 9,5 x 3,8 cm groß und lediglich ca. 700 Gramm schwer (siehe Abbildung 622, Seite 508).

Insgesamt ist zu sagen: mit Metallpigment im Audiogebiet wurde durchexerziert, was dem Chromdioxid (mit dem Verzicht auf die Weiterentwicklung zum Studioband) erspart blieb, nämlich der Einsatz im falschen – zu großen – Wellenlängenbereich. Die kürzesten Wellenlängen im Compact-Cassetten-System liegen bei etwa 3 µm (16.000 Hz), aber offensichtlich spielt Metallpigment seine Vorzüge erst richtig aus, wenn es um Wellenlängen bis herunter zu 0,3 µm geht, wie es bei den meisten professionellen, überwiegend digitalen Videorecorder-Systemen der Fall war (siehe Tabelle 24, Seite 626). Hier war freilich eine weitere Erhöhung der Koerzitivfeldstärke, schwerpunktmäßig auf gut 120 kA/m, angebracht.³⁵⁶³ Schließlich soll nicht vergessen sein, dass auch DAT (Digital Audio Tape, eingeführt 1987) ausschließlich mit 3,81 mm breitem Metallpigmentband 120 kA/m (1.500 Oe) und der erstaunlich niedrigen Bandgeschwindigkeit von 0,81 cm/s arbeitete. Zusammengefasst: Metallpigment-Band hat sich seit 1985 einen höchst anspruchsvollen Einsatzbereich erobert, aus dem es erst hochleistungsfähige Festplatten, schließlich Festkörperspeicher, verdrängt haben.

Metalldampf-Magnetband (metal evaporated tape)

Anfangs der 1980er Jahre griffen japanische Forscher schon länger bekannte Verfahren auf, mit denen sich auch frühe Magnettechnik-Pioniere abgemüht hatten: zuerst mit dem elektrolytischen, später dem elektrothermischen Aufbringen kompakter ferromagnetischer Schichten auf einen Träger, angefangen bei Poulsens Partner Pedersen (Patent US 836,339, 1901) und Fritz Pfeleumer (*Improvements in or relating to Sound Record Carriers*, BP 511,164 / 1937). Zwischen 1965 und 1971³⁵⁶⁴ forschte auch das BASF-„Labor für Aufdampftechnik“ an Alternativen zu „pigmentierten“ (*particulate*) Schichten. Das magnetisch passive Bindemittel bläht ja nur das Volumen der Magnetschicht auf; verglichen mit einer kompakten Schicht können deswegen nur unvorteilhaft lange Wellenlängen oder große Flusswechsel-Abstände gespeichert werden. BASF war im April 1970 so optimistisch, die folgende Presse-Erklärung herauszugeben:

BASF, größter Magnetband-Produzent Europas, erhofft sich vom viel diskutierten Kassetten-Fernsehen ein Bombengeschäft. Derzeit erproben die Ludwigshafener Chemiker neuartige Metall-Dünnschicht-Bänder zur Aufzeichnung, Speicherung und Wiedergabe farbiger Fernsehprogramme. Anstelle der herkömmlichen Eisenoxyd-Schicht benutzt BASF eine aufgedampfte Kobalt-Schicht. Marktreife: in zwei Jahren.³⁵⁶⁵

Diese Entwicklung bedampfter Träger scheint bereits zum Jahresende 1970 abgebrochen worden zu sein.³⁵⁶⁶ 1979 berichtete Matsushita von einem bedampften Band mit nur 0,2 µm dicker Schicht aus einer Kobaltlegierung, genannt Angrom, das seinen Weg seltsamerweise nur in Diktierkassetten fand. 1982 versuchte sich die Firma mit einem Doppelschichtband namens Angrom DU, bei dem eine dünne Metallschicht auf eine konventionelle Magnetpigmentschicht aufgedampft war; die Ergebnisse waren allenfalls vergleichbar mit dem, was auch die BASF-Compact-Cassetten chromdioxid super II boten.³⁵⁶⁷ Gegenüber den Metallpigment-Typen hatten die bedampften Bänder jedoch den großen Vorteil, dass sie nur Magnetköpfe erprobter Technologie benötigten und vor allem, dass das Bedampfen eben wesentlich dünnere Schichten versprach, Voraussetzung zur Aufzeichnung kleinster Wellenlängen. Die guten Kontakte zwischen BASF und Matsushita (und deren nicht umgehbarer Patente) mündeten in Verhandlungen, die im September 1983 zur nichtexklusiven, auf fünf Jahre befristeten Lizenzvergabe an BASF (nach 3M, April 1983) führten.³⁵⁶⁸ Das hieß aber nicht, dass BASF von dieser Technologie restlos überzeugt gewesen wäre; man sah sich eher – vor allem von Seiten der „8-mm-Videokonferenz“ (Thema: ein universelles Endverbraucher-Videoformat, Seite 595) – unter erheblichem Druck:

Die technische Logik läßt uns aber im Stich, wenn wir ihr ohne Rücksicht auf die noch offenen Probleme und auf das bereits bestehende Umfeld von Produkten und Technologien folgen. Dies scheint beim 8-mm-Videosystem der Fall zu sein. Für dieses System kommen überhaupt nur Metallpigmentbänder oder Metalldünnschichtbänder infrage. Der ganze enorme Entwicklungsaufwand, der dafür bisher getrieben worden ist und noch weiter geleistet werden muß, gilt aber hier ausschließlich einer Verkleinerung des Systems, ohne daß die Vorteile der neuen Magnetschichten sich in der Bild-

qualität auswirken. [...] Es wäre also sinnvoll, die neuen Entwicklungen ausreifen zu lassen und sie erst dann zu verwenden, wenn echte Vorteile zu erwarten sind. Die harte Konkurrenz in unserer Industrie fordert allerdings immer neue technische Leistung – auch um einen sehr hohen Preis. Aus diesem Grund haben wir unsere Zweifel am Sinn eines 8-mm-Videosystems nicht in Abstinenz bei der Entwicklung der neuen Bandtypen umsetzen können. Wir haben diese Bänder bereits entwickelt und beobachten sehr aufmerksam, ob nicht noch eine Abkoppelung vom 8-mm-Format und ein Einsatz bei frequenzmodulierter Videoaufzeichnung im ½-Zoll-Format erfolgen wird...³⁵⁶⁹

Der Konkurrenzkampf zwischen einigen Firmengruppierungen hatte wieder einmal eine unübersichtliche Flut von Systemen und Trägern (auch) im Endverbraucher-Bereich zur Folge, und damit gab es keine Marktchance für eine aus der Benutzer-Perspektive entwickelte Gerätefamilie. Offensichtlich war auch die Entwicklung unter Zeitdruck geraten: Experten rieten alsbald von Metaldampfbändern wegen ihrer kurzen Lebensspanne ab, die weder anspruchsvolle Bearbeitungen (*editing*) noch Langzeitaufbewahrung (*archiving*) erlaubte³⁵⁷⁰ – eine besonders ernüchternde Kombination. Verbesserte Herstellverfahren, die insbesondere den Erfolg des Digital-Videosystems Mini-DV ermöglichten, erschienen 1997 / 1998. Die Magnetschicht dieser neuen Bänder war von einer etwa 150 nm dicken, als diamanthart bezeichneten Kohlenstoffschicht geschützt. – Bezeichnenderweise war eine 1995 eingeführte *professionelle* Variante des DV-Systems, Panasonic DVCPRO (nach SMPTE-Nomenklatur D-7), für 6,3 mm breites Metallpigmentband ausgelegt, obwohl Panasonic zum Haus des ME-Protagonisten Matsushita gehörte.

BASF hatte 1984 eine Laboranlage in Betrieb, in der eine Kobalt-Legierung auf 1.200 °C erhitzt und der Metaldampf so gelenkt wurde, dass er sich als 150 nm dicke Schicht auf einer 20 cm breiten, 12 µm dicken PE-Folie niederschlug. Diese Trägerfolie lief mit 10 m/min durch die Vakuumkammer. In Planung für den Standort Willstätt war eine größere Beschichtungsanlage, die mit 100 m/min arbeiten sollte;³⁵⁷¹ ihre Folienbreite ist nicht bekannt. Eine vergleichbare Technologie wurde seit Ende 1985 zum Beschichten von 5,25 und 3,5 Zoll-Festplatten für die Datenaufzeichnung eingesetzt, denn die mit konventionellen Eisenoxid-Dispersionen erzielbare Datendichte war nur noch mittels Bedampfung zu steigern. Die Schichtdicke konnte damit auf ein Zehntel der bisherigen Stärke reduziert werden, da die Dichte des bindemittelfreien Magnetmaterials um 40 % anstieg.³⁵⁷² Diese Dünnschicht-Speicherplatten, von denen man sich erhöhte Lebensdauer und Zuverlässigkeit versprach und als Magnetspeichertechnik der Zukunft ansprach, wurden erstmals Ende Februar 1986 ausgeliefert.³⁵⁷³

SIEBTES BAND: Analoge Video-Magnetbandaufzeichnung

Übersicht: Video-Aufzeichnung auf Magnetband

Es ist praktisch unmöglich, strikt chronologisch und zugleich detailliert nachzuzeichnen, wie sich die Videobild-Speicherung auf Magnetband entwickelt hat. Seit Mitte der 1950er Jahre tauchten auf dem Konsumentenmarkt wie im professionellen Bereich, oft nahezu gleichzeitig, neuartige Verfahren oder deren weiterentwickelte Varianten in immer schnellerem Takt auf, erlebten (abgesehen von zahlreichen vergeblichen Anläufen) den Höhepunkt ihrer Verbreitung und verschwanden wieder – die Vielfalt der Videoband-Konserven im Archiv mancher Fernsehanstalt gab davon einen beunruhigenden Eindruck. Bevor die wichtigsten Video-Formate im Einzelnen dargestellt werden, soll die folgende knapp gehaltene Übersicht technische Entwicklungen, firmenpolitische Entscheidungen und ihre wechselseitigen Überschneidungen skizzieren. Im Interesse einer geschlossenen Darstellung sind dabei Redundanzen mit den weiteren Abschnitten nicht zu vermeiden.

Es dauerte fast 80 lange Jahre, bis in den USA das Telefon allgemein akzeptiert war, das Fernsehen schaffte es in 20 Jahren schon zügiger. Das Farbfernsehen brauchte noch 12 Jahre, Videoaufzeichnungssysteme (VCR) hatten den Endverbraucher in zehn Jahren erreicht. In den vergangenen 25 Jahren entstand ein globales Satellitenkommunikationssystem und machte weltweiten Fernsehempfang möglich. Das Monopol der Rundfunkanstalten als Anbieter von Fernsehinformationen ist gefallen – und sei es auch nur mit der privaten Speicherung von Programminhalten.

Dieser Grad der Informationsfreiheit setzt allerdings einen (nach außen zwecks müheloser Nutzung nicht erkennbaren, weil in die Geräte „hineinkonstruierten“) technischen Aufwand voraus, der den für die reine Tonaufzeichnung bei weitem übersteigt. Das dem Konsumenten angebotene, genormte Videosignal (PAL / NTSC / Secam) unterscheidet sich nämlich signifikant von Audiosignalen; diese fallen als kontinuierlicher „Datenstrom“ an. Dagegen sind Videosignale generell durch die Bildwechselfrequenz getaktete Signale, also nur auf den ersten Blick „analog“. Diese per Norm festgelegte Taktung hat die Struktur aller in Jahrzehnten entwickelten analogen Video-Aufzeichnungsverfahren festgelegt. Einzige Ausnahme war das von BASF übernommene LVR-Verfahren, das aber auf dem Markt, eben auch aus diesem Grund, keine Chance bekam.

Die 1950er Jahre

Erste aussichtsreiche Ansätze zur kommerziellen Aufzeichnung von Videosignalen auf Magnetband gehen bis in die 1950er Jahre zurück. Durchschlagenden Erfolg hatte als Erster 1956 die Firma Ampex (Redwood City, Kalifornien / USA) mit ihrem ebenso gekonnt vorgestellten wie auf dem Markt eingeführten 2-Zoll-Quadruplex-Recordern, deren Anwendungspotential zunächst gar nicht abzusehen war, doch immerhin, trotz enormer Investitionssummen, günstigere Kosten und technische Vorteile im Programmablauf versprach.

Bei Ampex, dem erfolgreichen Entwickler des ersten professionellen USA-Tonbandgeräts 1947 und des ersten Instrumentations-Recorders für hohe Frequenzen zu wissenschaftlichen Zwecken, begann die Entwicklungsarbeit zur magnetischen Aufzeichnung von Videosignalen 1952. Grundsätzlich gelten die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie für die beschriebenen Anwendungen, nur sind die Anforderungen wegen der gleichzeitigen Aufzeichnung von Bild und Ton, der notwendigen Präzision der Mechanik, an das Aufzeichnungsmedium und der zur Aufzeichnung notwendigen Elektronik, wegen der wesentlich komplexeren Frequenzgänge deutlich höher.³⁵⁷⁴

Die entscheidende Innovation verdankt das Quadruplex-Aufzeichnungsverfahren zwei grundlegenden Ansätzen:

- der Ausnutzung der systembedingten Segmentierung des Videosignals in Zeilen- und Bildwechsel und
- der Frequenzmodulation zur Aufzeichnung des sehr großen Frequenzumfangs des Videosignals.

Alle nachfolgenden Gerätebauarten für die analoge Aufzeichnung von Videosignalen sind Modifikationen dieses grundlegenden Konzepts.

1951	Längsspur: RCA; erste Versuche, Vorstellung des Prototyps eines Längsspur-Video-Recorders für professionelle Anwendung; Längsspur, 10 Videoköpfe, Spielzeit 2 min
1953	Patentanmeldung (DE 927 999) der helical scan-Aufzeichnung von Eduard Schüller (AEG, erteilt 1955 an Telefunken)
1953	Längsspur: RCA; erstes magnetische Bildaufzeichnungsgerät in Längsaufzeichnung
1953	Schrittweise Einführung des Schwarz-Weiß (s/w)-Fernsehens in Deutschland
1956	VR-1000 - 2-Zoll-Quadruplex: Ampex; erster praxistauglicher Recorder; 2-Zoll-Videoband, vier rotierende Videoköpfe, Vertikal-Aufzeichnung, Spielzeit ca. 1 Stunde, schwarz-weiß-Bilder
1959	2-Zoll-Recorder - Helical scan; Toshiba: erster professioneller 2-Zoll-Recorder VTR-1 von Toshiba (Schrägsपुरaufzeichnung), Bandgeschwindigkeit 38 cm/s

Die 1960er Jahre

Die erste Hälfte dieses Jahrzehnts kennzeichnen die Weiterentwicklung und die weltweite Verbreitung des 2-Zoll-Quadruplex-Systems. Weitere Geräte bringen RCA, Sony und Bosch (BTS) auf den Markt. 1964 erscheint der erste farbtugliche Ampex-Recorder (VR-2000). Knapp ein Jahrzehnt nach Quadruplex kommen die ersten Konsumenten-Systeme auf den Markt. Sie arbeiten mit ½-Zoll-Band auf Spulen (reel to reel) und bieten schwarz-weiße Bilder (Philips: LDL 1000, Grundig: BK 100). Sony, Matsushita und Blaupunkt halten sich auf diesem Markt noch zurück.

Alle Heimvideo-Systeme benutzen das wesentlich von Eduard Schüller konzipierte und entwickelte helical-scan-Verfahren (Schrägsपुरaufzeichnung), das sich in zahlreichen Varianten als einzig brauchbares Aufzeichnungssystem durchsetzen wird. Mit der Einführung des Farbfernsehens in Deutschland anlässlich der Funkausstellung 1967 mit dem berühmten Druck auf den zunächst schwarzen, dann roten Knopf durch Willy Brandt, dem damaligen Regierenden Bürgermeister Berlins, wird eine neues Videozeitalter eingeleitet.

1960	Bildplatte; RCA: erste Versuche mit Bildplatte, ähnlich dem CED-System, Spielzeit ca. 1 Stunde
1961	Optacord 500; Loewe Opta: semiprofessioneller 2-Zoll-Videorecorder in helical scan-Technik
1962	Längsaufzeichnung; Fairchild: magnetisches Bildaufzeichnungsgerät
1964	VR-2000; Ampex: Highband broadcast, 2-Zoll-Quadruplex, farbtüchtig
1964	EL 3400 von Philips: erster 1-Zoll-Videorecorder für den semiprofessionellen Gebrauch in helical scan-Technik, Spieldauer 45 min
1964/65	½-Zoll-Videorecorder für den Heimgebrauch: Sony und Matsushita; in Fieldskip-Technik und in helical scan-Technik im NTSC-System. Noch keine Standardisierung des Formats
1965	VR-7000; Ampex: 1 Zoll-Helical-Scan Videorecorder, 350 Linie
1966	BCM 40 A: Bosch; 2-Zoll-Videoband, Quadruplex, vier rotierende Videoköpfe, Vertikal-Aufzeichnung; open reel
1967	½-Zoll-Videorecorder für den Heimgebrauch: Blaupunkt; Vorstellung des ersten deutschen ½-Zoll-Videorecorders für den Heimgebrauch auf der Hannover-Messe, erster Einsatz von BASF-Videoband (Eisenoxid)
1967	Beginn des Farbfernsehens in Deutschland während der Funkausstellung Berlin 1967
1969	LDL 1000; Philips: Vorstellung des ersten ½-Zoll-Videorecorders für den Heimgebrauch; und Grundig BK 100, beide s/w, helical scan, open Reel; konzipiert für Chromdioxid-Videoband
1969	EIAJ-Standard in Japan

Die 1970er Jahre

Die 1970er Jahre stehen ganz im Zeichen der kommenden Generationen von Endverbraucher-Kassetten-Aufzeichnungssystemen. Als erstes Video-Kassetten-System erscheint U-matic von Sony. Die große Kassette mit ¾ Zoll (19,05 mm) breitem Band bedingt entsprechend große und unhandliche Recorder. Daher setzt sich dieses System in den kommenden Jahren bis Jahrzehnten zwar als Arbeitspferd im semiprofessionellen Markt durch, jedoch weniger beim Heimanwender.

Doch der im Audio-Bereich so erfolgreiche Trend „weg vom Spulen-Tonbandgerät, hin zur Kassette“ setzt sich immer deutlicher auch bei der Videoaufzeichnung durch. Trendgerecht bringen, kurz nach dem U-matic-System, Philips und Grundig mit VCR das erste heimanwendertaugliche Videokassetten-System auf den Markt. Philips startet mit der Festschreibung des VCR-Standards im mitteleuropäischen Raum die Produktion von Videorecordern für den Konsumsektor.

Das ½ Zoll (12,7 mm) breite Magnetband in einer kompakten Kassette mit zwei übereinanderliegenden Spulen ermöglicht handliche Videorecorder. Sie besitzen erstmals eigene Tuner, was die direkte Aufzeichnung und Wiedergabe über die Antenne erlaubt. Die Akzeptanz wird zudem von der elektronischen Steuerung der Recorder-Betriebsabläufe erhöht. Dadurch werden unter anderem automatische Aufnahmen mittels Zeitschaltuhr möglich. VCR wird somit richtungsweisend für alle zukünftiger Recordersysteme.

Doch die japanische Konkurrenz steht bereits in den Startlöchern und bedrängt schon sehr bald die europäische Konkurrenz. Sony startet als erster 1976 mit dem Betamax-System, dicht gefolgt von JVC mit VHS (1977). Als erstes Aufzeichnungssystem nutzte Betamax die Slant-azimuth-Aufzeichnung, schon 1968 bei Matsushita entwickelt: Die Kopfspalte von zwei Video-Magnetköpfen sind gegeneinander geneigt, und damit kann der Rasen zwischen den Videospuren wegfallen. Dieser Schritt – er bringt unter anderem deutlich verlängerte Aufzeichnungszeiten – war bahnbrechend und damit für alle folgenden Systementwicklungen richtungsweisend.

Gegenüber VHS bot Betamax minimal bessere Bildqualität und bessere Bandlaufeigenschaften. Außerdem war die Betamax-Kassette kleiner und handlicher als die des VHS-Systems, hatte jedoch anfangs nur eine Spielzeit von 60 Minuten. Das VHS-System war einfacher in der Konstruktion und damit billiger in der Herstellung; es ermöglichte die Aufzeichnung von drei Stunden langen Programmen.

Letztendlich scheiterte Betamax an der Lizenzpolitik von Sony, da die Firma von anderen System-Herstellern Lizenz-Abgaben für die Produktion von Betamax-Geräten forderte. Hinzu kamen aufwendige FreigabeprozEDUREN für das Produkt, die viele potentielle Hersteller davon abhielten, sich an dem System zu beteiligen.

Ende der 1970er Jahre waren vier Heimvideo-Kassetten-Systeme auf dem Markt:

VCR	seit 1970	Philips/Grundig mit ITT, Körting, Loewe Opta, Metz, Siemens,
Betamax	seit 1976	Sony mit Toshiba, Sanyo, NEC, Aiwa, Pioneer
VHS	seit 1976	JVC-Matsushita mit Panasonic, Hitachi, Mitsubishi
Video 2000	seit 1979	Philips/Grundig;

keines mit dem anderen kompatibel, jedoch mit vergleichbarer Ausstattung, zielten aber alle auf den gleichen Abnehmerkreis. Modernstes Systems war Video 2000 mit seiner Wendekassette und den entsprechend langen Spielzeiten. So war ein „Formatkrieg“ unvermeidlich, der nur einen Sieger haben konnte: VHS setzte sich ab 1984 weltweit durch; nicht das beste System, sondern das mit der besten Geschäftsstrategie hatte gewonnen.

Zum Vergleich:

Marketingkonzept bei JVC: Alle Firmen weltweit, die unter ihrem eigenen Namen JVC-kompatible Videokassettenrecorder vertreiben wollten und weder Patente noch Produktionskapazitäten für Videorecorder besaßen, legten mit JVC als Lieferanten lediglich ihr firmentypisches Layout und eventuelle Besonderheiten fest. Dann wurden alle Geräte, unabhängig vom Lizenznehmer, vorerst bei JVC in Japan produziert.

Marketing von Sony: Hier bestand man darauf, dass Partner eigene Produktionsstätten im jeweiligem Vertriebsland aufbauten, was naturgemäß lange Produktions-Anlaufzeiten bedingte. Danach lizenzierte man ihnen das Sony-Videosystem zum Nachbau.

Marketing-Strategie von Philips und Grundig: Philips und Grundig waren gemeinsam die eigentlichen Pioniere der Heimvideosysteme. Das 1970 vorgestellte erste Kassettensystem VCR hatte eine Laufzeit von 65 Minuten. Um mit Betamax und VHS konkurrieren zu können, setzte man 1977 bei VCR die Bandgeschwindigkeit herab und erreichte so eine Laufzeit von zwei Stunden. Da JVC im selben Jahr unter anderem mit Hilfe der BASF, Weltmeister in der Herstellung dünner Magnetbänder, eine Videokassette mit einer Laufzeit von vier Stunden auf den Markt brachte, schuf Grundig im Alleingang (ohne Philips) 1978 einen dritten Standard (SVR) neben VCR und VCR-Longplay, der mit den vorausgegangenen Standards

inkompatibel war. Der SVC-Standard ließ Spielzeiten bis zu fünf Stunden zu. Philips erreichte mit einem dünneren Bandmaterial, ebenfalls von BASF, mit der Systemvariante „Longplay“ zeitgleich die Drei-Stunden-Marke. Grundig-SVC-Kassetten waren jedoch nicht mehr auf Philips-Geräten abspielbar.

Statt sich untereinander auf eine der drei Varianten zu einigen, boten Philips und Grundig ab 1979 überraschend ein viertes, mit den bisherigen drei Systemvarianten wiederum inkompatibles Format an, das konzeptionell neue System Video 2000. Die Folgen zeigten sich wenig später. Die überstürzte Markteinführung sowohl der Superlongplay-Version als auch von Video 2000 führte bei Grundig zu unzuverlässig arbeitenden Geräten. Ein marktentscheidender Faktor waren jedoch die bis dahin unterschätzten Miet- und Kauf-Kassetten. Videotheken schossen wie Pilze aus dem Boden; sie richteten ihr Angebot nach dem am weitesten verbreiteten Videosystem aus. Dabei hatte es anfangs der 1980er Jahre noch ganz anders ausgesehen: der Test einer Verbraucherzeitschrift verwies VHS und Betamax auf hintere Ränge (fünfter Platz für VHS), Sieger nach Punkten wurde der V-2000-Recorder „2x4 Super“ von Grundig. In Sachen Technik hatte also das europäische Duo noch einen Vorsprung vor Fernost.³⁵⁷⁵

Bis zur Mitte der 1980er Jahre hatte jedoch VHS, vor allem aufgrund einer geschickteren Lizenzierungspolitik, alle konkurrierenden Systeme aus dem Markt gedrängt, und wesentlich hatten dazu Videotheken beigetragen: mit ihrer Unterstützung hatte VHS die Mitbewerber geradezu lawinenartig überrollt.

- 1970 VCR; Philips: ½-Zoll-Videoband in Kassetten-VCR für CrO₂-Band, farbtüchtig, PAL, colour under; helical scan, Bandverbrauch ca. 6,5 m²/h
- 1970 U-matic; Sony: Markteinführung des semiprofessionellen U-Matic-Systems; ¾-Zoll-Videoband in Kassetten, helical scan, Bandverbrauch ca. 6,8 m²/h; colour under
- 1970 TED-Bildplatte: Telefunken; Spielzeit 5 min, Auflösung 3 MHz
- 1972 VLP; Philips: führt die Video Langspiel Platte vor, Abtastung berührungslos durch Laser
- 1972 ¼-Zoll-Videorecorder: Akai
- 1972 BCR: Philips und Bosch; 1-Zoll-Technik für den professionellen Rundfunk durch die Einführung der BCR; 1-Kopf-Recorder, helical scan, farbtüchtig
- 1973 RCA entwickelt ein eigenes Bildplattensystem mit mechanischer Abtastung
- 1973 BASF: magnetisches Bildaufzeichnungsgerät in Längsaufzeichnungs-Technik (LVR) im Kontaktwickelverfahren mit 6 µm dickem CrO₂-Magnetband, colour under
- 1973 Rabe (Wolfgang Bogen GmbH): MDR-Video Plattensystem, vorgestellt auf der Funkausstellung und der Vidcom
- 1974 2-Zoll-helical scan-Recorder: IVC
- 1975 1-Zoll-semiprofessioneller Videorecorder: Grundig; helical scan
- 1975 1-Zoll-B-Format: Bosch / BTS; für professionelle Videoaufzeichnungen, helical scan mit kleinem Scannerdurchmesser, Mehrkopfsystem-Scanner, composite-Aufzeichnung; open reel
- 1975 1-Zoll-C-Format: Ampex und Sony; für professionelle Videoaufzeichnung; helical scan, 1-Kopf-Scanner mit „track following system“ wegen der langen Spur; open reel
- 1976 Betamax-Videokassetten-System: Sony; Markteinführung des Systems in Japan und USA; ½-Zoll-Band, helical scan, NTSC, colour under, Bandverbrauch ca. 0,91 m²/h; Spielzeit 1 Stunde
- 1976 VHS-Videokassetten-System: JVC und Matsushita; Markteinführung in Japan und USA, ½-Zoll-Band; NTSC, helical scan, colour under; ½-Zoll-Videoband, Bandverbrauch ca. 1,43 m²/h, Spieldauer 2 Stunden
- 1976 VHD-Bildplatte: JVC; Vorstellung der Video-Home-Disk; kapazitive Abtastung ohne Rillenföhrung, Spieldauer ca. 1 Stunde
- 1977 U-matic-Highband für professionellen Einsatz; SVR (VCR-Weiterentwicklung): Grundig; Weiterentwicklung des VCR-Systems zu einer Longplay-Version, Spieldauer bis zu 4 Stunden, PAL, colour under; konzipiert für CrO₂-Band
- 1978 VHS: Markteinführung in Europa, PAL, colour under; Spielzeit bis zu 240 min (E 240)
- 1978 Betamax: Markteinführung in Europa, PAL, colour under, Spielzeit bis zu 220 min
- 1979 Video 2000: Grundig und Philips: ½-Zoll-Videokassetten-System, maximale Spielzeit 4 Stunden pro Seite, Wendecassette, Bandverbrauch 0,56 m²/h, automatische Spurnachführung der Köpfe (DTF-System); colour under; konzipiert für BASF-Chromdioxid-Videoband
- 1979 Einige VHS-Recorderhersteller (darunter Panasonic) erwerben Lizenzen für das Rauschminderungssystem Dolby B, was der recht mäßigen Längsspur-Begleitton-Aufzeichnung zugute kommt ³⁵⁷⁶

Die 1980er Jahre

Spielte zu Beginn der magnetischen Bildaufzeichnung der professionelle Bereich noch den Vorreiter, kamen mit Beginn der 1980er Jahre wegweisende Impulse aus dem Konsumenten-Sektor:

Auf Basis des ¼-Zoll-Kassettensystems „CVC“ versuchte 1981 BTS-Fernseh GmbH mit einer freilich deutlich überarbeiteten Version namens „Lineplex“ den Einstieg in die professionelle Anwendung. 1982 gelang Sony der nächste, erfolgreiche Schritt, nämlich die Einführung des professionellen Betacam-Systems, in dem die Betamax-Kassette und damit auch die entsprechende Laufwerkskonfiguration die Systembasis bildeten. Unterschiede gegenüber der Heimanwendung waren in beiden Fällen die deutlich veränderte Signalverarbeitung.

Im ersten Drittel der Dekade wurde erstmals mit dem Video8-System ein einheitliches Video-Aufzeichnungssystem für den Heimanwender geschaffen und standardisiert. Entscheidender Systembestandteil war die kleine, handliche Kassette und die entsprechend kompakten Kamerarecorder zu akzeptablen Preisen – der so erfolgreiche Camcorder-Markt startete mit Video8, darauf erst folgten die Systeme VHS-C, S-VHS-C und Hi8.

Die Mitte der Dekade ist gekennzeichnet von ersten digitalen Recordern, die im professionellen Bereich erscheinen. Einen kaum zu überschätzenden Beitrag leistete hier Philips, als man 1987 erstmals die diskrete Cosinus-Transformation (discrete cosine transformation, DCT) zur Bilddaten-Reduktion benutzte und auf dieser Basis einen experimentellen Konsumer-Kassettenrecorder baute. Die industrielle Entwicklung derartiger Videorecorder mit Datenkompression begann jedoch erst 1992.

Zum Abschluss der Dekade erschienen, gewissermaßen als letzte Kraftanstrengung vor der Wende zur Digitaltechnik, drei „high-end“-Systeme: ED-Beta, S-VHS und Hi8. Sie bestachen mit verbesserter Bildqualität, HiFi- oder PCM-Tonaufzeichnung, streifenfreiem Standbild und Suchlauf, DTF und ähnlich opulenten Fähigkeiten.

- 1981 CVC-Videocassetten-System: Funai; Compact-Video-Kassette für den portablen Einsatz (Abbildung 735, Seite 595); ¼-Zoll-Band (6,35 mm), Quatercam (mit Lineplex-Kassette);
BTS: ¼-Zoll-Broadcast-Camcordersystem Quatercam (mit Lineplex-Kassette), baut technologisch auf der CVC-Kassette auf, allerdings sind Quatercam und CVC untereinander nicht kompatibel (Abbildung 736, Seite 594)
- 1981 Sony, Hitachi, Matsushita: Vorstellung von Kameras mit integrierten Videorecorder-Laufwerken
- 1982 8 mm-System: Bildung eines Komitees namhafter japanischer und europäischer Hersteller („8 mm-Konferenz“) zur Erstellung einer Norm für ein Kamera-Recorder-System mit der Bezeichnung „8 mm-Video“; Bandbreite 8 mm, colour under, Kassettensystem; hochkoerzitives Magnetband (Metallpigment)
- 1982 / 1983 VHS HiFi, HiFi-Ton für VHS-Videorecorder:
Statt auf den schmalen, störanfälligen Längs-Tonspuren (Frequenzumfang bei Spitzengeräten: 50 Hz bis 12,5 kHz mit 40 – 43 dB Dynamik³⁵⁷⁷) wird der zweikanalige „Begleit“-Ton in Kombination mit den Videospuren frequenzmoduliert aufgezeichnet (Tiefenmultiplex-Schrift). Hi-Fi-Videorecorder bieten einen Ton-Frequenzbereich von 20 Hz bis 20 kHz, systembedingt „geradlinig“ und mit voller Aussteuerbarkeit bis zur oberen Grenzfrequenz, bei einer Dynamik von 80 dB (CD: 96 dB) und Gleichlaufwerten an der unteren Messbarkeitsgrenze. Damit sind VHS-HiFi-Recorder allen Analog-Tonbandgeräten überlegen, insbesondere dank der Spielzeit von bis zu 4 Stunden (VHS E 240)³⁵⁷⁸ und, bei stets fallenden VHS-Preisen, auch bei den Bandkosten. Da der „Begleitton“ zudem noch auf der konventionellen Längsspur (monofon) aufgezeichnet wird, ist VHS HiFi kompatibel mit Standard-VHS.
Parallel-Entwicklung bei Betamax: Beta Hi-Fi, Frühjahr 1983 ³⁵⁷⁹
- 1983 Betacam; Sony: ½-Zoll-professionelles Kassettensystem
- 1983 / 1984: VHS-C-Camcorder (Seite 595): Eine Kombination aus Video-Kamera und -Recorder, der auf einer verkleinerten VHS-Kassette, genannt VHS-C (C für „compact“), VHS-kompatibel aufzeichnet (colour under). Die Kopffrommel des Recorders wird vom Band in einem Winkel von 270° umschlungen und trägt vier Köpfe. VHS-C-Kassetten lassen sich mittels einer Adapter-Kassette in VHS-Heimgeräten abspielen.³⁵⁸⁰ – Größe der VHS-C-Kassette: 9,2 x 2,25 x 5,9 cm, Spielzeit 20 min, später bis 40 min
- 1984 Video8-NTSC: Sony; Camera-Recorder, Kassette mit 8 mm-Videoband, Metallpigment; colour under, später auch „table deck-Kassettenrecorder“
- 1984 Format J: Sony: HDTV-Videorecorder für professionelle Anwendung; 1-Zoll-Videoband, Analogtechnik; open reel
- 1986 Video8-PAL: Bandbreite 8 mm, colour under; hochkoerzitives Magnetband (Metallpigment)
- 1986 D-1-Format, CCIR Recommendation 601; Sony DVTR 1000; ¾-Zoll, digitales professionelles Kassettensystem, Aufzeichnung component, unkomprimiert, unterschiedliche Kassettengrößen mit verschiedenen Spielzeiten; hochkoerzitives CoFe-Band
- 1986 Betacam SP; Sony: ½-Zoll professionelles Kassettensystem; analoge Komponenten-Aufzeichnung
- 1986 VHS-HQ: Geringfügige Verbesserung der Bildqualität im Rahmen des von Kompatibilitäts-Forderungen eingegrenzten Spielraums. – Parallel-Entwicklung bei Betamax: Super-Beta ³⁵⁸¹
- 1987, April (NTSC; PAL 1988): S-VHS (Superior Video Home System), „*Final Step in Half-Inch VCRs*“³⁵⁸²
Diese JVC-Entwicklung führte zu deutlich verbesserter Bildqualität (ca. 400 Linien), vor allem auf Grund der getrennten Verarbeitung von Helligkeits- und Farbsignal.³⁵⁸³
Parallel-Entwicklung bei Betamax: ED-Beta (Extended Definition, mit HiFi-FM-Tonaufzeichnung), das jedoch Metallpigment-Bänder (119 kA/m, 1.500 Oe) verlangte.³⁵⁸⁴
- 1988 Bosch (BTS): HDTV-Videorecorder für professionelle Anwendung; 1-Zoll-Videoband, Analogtechnik; open reel
- 1988 HDTV-Video-Recorder in Digitaltechnik für die professionelle Anwendung: Sony
- 1988 D-2-Format: Ampex, Sony, BTS:
¾-Zoll digitales professionelles Kassettensystem, Aufzeichnung composite, unkomprimiert; hochkoerzitives MP-Band, Kassetten wie D-1
- 1988 D-3-M II: Panasonic: ½-Zoll digitales professionelles Kassettensystem, Aufzeichnung composite, unkomprimiert; Kassettengehäuse wie D-1, jedoch anderes Bandmaterial, nicht kompatibel

Die 1990er Jahre

Die letzte Dekade des alten Jahrhunderts stand bereits im Zeichen der Digitaltechnik. Die notwendigen technischen Voraussetzungen waren nun gegeben: hochintegrierte Schaltkreise, leistungsfähige Datenreduktionsverfahren und hohe Datendichten auf neu entwickelten Speichermedien.

Waren schon in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre digitale Formate wie D-2 und D-3 im Studiobereich erfolgreich, kamen jetzt auch digitale Heimvideorecorder und Camcorder in Sicht – VHS, Kind des analogen Zeitalters, war erkennbar in die Jahre gekommen und hatte der imposanten Digitaltechnik nichts mehr entgegenzusetzen.

Ende 1993 schlossen sich die japanischen Recorderhersteller (Matsushita, Sony unter anderem) mit den wenigen in den Vereinigten Staaten und Europa noch Verbliebenen (Philips, Thomson) zur sogenannten „DV-Konferenz“ zusammen, die eine einheitliche, weltweit akzeptierte Norm für ein digitales Heimvideosystem schaffen wollte. Ende 1994 lagen technische Eckpunkte eines gemeinsamen, neuen digitalen Heimvideosystems fest. Sie wurden als DV-Standard (SD-DVC) formuliert und als IEC-Standard 1834 publiziert. Die Norm sieht ein 6,35 mm breites ME-Band, zwei Kassettengrößen und 25 Mbit/s für Standard- und 50 Mbit/s für HDTV-Anwendungen vor. Damit wurde der HD-DVC-Standard für ein zukünftiges high-definition-Fernsehen festgeschrieben. HD-DVC baut auf SD-DVC auf und benützt das gleiche Laufwerk mit exakt den gleichen Systemparametern. Der Unterschied liegt in der Signalverarbeitung.

Eine gleichzeitig tagende „tape working group“ (mit BASF Magnetics GmbH als einzigem nichtjapanischem Bandhersteller) legte die Parameter für eine neue, gerätespezifische Bandnorm fest. Der neue Bandtyp war ein metall-bedampftes-Band (ME-Band). Da aber nur wenige Bandhersteller diesen Bandtyp herstellen konnten, war diese Norm eher prohibitiv. Ein zur

gleichen Zeit entwickeltes, kompatibles Zweischichten-Metallpigmentband wurde zwar in die Bandnorm aufgenommen, konnte sich aber auf dem Endverbraucher-Markt nicht durchsetzen, da die dazu notwendige Arbeitspunktumschaltung nie realisiert wurde, obwohl die Gerätenorm sie vorsah.

Das DVC-System bildet die dritte Generation der Heimvideoaufzeichnungssysteme, nach „analog reel to reel“ und Analog-Kassette. Ein zukünftiges high-definition System ist in dem Konzept bereits einbezogen. Nach diesem System arbeitende Kameras fanden breite Anwendung nicht nur beim Endverbraucher, sondern auch im professionellen Sektor. Die Bildqualität – auch die Kamera – entsprach uneingeschränkt der 525- beziehungsweise 625-Zeilen-Norm, ein für den Heimfilmer völlig neuer Aspekt.

Ab Mitte der 1990er Jahre zeichnete sich ein weiterer Trend in der Videoaufzeichnung ab, nämlich der Übergang von der Heim- zur Profianwendung. Erfolgreiche Konsumer-Systeme wurden immer öfter für professionelle Anwendungen herangezogen. Mechanik, Bandlauf und Kassettensystem wurden beibehalten, Signalweg und Signalverarbeitung den professionellen Anforderungen angepasst. Wenn nun die Qualität eines Endverbraucher-Produkts einen bestimmten hohen Qualitätsstandard erreicht, beginnt es, sich im dem professionellen Sektor zu etablieren. Sony und Matsushita waren die ersten, die den neuen DV-Standard in Form der professionellen Geräte DVCAM und DVCPRO (SMPTE-Standard D-7) auf den Markt brachten. Kompakte Bauweise und Handhabbarkeit wurden Trumpf, Bildqualität war nicht unbedingt mehr erste Präferenz.

- 1990 Hi8; Sony: 8 mm-Kassettensystem, colour under, FM-Träger höhergelegt (bessere Bildschärfe); Metallpigmentband
- 1990 S-VHS Digital Audio: Eine S-VHS-Variante mit digitaler Tonaufzeichnung (Sampling-Frequenz bei Zweikanalaufzeichnung 48 kHz / 16 bit linear, Vierkanal 32 kHz / 12 bit nichtlinear). Dieser Gerätetyp ist nahezu unbekannt und scheint nur in der NTSC-Variante gebaut worden zu sein (Beispiel: JVC HR-Z1).
- 1992 DCT; Ampex; digitale Komponentenaufzeichnung mit DCT-Kompression 4:2:2, 10 bit Auflösung, 3/4 Zoll MP-Band, Kassette wie D-1, umschaltbar zwischen 525/60 und 625/50
- 1993 D-5; Panasonic: 1/2-Zoll digitales professionelles Kassettensystem, Aufzeichnung component, unkomprimiert; Laufwerk wie D-3, Kassette wie D-3, D-3-Wiedergabe möglich; MP-Band
- 1993 Digital Betacam: Sony: professionelle Anwendung, digital, Datenreduktion 2:1, component-recording, Wiedergabe von Beta SP-Kassetten möglich; 1/2-Zoll-Kassettensystem, Metallpigmentband
- 1994 D-5 HD: Panasonic, Matsushita; 1/2-Zoll professionelles Kassettensystem, HDTV-Format; Component recording, compressed digital format, Auflösung 1080 und 780 Linien
- 1994 W-VHS: JVC; Analog HDTV, benutzt VHS-Kassette; geringer Erfolg
- 1995 D-7 - DVC Pro (25 / 50 / HD): Panasonic; professionelle Anwendung; digital, Komponenten-Aufzeichnung, Datenreduktion 5:1; 1/4-Zoll-Kassettensystem, MP-Zweischichtenband
- 1995/2002 D-VHS, Digital Video Home System: Die letzte Entwicklungsstufe des VHS-Systems mit digitaler Bildaufzeichnung in Maximalqualität (messtechnisch 1080 Linien) und 480 min Spieldauer, trotzdem immer noch teilkompatibel zum Standard-VHS.³⁵⁸⁵ Benötigt für Digitalaufzeichnung eigenen Kassettentyp, vergleichbar mit ausgesuchtem gutem S-VHS-Bandmaterial. Technische Spezifikationen wurden erstmals 1996 bekannt gemacht, die HDTV-tüchtige Variante HS (High Speed) sowie LS (Low Speed), eine Version für Langzeitaufzeichnung (Überwachung u.ä.), folgten im Juli 1998, kein substantieller Marktanteil: Die DVD stand in den Startlöchern.
- 1996 Betacam SX: Sony; Bandmaterial entspricht Betacam SP, gelbes Gehäuse, starke Fehlerkorrektur
- 1996 D-9 - Digital S; JVC; 1/2-Zoll digitales professionelles Kassettensystem, Komponenten-Aufzeichnung; abwärtskompatibel mit S-VHS, Auflösung 540 Linien
- 1996 DV - EIAJ (ursprünglich DVC): alle japanischen Gerätehersteller: 1/4-Zoll digitales Kassettensystem für den Heimgebrauch (erstes digitales Aufzeichnungssystem für die Heimanwendung), Standard- und Longplay, Auflösung 500 Linien; ME-Band (metallbedampft); im SP-Modus 80 min, im LP-Modus 120 min Spielzeit ³⁵⁸⁶
- 1996 DVCAM: Sony; professionelle Anwendung, digital, Datenreduktion 5:1, Komponenten-Aufzeichnung; Auflösung 530 Linien; 1/4-Zoll-Kassettensystem, ME-Band
- 1997 D-VHS: JVC; digital, Komponentenaufzeichnung
- 1998 HDCAM: Sony; digital, Komponenten-Aufzeichnung; 1/2-Zoll-Kassettensystem, MP-Band
- ca. 1999 S-VHS ET (Expansion Technology): Eine vereinfachte Form der S-VHS-Aufzeichnungstechnik, die zwar deren Qualität nicht erreicht, jedoch merklich bessere Bilder als VHS bietet und mit Standard-VHS-Kassetten auskommt.
- 1999 D-8-digital: Sony: digitales Kassettensystem für Camcorder; Laufwerke und Magnetbänder von Hi8-Video; Aufzeichnung eines digitalen Komponentensignals mit Farb-Subsampling 4:2:0 (Europa), Quantisierung 8 Bit, Videokompression JPEG, Kompressionsfaktor von 5:1, Datenrate bei 25 Mbit/s; kompatibel zu analogen Aufnahmen in Video8 und Hi8

Letzte Entwicklungen der Videoaufzeichnung auf Magnetband

Seit Quadruplex, dem ältesten praxistauglichen Verfahren, hat sich die Videobandaufzeichnung erstaunlich verändert und weiterentwickelt. Der erste Quadruplex-Recorder mit seiner Videobandbreite von nur 3 MHz belegte etwa 1200 µm² Bandfläche für die Aufzeichnung des Äquivalents von 1 Daten-bit. Der jüngste digitale Videorecorder – DVC im Langspielmodus – braucht nur noch 1,6 µm² für 1 bit. Die Speicherdichte wurde also im Verhältnis 750 : 1 erhöht. Bezogen auf das Volumen liegt die Verbesserung sogar bei 3500 : 1. Die analoge Video-Aufzeichnung war also Schrittmacher für „high density magnetic recording“, dessen Bedeutung weit über den Videosektor hinausgeht, etwa bei der Festplatten-Weiterentwicklung.

Fundamentale Weiter- und Neu-Entwicklung von Technologien – etwa der Schritt vom Ferritkopf zu laminierten Metallkopfkonstruktionen und zur rasenfreien Azimut-Aufzeichnung – und die Bandentwicklung – vom Eisenoxid-Band über hochkoerzitive CoFe- und CrO₂-Pigmente, Metallpigmente, Doppelschicht- zu ME-Bändern mit aufgedampfter Metallschicht – machten die Videoaufzeichnung zu einem High-Tech-Produkt.

Das erste Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts hat gezeigt, dass mit der Jahrtausendwende, gekennzeichnet von DVC-Standard und den damit verbundenen Applikationen, die Endstufe der Magnetbandaufzeichnung von Videoinformationen erreicht ist. Die Grenze, um die Speicherdichte flexibler Medien zu erhöhen, zieht die Spurbreite, da es zunehmend problematischer wird, Magnetköpfe entlang noch schmalerer, extrem langer Spuren zu führen.

2000	D-6-Digital HDTV: Toshiba, BTS
2001	Erstmals erzielen auf dem deutschen Markt DVDs höhere Umsätze als VHS-Videokassetten (477,2 Mio DM gegen über 444,1 Mio DM). Auch im Verleihgeschäft holt die DVD rasant auf. ³⁵⁸⁷
2000	D-9 HD (Digital S): JVC: ½-Zoll digitales professionelles Kassettensystem; digital, Datenreduktion 3:3:1, compressed und sub sampled, HD-Qualität
2000	DVCPRO HD: Panasonic; gleiche Signalverarbeitung wie D-9 HD, HD-Qualität; ¼-Zoll-Kassettensystem, ME-Band
2003	HDCAM SR, Sony: HD-Kamera mit 1.920×1.080 Pixel, Bitrate 440 / 880 Mbit/s, im Gegensatz zu HDCAM ohne subsampling, daher volle Auflösung, MPEG-4-Kompression, bis zu 12 Audiokanäle, ½"-Kassettensystem, MP-Band; Wiedergabe von Digital Betacam- und HDCAM-Bändern möglich
2004	HDTV: Sony, JVC; MPEG-2 codiert; Kassette wie miniDV

Optische Platten als Bildträger: CD- und DVD-Familien als Magnetbandnachfolger

Seit 1990 hat sich zunächst die CD-ROM als transportabler (!) Massenspeicher im PC-Bereich durchgesetzt. Ihre Kapazität reichte jedoch nicht, um Spielfilme und Fernsehsendungen ähnlich komfortabel wie Musik- und Sprachaufnahmen aufzuzeichnen. Zwar gab es bereits die LaserDisc (LD) und die Variante Video-CD (VCD), doch die LD konnte maximal Videomaterial für 128 min (in voller Systemqualität), die Video-CD maximal 74 min mit knapper VHS-Qualität speichern. Die Elektronik-Industrie beeilte sich also, einen Nachfolger der CD mit höherer Kapazität zu entwickeln, und so begann Mitte der 1990er Jahre die schleichende Substitution der Videokassetten.

Hier konkurrierten zwei unterschiedliche Konzepte: Sony und Philips betrieben die Entwicklung der Multimedia-CD (MMCD), Toshiba und Time Warner favorisierten die Super Density CD (SD).

Schließlich konnte man sich Ende 1995 auf den gemeinsamen DVD-Standard einigen. Da das Produkt zunächst als reines Speichermedium für Videodaten gedacht war, stand DVD zunächst für „Digital Video Disc“, erst mit der Möglichkeit zur Datenaufzeichnung wurde daraus die „Digital Versatile Disk“. Bald und relativ schnell konnten die billigeren und wesentlich einfacher zu duplizierenden optischen Speicherplatten die bespielten Videokassetten vom Markt verdrängen. Und damit brach ein wesentlicher Marktanteil für VHS-Kassetten weg. Das DV-Format hatte im Markt der vorbespielten Träger keine Bedeutung und blieb im Wesentlichen auf den Heimfilmer-Markt beschränkt.

Nachdem auch die Kapazität der DVD, nicht zuletzt mit Blick auf die angekündigten HDTV-Sendungen, nicht mehr ausreichte, konnte sich als Nachfolger schließlich der „blu ray“-Standard durchsetzen. Blau leuchtende Laser mit Licht besonders kurzer Wellenlänge können deutlicher enger gesetzte „pits“ und „lands“ decodieren.

Was transportable Medien angeht, gehört die Gegenwart also den runden, starren Trägern, bei denen Spurbreiten um 1 µm praktisch Standard sind. Aber auch die Tage dieser beweglichen starren Speicher sind gezählt. Die Zukunft wird den Festkörperspeichern gehören, etwa den Flash-Typen. Zusammen mit dem weltweit angebotenen online-Zugriff auf fast unbegrenzte Bilddatenmengen sind sie auf dem besten Weg, die Video-Welt grundlegend zu verändern.

DVD (Digital Versatile Disk) dominieren mit zahlreichen Varianten, auch DVD-Formate genannt:

- Spezial-Formate, die für individuelle Anwendungen optimierte *Datenstrukturen* aufweisen (und ursprünglich nur Lesezugriff erlaubten): DVD-Video, DVD-ROM.
- Für Konsumenten Anwendungen werden *beschreibbare DVD-Formate* angeboten: DVD-RAM, DVD-R, DVD+R unter anderem

Insgesamt stehen für den gesamten Datenstrom 10,08 Mbit/s zur Verfügung, für den Audiostrom maximal 6.144 Kbit/s. Die Bildqualität hängt dabei nicht so sehr von der Bandbreite des Video-Streams ab als vielmehr von der Effizienz der Komprimierung. Die DVD-Familie umfasst nur einmal beschreibbare wie mehrfach beschreibbare und lesbare Speicher-Disks:

DVD	diese „generic“-Bezeichnung tragen alle Mitglieder der DVD-Familie;
R	„Recordable“, das heißt einmal beschreibbar;
RW	„Rewritable“, mehrfach wiederbeschreibbar (etwa 1000-mal, veränderbar/korrigierbar);
RAM	„Random Access Memory“ mit wahlfreiem, direkten Schreib-/Lesezugriff auf alle Daten.

Exkurs XVII: Voraussetzungen der Video-Aufzeichnung auf Magnetband

Teil 1: Das Fernsehsignal und seine Aufbereitung zur Bildspeicherung

Im übersichtlichsten Fall der *Schallaufzeichnung* liefert das Mikrofon das verarbeitungsfertige Signal (akustische Zustandsgrößen sind in elektrische umgesetzt). Die Umsetzung optischer Zustandsgrößen in elektrische ist ungleich aufwendiger; sie erfordert komplexe Verfahren ebenso wie umfangreiche Standardisierungen. Daher ist auch die Aufzeichnung von Videosignalen auf Magnetband technisch ungleich anspruchsvoller als die Audio-Aufzeichnung: zum Übertragen von Schallsignalen genügt ein Frequenzbereich zwischen 30 Hz und 16.000 Hz, Videosignale reichen dagegen von 0 Hz (also Gleichstrom) bis über 5 MHz (abhängig vom Fernsehsystem). Das Auge ist nun einmal leistungsfähiger als das Gehör und lässt sich daher nicht so einfach mit Abstrichen an den Leistungsdaten von Bildbandgeräten oder mit Tricks zufriedenstellen. Die Forderungen an die Bildbandtechnik sind deshalb härter; erste Eckdaten konnten aus der Fernsehtechnik abgeschätzt werden, wenn diese anfangs der 1950er Jahre auch noch weitgehend schwarz-weiß arbeitete. Der ins Auge springende Unterschied gegenüber der Tonbandtechnik war der Frequenzbereich, der bei tiefen und hohen Frequenzen weit über das bei Tonaufzeichnungen Übliche und Geforderte hinausging.

Die Grundlagen der Fernsehtechnik waren bereits in den 1930er Jahren ausgearbeitet worden, doch war die technische Entwicklung in Europa erst nach dem Zweiten Weltkrieg so weit fortgeschritten, dass an eine Standardisierung des Übertragungsverfahrens zu denken war. Die für Mitteleuropa zuständige Kommission des CCIR verabschiedete 1951 die sogenannte Gerber-Norm;³⁵⁸⁸ sie legte als wichtigste Parameter des Fernsehsystems 625 Bildzeilen, Kanalbreite 7 MHz und als Abstand zwischen Bild- und Tonsendeträger 5,5 MHz fest. Um das berüchtigte „Flimmern“ zu minimieren, wird seither ein Gesamt-

bild in zwei Halbbildern geschrieben, von denen das erste die Zeilen mit ungeraden, das zweite die mit geraden Zeilennummern enthält. Die Halbbilder werden dann also mit 50 Hz entsprechend 20 ms Bildabstand aktualisiert.

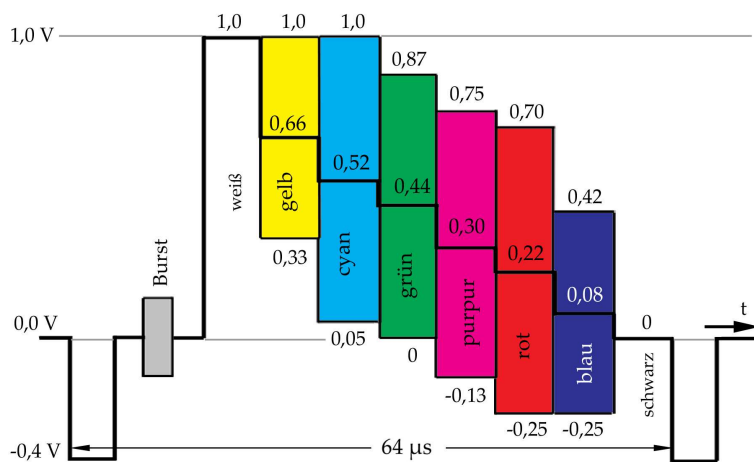
In den USA liefen zu dieser Zeit bereits Versuche für farbige Fernsehübertragungen. Ein technisch wie ökonomisch durchsetzbares Farb-Fernseh-System muss allerdings zwei Hauptforderungen erfüllen:

- erstens sollte das Farbsignal s/w-kompatibel sein, das heißt, aus dem Farbsignal sollte das Leuchtdichte-Signal (Luminanz) für die anfängliche Überzahl der herkömmlichen s/w-Empfänger einfach ableitbar sein (Abwärts-Kompatibilität);
- zweitens sollte die Farbzusatzinformation im gleichen Kanal wie das s/w-Signal übertragbar sein, also keine zusätzliche Bandbreite beanspruchen.

In den Vereinigten Staaten verabschiedete das National Systems Television Committee (NTSC) im Jahr 1953 eine entsprechende Farb-Fernsehnorm. Sie sah ein Übertragungsverfahren nach dem Prinzip der konstanten Leuchtdichte mit Farbdifferenzsignalen vor. Grundgedanke dieser Norm ist die Aufteilung der Farbinformation in einen Luminanz-Anteil (Helligkeit) Y und zwei Farbdifferenz-Anteile $U = Y - R$ und $V = Y - B$.

Bei reinem s/w-Fernsehen liegt nur das Y-Signal vor; ein Farbbild setzt sich aus den beiden Farbdifferenzsignalen (Chrominanzsignalen) plus dem Y-Signal zusammen. Mittels Addition lassen sich aus diesen drei Signalen die Grundfarben R-G-B (rot-grün-blau) zurückgewinnen. Sie bewirken die Farbwiedergabe, der Y-Anteil dient zur s/w-Wiedergabe. Die Chrominanzsignale werden wegen der geringeren Farbauflösung des Gesichtssinns mit geringerer Bandbreite übertragen, während das Luminanz-Signal die volle Bildschärfe sicherstellt. (Im NTSC-System beträgt beispielsweise die Farbsignal-Bandbreite 1,5 MHz für das Y-R-Signal und 0,5 MHz für das Y-B-Signal.)

Abbildung 653: Das FBAS-Signal; diese Signalform muss der Videorecorder an ein Fernsehgerät liefern



Um diese drei Signale in einen Datenübertragungs-Kanal packen zu können, werden die beiden Chrominanzsignale amplitudenmoduliert und mit dem Y-Signal addiert. Nach diesen Additionsregeln entsteht das zusammengesetzte (Composite) Farb-Bild-Austast-Synchronsignal (FBAS). Jeder Buchstabe steht dabei für ein bestimmtes Merkmal dieses Signals:

F – Farbsignal: Im Farbsignal werden die drei Farben Rot, Grün, Blau in Form von Farbdifferenzsignalen zu einem Signal zusammengefasst.

B – Bildsignal: Die Hell- und Dunkeltönung (Y-Wert) eines jeden Bildpunktes wird anhand einer Spannung festgelegt (Weiß = 100 %, Schwarz = 30 %). Diese wird mit Bildsignal bezeichnet.

A – Austastsignal: Um den Zeilenrücklauf und Vertikalrücklauf zu definieren, werden diese Signale mit 0 Volt codiert. Dieses Signal heißt Austastsignal.

S – Synchronisation: Hier handelt es sich um Synchronisierzeichen zwischen Sender und Empfänger, sie entsprechen der Netzfrequenz.

Das FBAS-Signal war also das Standard-Videosignal. Es setzte sich aus den Helligkeits-, Farbart- und Synchron-Signalen zusammen und kann über einen einzelnen Datenkanal übertragen werden.

Aus der ursprünglichen NTSC-Norm entstanden zwei weitere Grundnormen. Die drei Hauptsysteme sind: **NTSC** (National Television System Committee), **PAL** (Phase Alternation Line) und **SECAM** (Sequential Couleur à Memoire).

Laut **NTSC-Standard** werden die zwei Farbdifferenzsignale U und V mit einer Farbrägerfrequenz von 3,58 MHz zeilenweise amplitudenmoduliert. Die Modulation erfolgt für die beiden Farbdifferenzsignale mit jeweils um 90° in der Phase verschobener Frequenz. Diese beiden Signale werden addiert und ergeben somit ein in der Phase und in der Amplitude modultiertes Signal (Quadraturmodulation) und werden zum Y-Signal addiert (FBAS-Signal).

Beim **PAL-Farbsystem** ist die Bandbreite der beiden Chrominanzsignale gleich (1,3 MHz); sie werden mit einer Farbrägerfrequenz von 4,43 MHz quadraturmoduliert. Um die für das NTSC-Verfahren typischen Farbartschwankungen zu vermeiden, wird bei PAL von Zeile zu Zeile abwechselnd die Phase des Farbhilfsträgers um 180° geschaltet (daher die Bezeichnung Phase Alternation Line).

Im **SECAM-Farbsystem** werden die beiden Chrominanzsignale zeilenweise mit einem Farbrägersignal der Frequenz 4,75 MHz moduliert und dann mit dem Y-Signal zu dem FBAS-Signal addiert. Die Bandbreiten der beiden Chrominanzsignale sind auf 3,5 MHz beziehungsweise 1,3 MHz festgelegt.

In allen Normen werden Bild- und Tonsignale gleichzeitig übertragen, ebenso liegt die Tonträgerfrequenz im Seitenband des Bildsignals; die Tonsignale werden frequenzmoduliert. Die für Fernsehausstrahlungen zugewiesene Kanal-Bandbreite beträgt 6 MHz bei NTSC, 7 MHz bei PAL und 8 MHz bei SECAM.

Wie sich die Videobild-Speicherung auf Magnetband entwickelt hat, spiegelt also die Komplexität des Fernsehbild-Signals wider, das heißt, den hier anfallenden sehr großen Datenmengen. Wie schon in seinen ersten Jahren der Hör-Rundfunk für seine Produktionen, zeigte das Fernsehen von Anfang an immenses Interesse daran, Videobilder aufzeichnen, bearbeiten und zu beliebiger Zeit wiedergeben zu können. Nur auf Direktübertragungen angewiesen, hätten sich Rundfunk wie später das Fernsehen niemals als weltweite Kommunikationsträger durchgesetzt.

Noch ausgeprägter als bei der Tonaufzeichnung sind bei der Videoaufzeichnung allerdings die aufwandsbedingten Unterschiede zwischen professionellen und Heimvideo-Systemen. Für den professionellen Nutzer sind

- Bildschärfe, Farbtreue, Störabstand,
- Anzahl der möglichen Kopie-Generationen,
- Kompatibilität,
- Gleichlauf,
- Bearbeitbarkeit,
- Betriebssicherheit

die vorrangigen systembestimmenden Parameter. Der Heimanwender sieht neben

- akzeptabler Bildqualität (vom Systemhersteller ohne große Einspruchsmöglichkeit mehr oder weniger vorgegeben)

vor allem

- handliche Geräte zu erschwinglichen Kosten,
- geringen Bandverbrauch bei mäßigem Preis
- problemlose Handhabbarkeit („narrensicher“)

als entscheidende Anschaffungskriterien. Aus diesen kaum miteinander vereinbarenden Vorgaben folgten seit Entwicklungsbeginn über Jahrzehnte hinweg unterschiedliche Gerätekonzeptionen.

	NTSC	PAL	SECAM
Abtastzeilen	525	625	625
Bilder	30/s	25/s	25/s
Bildauflösung (Y-Signal)	4,2 MHz	5,5 MHz	5,5 MHz
Bandbreite Übertragungskanal	6 MHz	7 MHz	8 MHz
Farbträgerfrequenz	3,58 MHz	4,43 MHz	4,75 MHz
Audio-Modulation	FM	FM	FM
Länder	Japan, USA, Panama, Kanada, Mexiko, Taiwan, Korea	Italien, Österreich, Holland, Schweiz, Deutschland, Schweden	Russland, Frankreich (FS-Norm L)

Damit steht zugleich die Aufgabe jedes Video-Aufzeichnungsverfahrens fest: es muss sowohl den Bildinhalt als auch die Steuersignale des standardisierten Fernsehsignals übertragen, dazu (und lange Zeit leider zuletzt) auch den Begleit-Ton. Das heißt: während bei der Tonaufzeichnung ein sozusagen ununterbrochener Zug von Signalamplituden aufgezeichnet wird, braucht die Bildbandtechnik unverzichtbare Steuersignale, deren Aufgaben mit den Stichworten Zeilen- und Bildrücklauf mit Dunkelschaltung sowie den dazu gehörenden Trerimpulsen (Auslöse-Signalen) umrissen werden können. Diese Impulse müssen zum Bildinhalt passen; sie müssen mit größter Genauigkeit synchronisiert sein. Und ein Aufnahme- und Wiedergabegerät – heute „Video-Recorder“ genannt – muss bei der Aufnahme diese Signale korrekt zugeordnet und zusammen mit dem Tonsignal auf das Band bringen, während bei der Wiedergabe die Signale so regeneriert werden müssen, dass sie in richtiger Größe und zeitlicher Zuordnung dem darstellenden Gerät – meist ein Fernsehgerät oder ein Video-Projektor – zur Verfügung stehen.

Schon eine Überschlagrechnung macht klar, dass eine lineare Aufzeichnung von Signalen, wie bei Tonaufnahmen üblich, für die Bildaufzeichnung zumindest problematisch ist. Das mitteleuropäische 625-Zeilen-Fernsehbild besteht aus knapp 500.000 Bildpunkten, die in der Sekunde 25-mal (25 Voll-

bilder oder 50 Halbbilder) geschrieben werden müssen. Das ergibt maximal 12.500.000 Punkte pro Sekunde, also eine Punktfrequenz von 12,5 MHz. Die Praxis zeigt allerdings, dass für ein gutes Fernsehbild 5 MHz, für weniger anspruchsvolle „Amateurqualität“ 2 MHz ausreichen. Diese Werte für die Bildaufzeichnung sind zu vergleichen mit 18 kHz, die die analoge Tonaufzeichnung maximal benötigt.

Das Standard FBAS-Signal hat also eine Bandbreite von >5.5 MHz bis unter 25 Hz (Bildwechselfrequenz). Dieser gewaltige Frequenzbereich – annähernd 400mal so groß wie bei der Schallaufzeichnung – kann nicht „direkt“ auf Magnetband aufgezeichnet werden. Vielmehr muss das FBAS-Signal den Fähigkeiten des Magnetbands, vor allem seinem Frequenzgang beziehungsweise der kürzesten „wiedergabetüchtigen“ Wellenlänge, angepasst werden, anders gesagt, das FBAS-Signal ist zur Speicherung in ein aufzeichnungsgerechtes Frequenzspektrum zu überführen.

Während bei der Tonaufzeichnung die untere Grenzfrequenz keine besonderen Probleme macht, spielt sie bei der Aufzeichnung von Bildsignalen eine gewichtige Rolle: Es müssen auch niedrigste Frequenzen bis hin zu fast konstanten Größen dargestellt werden, etwa bei Bildflächen mit konstanten Grauwerten, bei denen geringe Helligkeitsstörungen außerdem zu sehr unangenehmen optischen Effekten führen. Niedrige Frequenzen können aber mit üblichen Magnetköpfen aus physikalischen Gründen (Induktionsgesetz) praktisch nicht wiedergegeben werden. Hier waren also besondere Maßnahmen erforderlich.

Daher wird das FBAS-Signal zunächst einer zweckmäßig gewählten Trägerfrequenz aufmoduliert (nicht zu verwechseln mit der Farbträgerfrequenz) und dann „direkt“, ohne jede Vormagnetisierung, aufgezeichnet. Damit entspricht der niedrigste Wert der Trägerfrequenz dem kleinsten Spannungswert des FBAS-Signals, der Höchstwert der Trägerfrequenz dem Weißwert. Weil diese Trägerfrequenz aus technischen Gründen immer einen deutlichen Abstand zur höchsten Bild-Signalfrequenz haben muss, liegt sie dementsprechend hoch.

Beim Demodulieren solcher frequenz-modulierter Signale muss die Amplitude unbedingt begrenzt werden, damit Amplitudenschwankungen, verursacht unter anderem von Bandfehlern oder -Rauigkeiten, nicht direkt auf das Wiedergabe-Signal durchschlagen.

Nun sagt eine einfache, wenn auch grobe Abschätzung: es gibt eine kleinste Wellenlänge, bei der das Magnetband noch eine Signalstärke mit ausreichendem Störabstand liefert, sie bestimmt die praktisch nutzbare höchste Aufzeichnungsfrequenz. Das heißt im Umkehrschluss, je höher die Frequenz des aufzuzeichnenden Signals, umso schneller muss das Magnetband laufen. Wellenlänge auf dem Magnetband ergibt sich aus der relativen Geschwindigkeit zwischen Magnetkopf und Band sowie der aufzuzeichnenden Frequenz:

- kleinste mögliche Wellenlänge = relative Geschwindigkeit / höchste Trägerfrequenz ($\lambda_{\min} = v / f_{\max}$)

Diese bekannte Beziehung legt in erster Näherung das Grundkonzept jedes Video-Aufzeichnungsverfahrens fest.

Charakteristisch für die Magnetbandentwicklung war folgerichtig, dass sich, abhängig von seinem Entwicklungsstand, diese kritische Wellenlänge zu immer kleineren Werten verschob. Anfangs der 1950er Jahre schienen Wellenlängen im Bereich 25 – 10 μm technisch beherrschbar; das heißt, um Signale mit Frequenzen bis 5 MHz aufzeichnen zu können, müsste das Magnetband mit rund 50 – 120 m/s laufen. Bessere Bänder und Magnetköpfe mit einer effektiven Spaltbreite bis herab zu 1 μm vorausgesetzt, käme der Bereich 25 m/s in Betracht, immer noch viermal schneller als die Umspulgeschwindigkeit eines Studio-Tonbandgeräts. Technische Tricks wie Mehrkanalaufzeichnung und Verzicht auf volle Bildschärfe erschlossen später den Bereich unter 10 m/s (das populärste Video-Aufzeichnungssystem, VHS, brachte es auf 4,86 m/s.)

Dass dieses Optimum zu Beginn der Videomagnetband-Aufzeichnung auch nur annähernd erreicht werden konnte, verhinderten schon geringste Fehler wie Azimutabweichungen der Köpfe, schlechter Kontakt des Kopfes mit dem Band (Abrieb, Luftpolster oder ähnliches) und andere Effekte. Weitere Probleme machen die Technik bei diesen Bandgeschwindigkeiten nicht einfacher: der große Bandverbrauch, sauberes Aufwickeln des Bandes, mechanische Belastungen des Bandes und damit Rissgefahr, notwendige Leistung der Motoren und andere Randbedingungen mehr.

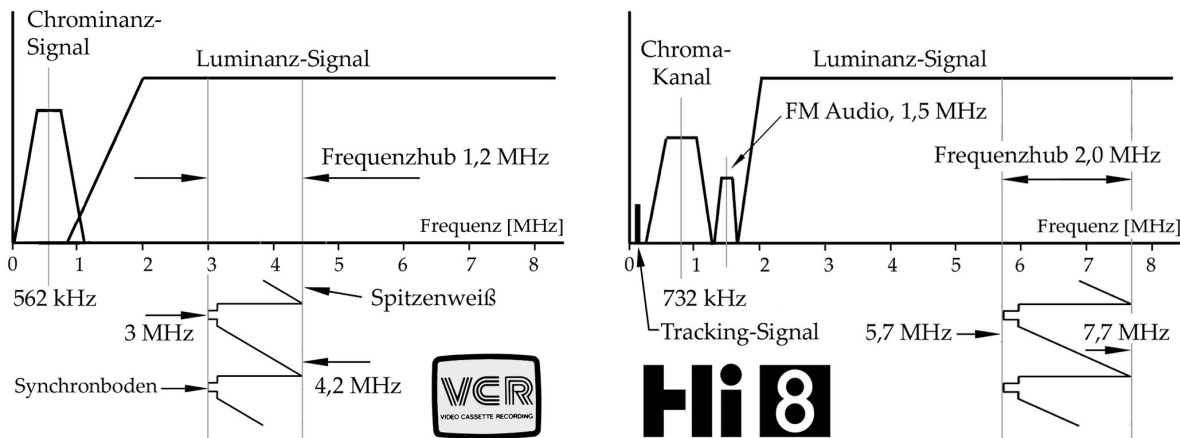
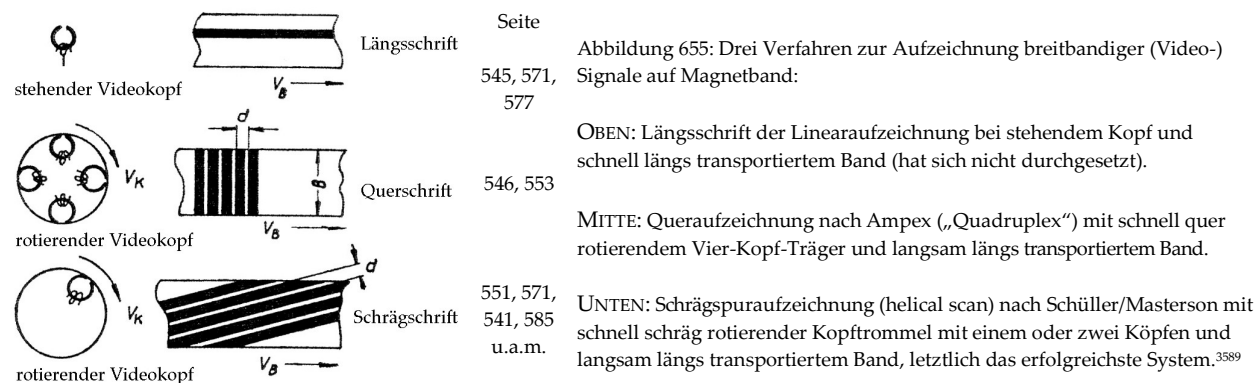


Abbildung 654: Zum Vergleich der Frequenz-Schemata beim VCR-System (LINKS) und dem 19 Jahre jüngeren Hi8-Standard mit Spurnachführung und FM-Ton (RECHTS).

Es ist eine besondere Ironie der Technikgeschichte, dass die Lösung, die sich letzten Endes behauptet hat, genau betrachtet schon vor Entwicklungsbeginn vorlag, innerhalb von drei Jahren gleich zweimal auftaucht und trotzdem noch 15 Jahre im Wartestand verbringen musste – gemeint sind die Vorschläge von Earl E. Masterson (1950) und Eduard Schüller 1953 (Seite 551). Damit nicht genug: auch die zweitbeste Lösung war, als sie in die Praxis umgesetzt wurde, in einem entscheidenden Punkt ebenfalls patentiert und bereits zwanzig Jahre alt (Abbildung 666). Mit der drittbesten (zeitlich ersten) Lösung lief die „offizielle“ Videorecorder-Entwicklung zunächst einmal sechs Jahre lang in eine Sackgasse: tatsächlich gab es mehrere, man möchte sagen: heldenmütige, Anläufe, um mit schnell laufendem Band und feststehenden Magnetköpfen Videobilder aufzuzeichnen, mochte die Bildqualität anfangs auch noch so bescheiden sein.



Heimvideo-Aufzeichnung (colour under-Verfahren)

Bei der Heimvideoaufzeichnung sind wegen des erwünschten geringen Bandverbrauchs die hohen Band-Kopfgeschwindigkeiten der professionellen Aufzeichnungstechnik nicht realisierbar, und darum kann das vollständige FBAS-Signal nicht direkt frequenzmoduliert aufgezeichnet werden. Vielmehr wird es nach dem LIR-Verfahren in Luminanz- und Chrominanz-Anteile aufgespalten. Das Luminanzsignal wird in der Regel auf eine Bandbreite von 2,5 MHz begrenzt und in Frequenzmodulation aufgezeichnet. Das Chrominanzsignal wird auf ca. 400 kHz bandbegrenzt und dann mit einem Träger von ca. 650 kHz amplitudenmoduliert aufgezeichnet. Der Luminanzträger der FM-Aufzeichnung wirkt dabei als Vormagnetisierung für das Chrominanzsignal, so dass die Gesetze der anhyseretischen Aufzeichnung gelten.

Da auf diese Weise die Farbsignal-Anteile aus ihrer Lage am oberen Frequenzband-Ende des FBAS in niedrigere Frequenzbereiche transponiert worden sind, spricht man auch vom „colour-under-Verfahren“. Diese unumgänglichen Band-

begrenzungen des Luminanz- und des Chrominanz-Signals bedingen die typische niedrige Auflösung in der Bildschärfe der Heimvideo-Aufzeichnungen. Abbildung 654 zeigt die Frequenz-Strukturen des Aufzeichnungssignals beim VCR-System und beim 14 Jahre jüngeren Hi8-System mit Spurnachführung und FM-Ton.

Teil 2: Helical scan – dominantes Standardverfahren zur Fernsehbild-Speicherung

Während bei der Querspur-Aufzeichnung die Drehachse des Kopfrads parallel zur Bandlaufrichtung liegt, steht bei der Schrägspuraufzeichnung die Kopfzylinder-Drehachse annähernd senkrecht zur Bandkante. Da das Band, vollkommen plan transportiert, den Kopfzylinder entlang einer Schraubenlinie umschlingt, muss die Drehachse um einen bestimmten kleinen Winkel schräggestellt sein.

Vom Helical-scan-System existieren zahlreiche Varianten. Es gibt Video-Kopfzylinder mit einem, zwei, drei und vier Videoköpfen (und bei separater Luminanz-Chrominanz-Aufzeichnung noch weit mehr). Dementsprechend wird die Kopftrommel entweder komplett, also zu 360°, umschlungen (nach dem griechischen Buchstaben Ω auch Omega-Umschlingung genannt), oder zu 180°, 120° oder auch nur 90°. Bei 50 Halbbildern pro Sekunde muß der Kopfzylinder dann entweder mit 3.000 Upm, 1.500 Upm, 1.000 Upm oder 750 Upm rotieren. Dabei stellte sich als schwierigstes technisches Problem heraus, das Band flatterfrei am Kopfzylinder entlangzuführen.

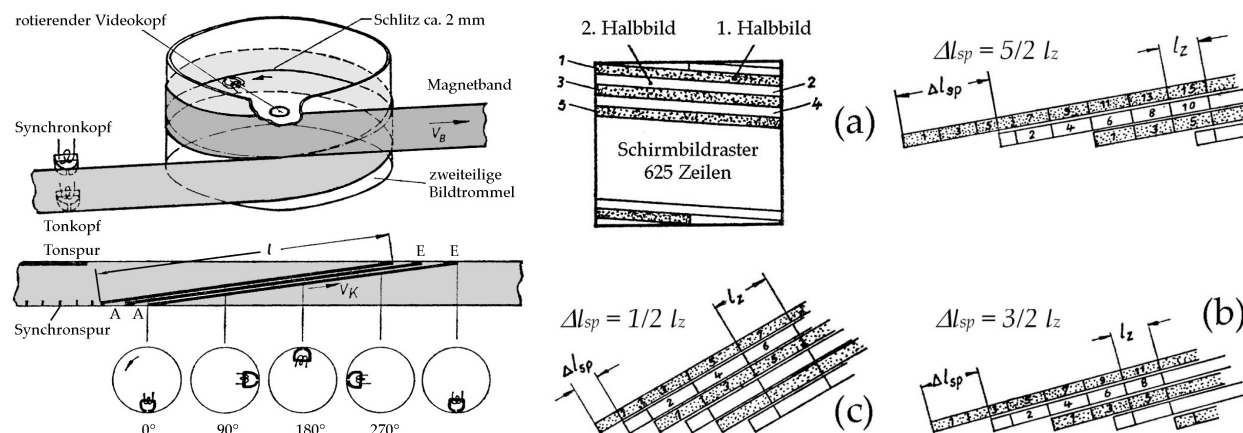


Abbildung 656 (LINKS): Drei Spuren für Bild, Ton und Synchronimpulse, demonstriert am Prinzip der 360°-„alpha“-Bandführung nach Schüllers beziehungsweise Mastersons Patent. Nicht gezeichnet ist hier der Löschkopf.

Abbildung 657 (RECHTS): Verschiedene (für die Synchronisation) günstige Möglichkeiten der Spurenlage. Links oben Aufteilung des Fernsehbildes in Halbbilder. a, b und c beispielhafte Neigungen der Magnetspuren auf den Bändern, die sich aus der Aufzeichnungsgeometrie ergeben. a ist relativ flach geschrieben, c relativ steil. l_z ist die Länge einer Zeile auf dem jeweiligen Halbbild, das einer Spur entspricht; also ist 1 die erste Zeile, 2 die zweite Zeile usw. Halb so lang ist eine Halbzeile, mit der bekanntlich jedes zweite Halbbild beginnt.

Schrägspur: Grundlagen und spezifische Probleme

So elegant das Schrägspurverfahren auch ist, der Teufel steckt bei diesem Verfahren in den Details der Realisierung – besonders in den schon genannten Synchronisationsaufgaben.³⁵⁹⁰ Bei der Aufnahme eines Laufbilds auf Band muss nach dem Gesagten sichergestellt werden, dass der Kopf seinen schrägen Durchlauf an der einen Kante des Bandes genau dann beginnt, wenn der vom Fernsehbild gelieferte Bildwechselimpuls gerade beendet ist; eine Trigger- und/oder Synchronisationsaufgabe. Dann muss die Relativgeschwindigkeit zwischen Band und Magnetkopf so geregelt werden, dass der letztere gerade an der anderen Kante des Bandes ankommt, wenn das Halbbild zu Ende ist. Bei der Wiedergabe liefert der Recorder relativ einfach die Synchronimpulse für das Fernsehbild, mit denen der Bildgleichlauf getriggert („ausgelöst“) wird. Dabei ist die Kopfgeschwindigkeit allerdings derart präzise auf ihrem Sollwert zu halten, dass Bildverzerrungen – entweder durch Verzerrungen senkrechter Linien oder durch ein zu schmales oder zu breites Bild gekennzeichnet – vermieden werden; hierauf reagiert das Auge teilweise sehr empfindlich. Zudem ist in diesem Modus eine wichtige Synchronaufgabe zu lösen:

Rotiert der Kopfzylinder, schreibt jeder Videomagnetkopf auf dem Band eine gerade Spur von der unteren zur oberen Bandkante (oder umgekehrt, je nach Drehrichtung des Zylinders). Damit jede dieser diagonal über das Band laufende Spur korrekt geschrieben wird, muss das Band exakt mit solcher Geschwindigkeit (Vorschub) transportiert werden, dass der folgende Videokopf genau im richtigen Abstand neben der vorherigen Spur schreibt (bei älteren Verfahren ist dazwischen eine Schutzzone, der „Rasen“, freizuhalten; moderne Verfahren arbeiten mit *slant azimuth video recording* – siehe unten).

Es muss also trotz der starren Kopplung von Band- und Kopfgeschwindigkeit ein geringer Ausgleich der relativen Phase so möglich sein, dass der Kopf auf der Mitte der Magnetisierungsspur läuft. Ändert sich die Spurlage oder läuft gar die Abtastung nicht parallel zu den Spuren, kommt es zu inakzeptablen Bildstörungen. Und diese – miteinander verknüpften – Regelungsaufgaben waren damals nicht so einfach zu lösen wie heute, weil noch keine (Leistungs-) Halbleiter zur Verfügung standen, die insbesondere für den semiprofessionellen Bereich um 1961 / 1962 neue Perspektiven eröffneten, um elektronische Schaltungen kompakt und preiswert zu realisieren. Konstruktion und Herstellverfahren der Videoköpfe und der Videobänder profitierten von Erfahrungen aus dem professionellen Bereich. Damit war es möglich, die Bandbreite 2 Zoll zu verlassen und schrittweise auf 1 Zoll (25,4 mm), $\frac{3}{4}$ Zoll (19,05 mm) und $\frac{1}{2}$ Zoll (12,7 mm), um 1968 sogar zu $\frac{1}{4}$ Zoll und $\frac{2}{3}$ Zoll (16,93 mm), sowie zu schmalere Spuren überzugehen, wenn auch um den Preis reduzierter Bildschärfe und stärkeren Rauschens.

Doch diese vereinfachte Beschreibung der Vorgänge gibt nur ein Teilbild, denn außer der beschriebenen Schrägspuraufzeichnung der Bildsignale waren entlang der Kanten des Bandes noch zwei Linearaufzeichnungen unterzubringen: auf einer Seite die Tonspur, auf der anderen eine Synchronspur (Abbildung 656). Die Löschung geschah mit einem breiten Löschkopf für das Video-Signal und einem Tonlöschkopf am Tonkopfhalter. Selbst die Neigung der Video-Spuren konnte nicht ganz

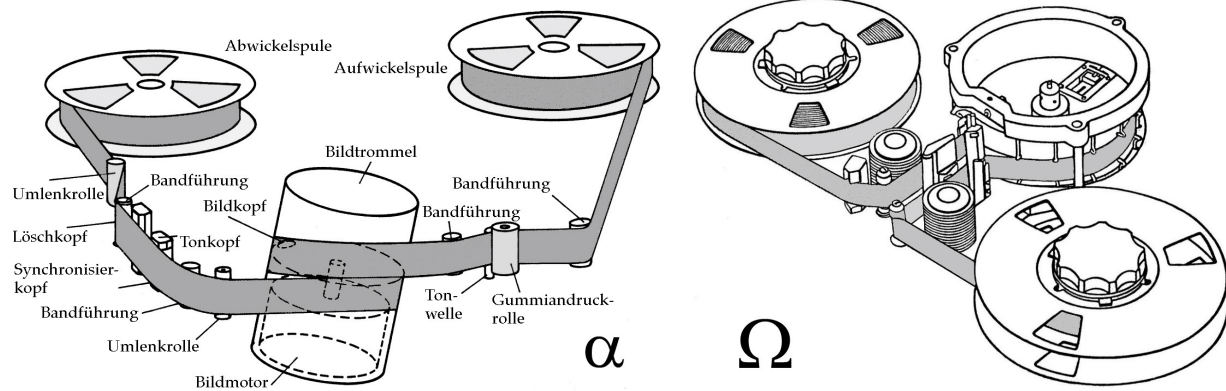


Abbildung 658 (LINKS): 360°-„alpha“-Bandführung bei Helical-Scan-Videorecordern mit allen Köpfen, geeigneter Bildtrommel, Spulen auf verschiedenen Ebenen. Ungewöhnlich ist die Lage von Ton- und Synchronkopf vor der Trommel; üblicherweise werden diese zwischen Trommel und Tonrolle eingefügt.

Abbildung 659 (RECHTS): Bandführungsschema von Helical-Scan-Videorecordern mit 360°-„Omega“-Umschlingung des Bandes um die Kopftrommel, Spulen auf verschiedenen Ebenen, wenige Details.

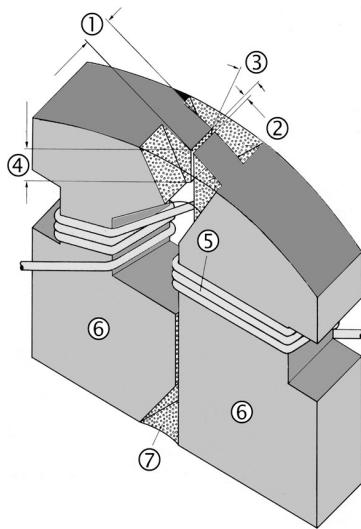


Abbildung 660 (LINKS): Nur noch entfernte Ähnlichkeit mit Schüllers Ringkopf, aber gleiches Prinzip: ein Glas-Ferrit-Kopf (Video 2000, 1985).

- 1) Spurbreite, (2) Spaltbreite,
- (3) Azimutwinkel, (4) Spalthöhe,
- (5) Kopfwicklung, (6) Ferritkörper,
- (7) Glasfüllung.

Abbildung 661 (RECHTS): Vergleichsweise moderner „Messerkopf“ eines Bildbandgerätes (Teil aus Abbildung 663), Breite der Abtastfläche etwa 0,4 mm, Länge 3 mm. Der Ferritkörper des Ringkopfes wurde auf den robusten Messingträger geklebt, womit gleichzeitig die Wicklungsdrähte des schnell rotierenden Kopfes fixiert waren.

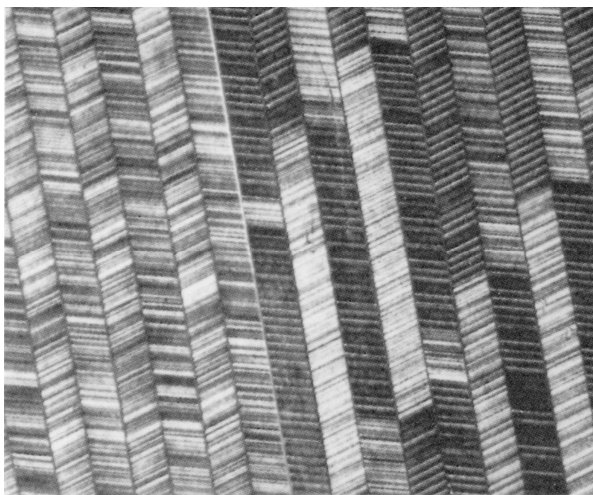


Abbildung 662: Sichtbar gemachte Magnetband-Videoaufzeichnung mit azimutversetzten Spuren (slant azimuth video recording).

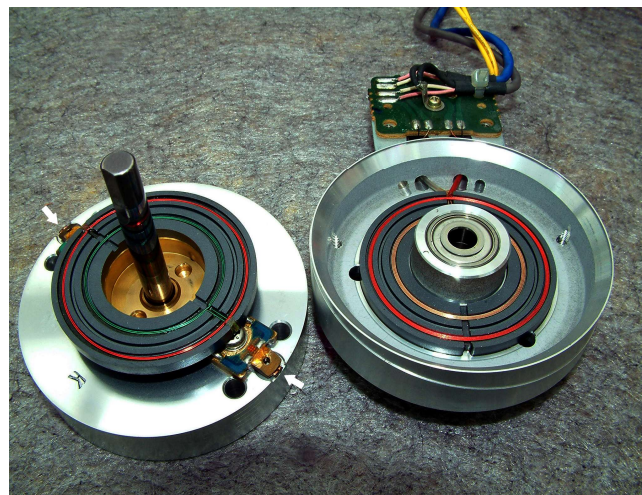


Abbildung 663 (RECHTS): Ausgeführte, gängige Variante einer Bildtrommel, auseinandergenommen. Links der obere, rotierende Teil mit den beiden Messerköpfen (Nahaufnahme in Abbildung 661), die im Schlitz zwischen Ober- und (rechtem) Unterteil laufen, wenn die Welle des Oberteils durch das Kugellager des Unterteils gesteckt wird. Am angefasten Wellenende greift der geregelte Antriebsmotor der Trommel an. Das Signal der beiden Magnetköpfe wird über einen rotierenden Transformator ausgekoppelt; Primärwicklung im Oberteil, Sekundärwicklung im Unterteil, Weiterleitung über die sichtbaren Lötanschlüsse. Der Motor hat eigene Verbindungen unterhalb der Montageplatte (weitere Details in Abbildung 664).

frei gewählt werden: Das Band umschlingt die Bildtrommel entweder in Alpha- (Abbildung 658) oder in Omega-Umschlingung (Abbildung 659). Bei α -Umschlingung rotiert im Schlitz der Bildtrommel eventuell nur ein einzelner Bildkopf, bei der später meist üblichen Ω -Umschlingung sind in der Regel zwei Köpfe auf einem Kopfrad erforderlich (Abbildung 663). Aus der Geometrie der Kopftrommel sowie der Relativgeschwindigkeit von Kopf und Band ergibt sich die Neigung der Bildspuren gegenüber der Bandrichtung: Die Breite des Bandes (zunächst meist 1 Zoll, dann $\frac{1}{2}$ Zoll = 12,7 mm) wird auf dem Umfang (ein Kopf) beziehungsweise $\frac{1}{2}$ Umfang (zwei Köpfe) der Trommel überstrichen. Die entscheidende Variable ist der Trommeldurchmesser, dann ergibt sich die Neigung weitgehend automatisch. Diese Neigung ist jedoch nicht beliebig wählbar: Ist sie zu steil, ist die jeweilige Spurlänge eines Kopfdurchgangs zu kurz für ein Halbbild. Ist sie zu flach, wird der „Rasen“ zwischen den Spuren zu schmal; zwei benachbarte Halbbilder erscheinen nicht mehr sauber getrennt. Dann ergibt sich noch ein weiteres Kriterium für die Neigung und damit für die Trommeldurchmesser aus den Bedingungen für die Bildtriggenung: Da bei der Gerber-Norm jedes zweite Halbbild mit einer Halbzeile beginnt, sollte die Neigung optimal so gewählt werden, dass zwischen zwei Zeilen eine halbe Zeilenlänge Spurverschiebung erfolgt; dann erfasst der Bildkopf auch beim Herauslaufen aus der Bildspur die Informationen der Nachbarzeile im richtigen Zeitpunkt (Abbildung 657). Aber auch Spurverschiebungen von $\frac{3}{2}$ oder $\frac{5}{2}$ Zeilenlängen sind noch gut beherrschbar – und erfahrungsgemäß einfacher realisierbar.

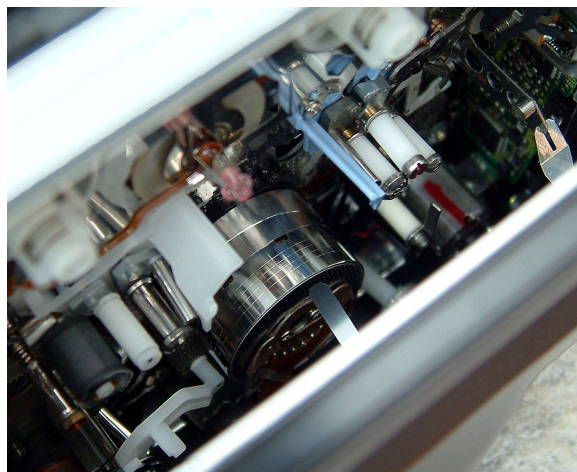
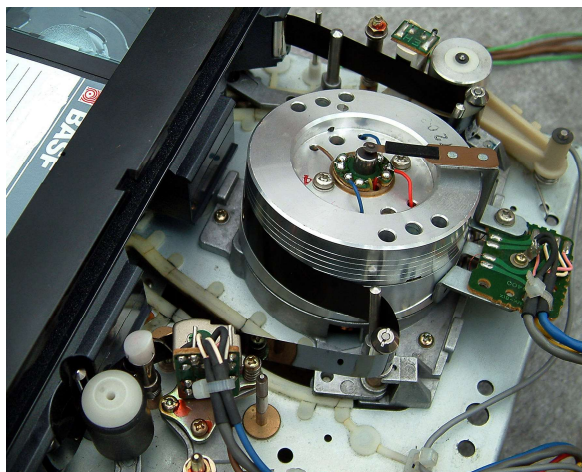


Abbildung 664: VHS-Kassette auf Arbeitsposition in einem Recorder (Abdeckung entfernt) und das automatisierte „Einfädeln“ des Videomagnetbandes. Viele Details sind aus der Tonbandtechnik bekannt. Die Kassette wird von oben in ihre Ausgangsposition gesetzt. Dabei wird die Schutzklappe der Kassette geöffnet. Alle Führungsstifte ebenso wie die „Tonwelle“ befinden sich innerhalb des Bandes, das zwischen den Wickeln gespannt ist. Die Stifte werden zusammen mit dem Band von einem eigenen Antrieb in den beidseitig der Trommel sichtbaren Führungen in die gezeigte Arbeitsposition gefahren; die Tonwelle bleibt stehen. Die Kopftrommel (gut 62 mm Durchmesser) entspricht den schon gezeigten Abbildungen. Das Band durchläuft in Omega-Umschlingung (im Bild von oben Mitte aus) die folgenden Stationen: Führungsrolle der Kassette, Fühlhebel, der den Zug des ablaufenden Wickels mechanisch über eine Bandbremse regelt, Löschkopf und Beruhigungsrolle auf federndem Plastik-Hebel, Keramik-Umlenkrolle, schräger Umlenkstift (erste Anpassung der schräg stehenden Trommel an den letztlich horizontalen Bandlauf von abwickelnder zur aufwickelnden Spule), Umschlingung der Kopftrommel (das Oberteil rotiert mit den Köpfen, von denen einer zu sehen ist). Das Unterteil steht fest. Deren Bandführung ist als Nut zu sehen – sie verläuft so, dass der Kopf das Band von unten beginnend nach oben auslaufend abtastet. Zweiter schräger Umlenkstift und zweite Keramik-Umlenkrolle, Tonkopf und Tonlöschkopf, Synchronkopf, „Tonrolle“ mit Gummiandruckrolle, Spule. Nicht zu sehen: Rutschkupplungen unter beiden Wickeldorren, jeweils zwei von externen Ereignissen gesteuerte Backenbremsen an den Spulentellern. Umspulen über Wendegetriebe/ Umsteuerkupplung, angetrieben vom „Tonmotor“. Das Getriebe wird allerdings im Spielbetrieb automatisch ausgekuppelt. Die Technik ist wesentlich stärker nach feinwerktechnischen Kriterien ausgelegt als die der Studio-Magnetophone.

Abbildung 665 (RECHTS): Nochmals um einen Grad miniaturisiert: Schüllers Schrägspuraufzeichnung in einem „Camcorder“ auf Basis des Kassettenstandards Hi8.

Es hat den Anschein, als sei „helical scan video recording“ vor allem als Domäne der Entwickler und Konstrukteure in Japan zu betrachten, gegründet auf tiefen Wurzeln und beileibe nicht erst seit den 1970er Jahren. Bereits 1953 sollen Teams der Firmen Toshiba und JVC mit einschlägigen Arbeiten begonnen haben, die bei Toshiba schon 1957 zu einem Prototyp führten,³⁵⁹¹ der 1959 / 1960 die Fachwelt als studiotaugliches 2 Zoll-Gerät VTR-1 mit alpha-Bandführung verblüffte.³⁵⁹² Anlass genug für die Sony Corporation, sich jetzt entschlossen der Videoaufzeichnung zuzuwenden, etwa mit Videorecorder SV-201, 1961 das kleinste Gerät dieser Klasse (Vorschub mit 17,8 cm/s).³⁵⁹³ Zu Sonys produktivstem Konkurrenten sollte die Firma Matsushita (Markennamen National, Panasonic, Technics, Quasar) heranwachsen, vor allem aber deren Tochtergesellschaft Victor Company of Japan, JVC, an der Matsushita seit 1953 einen 50,2 %-Anteil hielt.³⁵⁹⁴

Eine Erfindung besonderer Tragweite gelang Shiro Okumara: der Dozent der Tokyo University of Electro-Communications erhielt 1959 ein Patent auf die „*slant azimuth method of video recording*“³⁵⁹⁵ (in der Fachsprache meist „Azimuth Recording“ genannt). Damit hat es folgendes auf sich: Da die Kopftrommel eines helical-scan-Videorecorders ohnehin zwei Magnetköpfe trägt, wandte Okumara einen ingeniösen Trick an: er verschwenkte die Spaltlage des Magnetkopfs der einen Videospur um beispielsweise $+7^\circ$, die des zweiten um -7° ³⁵⁹⁶ (also um gleiche Winkel, aber in entgegengesetzter Richtung), so dass die Videospuren als eine Art Fischgrätmuster erschienen. Dieser Kunstgriff machte die bisher notwendigen, doch unwirtschaftlichen Schutzstreifen (Rasen) zwischen den Videospuren überflüssig, weil jeder Kopf das Signal der anderen Spur praktisch nicht lesen konnte. Das hieß wahlweise längere Spieldauer oder kleinere Bandwickel, mithin kleinere Geräte oder Kassetten. Den ersten *slant azimuth*-Recorder baute die japanische Firma Matsushita allerdings erst 1968³⁵⁹⁷ – vermutlich waren die technischen Schwierigkeiten beim Herstellen der entsprechenden Kopftrommeln vorher nicht beherrschbar.

„Video recording“, 1949 – 1956: erste Entwicklungen

War erst einmal das Problem gelöst, ein (Kamera-)Bild reproduzierbar in elektrische Impulse zu zerlegen, lag natürlich der Gedanke nahe, solche „optischen Zustandsgrößen“ nicht allein in die Ferne zu einem Empfänger zu übertragen, sondern auch für spätere Weiterverwendung zu speichern. Curt Stille hatte mit seinen Patenten „Verfahren der elektrischen Fernphotographie“ (1911³⁵⁹⁸) und „Verfahren zur elektromagnetischen Aufzeichnung und Wiedergabe von Licht- und Schallwellen auf einem Draht, besonders zur Herstellung sprechender Filme“ (vom 1. September 1918)³⁵⁹⁹ vielversprechende, wenn auch ergebnislose Anläufe unternommen. Der ansonsten unbekannte Russe Boris Rtscheouloff meldete am 27. Juni 1922 ein russisches Patent an, dessen englische Version vom 4. Januar 1927 – der Erfinder lebte zu der Zeit in London – „Improved Means of Recording and Reproducing Pictures, Images and the like“ versprach und als Aufzeichnungsträger die „wellknown manner such as according to the Poulsen and Pedersen system“ vorsah – auch hier sind praktische Resultate nicht bekannt geworden,³⁶⁰⁰ ebenso wenig von den Arbeiten des französischen Ingenieurs Leon Thurm Ende der 1920er Jahre.³⁶⁰¹

In den Vereinigten Staaten breitete sich das Fernsehen nach dem Zweiten Weltkrieg derart rapide aus, dass schon 1949 nicht weniger als 98 Fernsehstationen arbeiteten, also in nahezu jeder größeren Stadt. Die Programmproduktion benutzte bis etwa 1957 überwiegend den relativ preisgünstigen 16 mm-Bildfilm, dessen Auflösung und Kontrastumfang für Fernsehzwecke ausreichten, wenn auch die bekannten zeitraubenden fotochemischen Prozesse vor allem die aktuelle Berichterstattung behinderten. Ein Problem eigener Art war (und ist) die Drei-Stunden-Zeitdifferenz zwischen der nordamerikanischen Ost- und Westküste, derentwegen ein beachtlicher Teil der Programme zeitversetzt wiederholt werden muss, sollen die Sendezeiten einigermaßen auf die Sehgewohnheiten der Zuschauer und die Bedürfnisse der Werbung abgestimmt sein. Fernsehsendungen vom Bildschirm abzufilmen, bekannt als „kinescoping“ oder „kinescope recording“, war wegen der meist zweifelhaften Bildqualität und des hohen Aufwands kaum mehr als ein Notbehelf, wenn auch in großem Maßstab praktiziert: 1950 sollen allein in den USA 8 Millionen Filmmeter, 1953 sogar 30 Millionen Meter, für diesen Zweck verbraucht worden sein.³⁶⁰² Wer seinerzeit nach Alternativen suchte, verfiel angesichts der eindrucksvollen Erfolge der Ampex-Studio-Tonbandgeräte zwangsläufig auf die magnetische Aufzeichnung.

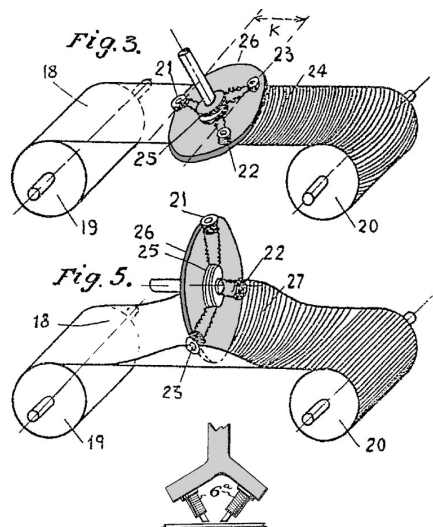
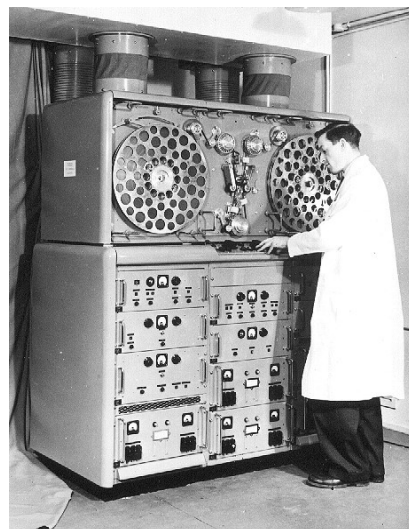


Abbildung 666: Zeichnungen aus Luigi Marzocchis Patent „System of electromagnetic sound recording on metallic plates, ribbons or wires“, GB 497,800 von 1936, das – obwohl nur für Tonaufzeichnung gedacht – die Quadruplex-Videoaufzeichnungstechnik (Fig. 5) einschließlich einer von Ampex benutzten Experimental-Anordnung (Fig. 3) beschreibt – Marzocchi geht von einem „Magnetkopf“ wie zu Poulsens Zeiten aus, siehe das US Patent 2,245,286, „Electromagnetic sound recording“!

Abbildung 667 (RECHTS): Der einzige im Betrieb eingesetzte professionelle Längspur-Video recorder: VERA der BBC mit der Bandgeschwindigkeit 5,08 m/s (200 Zoll/s) und 12,7 mm (½ Zoll) breitem Magnetband, Spulendurchmesser ca. 50 cm (20 Zoll), Spieldauer 15 min, 405 Zeilen (nur schwarz-weiß), ca. 1958. ³⁶⁰³



Kurzatmige Schnellläufer in USA und Großbritannien

Bing Crosby, erkennbar nachhaltig beeindruckt von magnetischer Aufzeichnungstechnik, nahm im April 1948 Jack Mullin unter Vertrag und stellte ihm die Aufgabe, einen professionellen Videorecorder zu entwickeln. Ein für die Bandbreite ½ Zoll auf 36 cm-Spulen umgebautes Ampex Model 200 brachte es auf eine Bandgeschwindigkeit von 100 in/s, also 2,54 m/s, was nur deswegen ausreichte, weil das breitbandige Videosignal in zehn Sub-Bänder aufgeteilt und auf zehn separaten Spuren aufgezeichnet wurde (zwei weitere Spuren enthielten Synchronimpulse). War Ende 1951 die Bildqualität noch enttäuschend, lieferte die Maschine der Bing Crosby Enterprises (BCE, ab September 1956 die „Mincom Division“ der 3M) im Oktober 1952 schon durchaus brauchbare Resultate ³⁶⁰⁴ – Spieldauer pro Band: ganze 16 Minuten.

Gut ein Jahr später (Dezember 1953) brachte ein von RCA entwickelter Recorder mit 43 cm-Spulen und der Bandgeschwindigkeit 9,14 m/s – das sind knapp 33 km/h – sogar Farbe auf den Bildschirm, doch die Spielzeit war mit 4 Minuten unpraktikabel kurz. 1955 sank die Bandgeschwindigkeit zugunsten etwas längerer Spielzeit auf 6,1 m/s. 1956 stieg sie wieder auf 9,14 m/s, jetzt allerdings bei ¼-Zoll-Band und 15 Minuten Spieldauer. Dann aber machte ein Paukenschlag namens VR-1000 diesem Rennen ein Ende.³⁶⁰⁵

Die britische BBC ging mit ihrem Vision Electronic Recording Apparatus (VERA) auf 5,08 m/s mit 12,7 mm-Band auf 50 cm-Spulen.³⁶⁰⁶ Die riesige Maschine – ihre Spulen waren nur wenig kleiner als die der Marconi-Stille

MSR 3 – konnte im damaligen 405-Zeilenraster immerhin 15 Minuten Spieldauer liefern. Aber VERA war, alles in allem, ein Spätentwickler: die 1952 begonnene Entwicklung erlaubte erst vier Jahre später eine erste Demonstration, und offiziell konnte die Maschine erst 1958 in Betrieb gehen, als sie technisch, wie schon vorher Mullins Schnellläufer, längst von den Quadruplex-Recordern überrundet war. Mit ihrer respektablen Bandbreite von 3 MHz (das entspricht bei Schwarz-Weiß einem akzeptabel scharfen Bild) sollten die paarweise arbeitenden VERAs die einzigen frühen „fixed head recorder“ bleiben, die Betriebsreife erreichten.³⁶⁰⁷ Der britische Hersteller MSS fertigte (versuchsweise?) zu dieser Zeit einen Magnetbandtyp, auf dessen Trägerfolie eine 0,03 µm dicke Aluminium-Schicht aufgesprüht war, um statische Aufladungen abzuführen.³⁶⁰⁸ – Alle Längsspur-Versuchsmaschinen arbeiteten mit Mehrspuraufzeichnung und komplizierten Modulationsverfahren, was entsprechend voluminöse Verstärker mit einer außerordentlichen Zahl von Röhren(funktionen) bedingte. Soweit bekannt, ist keiner dieser Recorder erhalten geblieben – schade, denn schon das Hochfahren des Magnetbandes auf die Soll-Bandgeschwindigkeit der „high-speed“-Ungetüme muss ein Erlebnis für sich gewesen sein – wenigstens ist im Internet VERA in voller Aktion zu bewundern.³⁶⁰⁹

Zwei-Zoll-Querspur-Videorecorder

Ampex überrascht die Fachwelt mit „Mark IV“ / VR-1000

„Out of the blue“, zu jedermanns Überraschung also, präsentierte die Ampex Corporation während des jährlichen NARTB-Kongresses in Chicago am 14. April 1956 ihre Neuentwicklung Mark IV, den praxistauglichen Prototypen einer Video-Aufzeichnungsmaschine.³⁶¹⁰ Die Premiere entwickelte sich zu einem Sensationserfolg für die inzwischen gut bekannte Firma, doch dass am letzten Ausstellungstag nicht weniger als 70 Maschinen (im Wert von knapp 4 Millionen USD) bestellt worden waren – meist von großen Sendegesellschaften und amerikanischen Regierungsstellen –, hatte wohl keiner der sechs Entwickler erwartet.³⁶¹¹

Abgesehen von überwiegend erstmals angewandten oder eigens entwickelten Modulationsverfahren, bildete das technische Herzstück der Mark IV-Maschine eine flache Kreisscheibe mit 50,8 mm Durchmesser, in die vier Magnetköpfe (symmetrisch jeweils um 90° versetzt) so eingelassen waren, dass die Kopfspiegel minimal aus der Kreisscheibe hervorstanden (Abbildung 669). Wo das Magnetband an diesem Rad vorbeilief, wurde es von einer Vakuum-Führung rinnenartig gewölbt, so dass es die Scheibe etwa zu einem Drittel umfasste. Das „Kopfrad“ rotierte mit 240 Umdrehungen pro Sekunde,³⁶¹² also mit 14.400 Umdrehungen pro Minute, und erreichte dabei eine Umfangsgeschwindigkeit von 1.550 Zoll pro Sekunde, also 39,37 m/s oder 142 km/h, gleich der tatsächlichen Schreibgeschwindigkeit. Die Spuren waren daher annähernd senkrecht zur Bandlängskante geschrieben (wegen des Band-Vorschubs von 0,05 cm während der Schreibzeit einer Spur um 0,57° geneigt), vergleichsweise schmal (0,254 mm) und durch unbespielte, 0,127 mm breite Bahnen voneinander getrennt, jede nahm etwa 16 Zeilen des Fernsehbilds auf (wenn, wie in der PAL-Norm, ein komplettes Videobild aus 625 Zeilen besteht, ist nach 40 Spuren ein Videobild komplett aufgezeichnet). Daraus ergab sich als Vorschubwert die Standard-Bandgeschwindigkeit 15 ips (38,1 cm/s). Ton- und Synchron-Signale wurden am oberen und unteren Rand des Bandes auf drei Längsspuren aufgezeichnet. In einer der Hilfsspuren am unteren Bandrand sind Steuerimpulse aufgezeichnet, mit deren Hilfe die erforderliche Phasenkohärenz zwischen der Rotation der Köpfe und dem Bandtransport einerseits und der Taktfrequenz andererseits durch einen Regelvorgang aufrechterhalten wird. Die Aufzeichnung des Videosignals erfolgt, völlig abweichend von den bekannten Audio-Aufzeichnungsverfahren, mittels Frequenzmodulation mit einer Trägerfrequenz, die nur wenig oberhalb der höchsten Videofrequenz liegt. Von den vier rotierenden Köpfen dieser Bauart ist ihre kaum treffende, aber allgemein übliche Gattungsbezeichnung „Quadruplex“ abgeleitet, soviel wie „vierfach“, zu deutsch „4-Kopf-Transversal-Rotations-Verfahren“ oder anschaulicher „Querspur-Verfahren“.

Basis-Daten des Ampex Querspur-Videorecorders VR-1000:

Magnetbandbreite 2 Zoll = 50,8 mm, Bandgeschwindigkeit (USA) 15 ips = 38,1 cm/s,
 Spieldauer 64 min mit 4800 ft = 1450 m Band auf 12 ½ Zoll-Spule (32 cm Ø)
 Hochlaufzeit 5 s bis zum stabilen Bildstand, Stopp auf 7,5 cm Bandlänge (also ¼ s), Videofrequenzgang 0 – 4 MHz
 Rückspulzeit ca. 3 min
 Laufwerk: 55 ¼ Zoll breit, 42 Zoll hoch, 35 Zoll tief (140 x 107 x 89 cm), dazu zwei Elektronik-Gestelle, jeweils 25 Zoll breit, 20 Zoll tief und 84 Zoll hoch (63,5 cm breit, 50 cm tief, 210 cm hoch),
 Gewicht 1350 Pfund = ca. 615 kg,
 Platzbedarf für die Gesamtanlage ca. 3 x 3 m.³⁶¹³

Doppelerfindungen und -patentierungen sind im Bereich Magnetspeichertechnik bekanntlich alles andere als Raritäten, und davon sollte auch die Videoaufzeichnung keine Ausnahme machen. Der entscheidende Gedankenblitz, die Aufzeichnungsgeschwindigkeit von der Vorschubgeschwindigkeit zu entkoppeln, findet sich nämlich schon 1936 in Patenten des ansonsten unbekannten Mailänders Luigi Marzocchi. Wie der (gegenüber seinem US-Patent 2,245,286 aufschlussreichere) Text von GB 497,800 erläutert, will er damit vor allem eine bedeutende Verlängerung der Spielzeit magnetischer Aufzeichnungsträger erreichen.³⁶¹⁴ Eingeweihte wissen zu berichten, dass man bei Ampex mit einer gewissen Nervosität auf das Ablaufen der Marzocchi-Patente wartete, obwohl es auch hier mit Sicherheit um voneinander unabhängige Erfindungen geht.

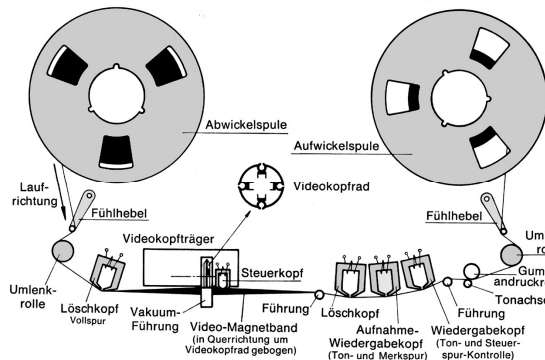


Abbildung 668: Schema des Bandlaufs in einem Quadruplex-Videorecorder Ampex VR-1000 (1956 / 1957). Die Anordnung der Tonköpfe entspricht dem ARD-Stand von etwa 1960.

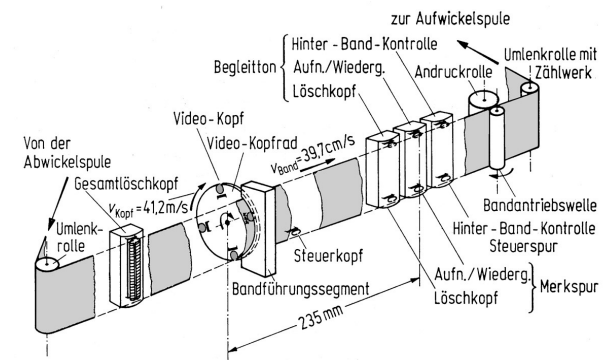


Abbildung 669: Schematisierter Bandpfad in einem 2-Zoll-Querspur-Bildbandgerät (z.B. der auf europäische Verhältnisse umgebauten Ampex VR-1000, 1959).

Abbildung 670: Dieses erste Bildbandgerät Ampex VR-1000 aus laufender Produktion gehörte der amerikanischen Fernsehgesellschaft CBS; es wurde erstmals am 30. November 1956 zur zeitversetzten Ausstrahlung einer Nachrichtensendung eingesetzt. Nach neun Jahren Dauerbetrieb bis 1965 (allein 17.600 Stunden im Sendebetrieb) gab CBS dieses Gerät im Jahr 1978 an das (damalige) Ampex-Museum in Redwood City zurück. Heute befindet sich das Gerät in der Sammlung der Stanford University, Kalifornien, nur wenige Meilen von Redwood City entfernt.

Rechts neben der Maschine eine Schneidevorrichtung für den „blutigen Schnitt“ des Zwei-Zoll-Videobands (also mit einer Art Rasierklinge)



Videomagnetband für *Quadruplex*-Aufzeichnung unterscheidet sich (zumindest) in einem Punkt erheblich von Magnetband für alle anderen Aufzeichnungsgebiete: die magnetischen Partikel sind senkrecht zur Laufrichtung des Bandes (und somit doch wieder „in Aufzeichnungsrichtung“) ausgerichtet.³⁶¹⁵ Übrigens war die Mark-IV-Premiere in Chicago fast bis zum letzten Moment gefährdet, weil ausgerechnet ein brauchbares 2-Zoll-Musterband auf sich warten ließ. Erst mit einem Versuchsbindelack war es schließlich den beiden 3M-Entwicklern Mel Sater und Joe Mazzitello gelungen, ein Vorab-Muster des späteren 3M-Videobandes 179 zu gießen, mit dem sie in aller Eile nach Chicago flogen. Die 14-Zoll-Spulen für das 2100 m lange, ungewöhnlich breite Band hatten sie improvisieren müssen.³⁶¹⁶

Ampex hatte bereits im Spätjahr 1951 mit Videorecorder-Experimenten begonnen, sich aber erst ab 1954 voll auf dieses Thema konzentriert. Alexander M. Poniatoff hatte unter dem intelligenten und führungsstarken Charles Ginsburg ein gerade sechs Mann starkes Team angesetzt, in dem Alex Maxey für die Abtast-Technik verantwortlich zeichnete, Fred Pfost die Magnetköpfe entwickelte, der Ingenieur Shelby Henderson seine feinmechanischen Fertigkeiten einbrachte und schließlich Charles Anderson zusammen mit dem Ingenieurstudenten Ray Dolby (später bekannt durch Rauschminderungssysteme) das modifizierte FM-Aufzeichnungsverfahren entwickelte.³⁶¹⁷ Der NARTB-Erfolg setzte das Team gehörig unter Druck, denn die Chicago-Maschine war noch keineswegs uneingeschränkt funktionsfähig. Ende 1956 lieferte Ampex 16 komplette Recorder VRX-1000 aus, die marktfähige Version der Mark IV. Nach weiteren durchgreifenden Verbesserungen hieß das Gerät VR-1000, geliefert seit 1957.³⁶¹⁸ Für die ersten drei Maschinen zahlte die amerikanische Fernsehgesellschaft CBS nicht weniger als USD 225.000.³⁶¹⁹ Jeder dieser in Abbildung 670 gezeigten Senioren aller professionellen Videorecorder war 140 cm breit, 107 cm hoch und 89 cm tief und wog etwa 600 kg; dazu kamen noch zwei 64 cm breite, 213 cm hohe und 51 cm tiefe Schränke für die gesamte Elektronik. Spätere Farbaufzeichnungen benötigten einen weiteren Elektronik-Schrank.³⁶²⁰

Was das Zeitzonen-Problem angeht, erwies sich die Video-Aufzeichnung auf Magnetband, wie erwartet, als preisgünstige und qualitativ überlegene Alternative zum „kinescope recording“: von USD 88 pro Stunde für Filmmaterial und Bearbeitung gingen die Kosten auf USD 3 bei Magnetbandaufzeichnung zurück.³⁶²¹ Die Ampex VR-1000³⁶²² – und die Ende Oktober 1957 folgenden Querspur-Maschinen von RCA³⁶²³ – waren aber nicht nur

ein überragender technischer wie kommerzieller Erfolg, sie revolutionierten geradezu weltweit die Fernseh-Programmproduktion.³⁶²⁴ Zu diesem Durchbruch hatte nicht zuletzt ein befristeter know-how-Austausch zwischen Ampex und RCA beigetragen,³⁶²⁵ als deren Ergebnis beide Firmen im Oktober 1957 eine farbtüchtige Quadruplex-Maschine vorstellten.³⁶²⁶ Die Recorder beider Häuser unterschieden sich verständlicherweise in technischen und konzeptionellen Details, aber das Aufzeichnungsformat wurde gewahrt, die Bänder blieben austauschbar.³⁶²⁷ Neue Geräte zu kaufen, hieß für die Anwender, sich für *einen* Hersteller, nicht aber (wie wenige Jahre später), zwischen zwei (oder mehr) inkompatiblen Aufzeichnungsformaten entscheiden zu müssen.

Schüller – oder doch nicht Schüller?

In dem umfangreichen Buch „*The History of Television, 1942 to 2000*“ von Albert Abramson³⁶²⁸ findet sich eine merkwürdige Passage. Auf den kürzesten Nenner gebracht, soll sich Eduard Schüller seit einem nicht genannten Zeitpunkt bis etwa Mitte 1953 bei Ampex in Redwood City, CA, aufgehalten haben, weil man einen deutschen Spezialisten sowohl für die Entwicklung der Sechs-Kanal-Magnetköpfe für das Todd-AO-Verfahren als auch für die Entwicklung eines professionellen Videorecorders im Team haben wollte. Der Versuch sei aber schief gegangen, weil es zwischen Eduard Schüller und Charles Ginsburg (maßgebliche Mitarbeit an den Ampex-Projekten Videorecorder, besonders ab dem zweiten, erfolgreichen Entwicklungsanlauf Mitte 1954) zu schwerwiegenden sachlichen Differenzen und heftigen persönlichen Animositäten gekommen sei. Schüllers Resultate in Sachen Todd-AO-Kopf hätten derart enttäuscht, dass er auf der Stelle entlassen worden sei. Die Videorecorder-Entwicklung hätten Ampex beziehungsweise Ginsburg erst ein Jahr später wieder aufgenommen.

Diese Geschichte hat vermutlich einen wahren Kern, nur gibt es massive Zweifel, dass tatsächlich Schüller einer der Akteure war. Weder können sich seine vier Töchter an eine lange Abwesenheit ihres Vaters erinnern – 1953 war eine Reise in den Westen der USA, eher mit Schiff und Eisenbahn als mit dem Flugzeug, eine durchaus ungewöhnliche Angelegenheit – es ist auch unwahrscheinlich, dass Schüller in diesem Jahr, einerseits als Technischer Direktor eines AEG-Werks auf der Suche nach neuen Fabrikationsstätten, andererseits belastet mit der gleichzeitigen Verlagerung der Tonbandgeräte-Fertigung von der AEG zu Telefunken, auch nur zeitlich zu einem Wissenstransfer an einen Mitbewerber willens und in der Lage gewesen wäre.

Aber selbst wenn er das gewollt hätte, ist es für Kenner der Struktur großer Konzerne und besonders auch der AEG unvorstellbar, dass der technische Direktor des Magnetophonwerkes Hamburg von der Konzernleitung für Monate freigegeben worden wäre, um dem Wettbewerber auf dem Weltmarkt ein Konkurrenzprodukt zu entwickeln. Mitarbeiter aus dem Magnetophonwerk berichten außerdem, dass Ampex in der zweiten Hälfte der 1950er Jahre genau diesem Magnetophonwerk den neu entwickelten Video-Recorder zur Anpassung an die europäischen Normen sowie zur Vermarktung angeboten habe. Wie soll man dieses Angebot verstehen in Anbetracht von angeblichen Animositäten zwischen Ginsburg und Schüller, der ja immer noch technischer Direktor des Magnetophonwerkes war? (Dass das Angebot von AEG abgelehnt und von Siemens angenommen wurde, ist hier unerheblich.)

Abramson weist auffallenderweise in den Quellenangaben kein nach strengen Maßstäben nachprüfbares Dokument aus, sondern nur sein eigenes Interview mit Ginsburg vom April 1981 – Jahrzehnte nach dem Ereignis –, sowie ein längeres Interview Ginsburgs vom April 1983 mit der Herausgeberin der US-amerikanischen Fachzeitschrift *Videography*. Hier – nicht bei Abramson – ist zu lesen:

[Ginsburg:] I was trying to use tuning forks to control this, using a servo tuning fork in the playback mode, and a tuning fork in the record mode. This guy said, "I got my thesis in tuning forks." He was a real turkey. After about six weeks of this, I went to Selsted and said, "I can't stand this anymore. I have a wife and five kids and I have to go home to them every night and I can't stand working with this guy." Selsted said, "It's a language difficulty." I said it wasn't and Selsted said to try a few more weeks. I did and then said forget it.³⁶²⁹

Offen bleibt, warum Abramson zwar Ginsburgs Ausbruch „*He was a real turkey*“ zitiert (sinngemäß: aufgeblasener Gockel, wörtlich: Truthahn), aber beim vorangehenden Satz nicht stutzig wurde: „*I got my thesis in tuning forks*“. Damit bekommt die Angelegenheit unversehens eine neue Richtung: ein Nachrichtentechniker wie Schüller promoviert, immerhin ungewöhnlich, mit einer Arbeit über Stimmgabeln?

Wie er sie präzise schildert, muss sich die Auseinandersetzung tief in Ginsburgs Gedächtnis eingegraben haben, wenn auch zu fragen ist, wieso er seinem Kontrahenten eine einfache sachliche Feststellung derart übelgenommen hat – das könnten nur Gestik, Tonfall und ein schon angespanntes Verhältnis erklären. Zudem fällt im *Videography*-Interview von 1983 kein Name (Schüller müsste demnach schon 1981 in Abramsons Ginsburg-Interview genannt worden sein, wofür ein belegtes Zitat zu erwarten wäre). Entscheidend ist allerdings, dass Schüller keine Dissertation geschrieben hat: er wechselte im wirtschaftlich extrem schwierigen Jahr 1933 von der Hochschule unmittelbar zur AEG und gab dafür seine geplante Dissertation auf. Selbst wenn hier unter „*thesis*“ eine Diplom-Arbeit zu verstehen wäre: Schüller beschrieb in seiner Diplomarbeit Methoden und Verfahren der Aufzeichnung von Schallsignalen auf Stahldraht und -band,³⁶³⁰ meilenweit entfernt vom Sachgebiet Stimmgabeln.

Alles Bisherige sind nur, freilich gewichtige, Indizien. Der eindeutige Beweis für Schüllers Anwesenheit in Hamburg während der fraglichen Zeit findet sich im AEG-Archivbestand des Deutschen Technik-Museums Berlin, und zwar ein auf den 25. März 1953 datiertes Formblatt, das zum internen Patent-Anmeldeverfahren

der AEG gehört. Hier hat Schüller mit Handzeichen (Paraphe) bestätigt, dass eine gemeinsame Erfindung mit seinem Mitarbeiter Hans Brandt (späteres Patent DE 946 014) für die laufende Produktion genutzt und daher offiziell angemeldet werden soll.

Selbst für die Verzögerungen bei der Videorecorder-Entwicklung, die Ginsburg beklagt, gibt es einen zweiten Grund, den John T. (Jack) Mullin berichtet, einer der einflussreichsten Propagandisten der Magnetrontechnik in den USA, überliefert hat. Sein Team bei den Bing Crosby Enterprises arbeitete seit 1951 an einem Videorecorder (mehrkanalige Linear-Aufzeichnung auf breitem Magnetband). Nach jeder offiziellen Demonstration der Fortschritte hielten es Ampex-Mitarbeiter für angebracht, die hauseigenen Arbeiten zu stoppen („... and promptly turned him off ...“), bis man schließlich Ginsburg gewähren und seine Arbeit fortführen ließ.³⁶³¹

Fazit: Abramson wie Ginsburg müssen zwei Personen verwechselt haben, Schüller kommt jedenfalls weder als Kontrahent Ginsburgs noch als Bremser der Videorecorder-Entwicklung in Frage, und so ist derzeit nicht nachvollziehbar, wie er zu dieser Rolle in Abramsons Text gekommen ist. So lange kein Verfasser einer Diplomarbeit oder Dissertation zum Thema Stimmgabeln aus den 1920er bis Mitte der 1930er Jahre bekannt wird, der auch mit der Magnetophon-Entwicklung befasst war, bleibt man, was die fragliche Persönlichkeit angeht, auf Vermutungen angewiesen.

Zwei-Zoll-Bildbandgeräte in Deutschland: Vorreiter Südwestfunk Baden-Baden

Auch die ARD-Techniker verfolgten natürlich alle Meldungen, die aus den USA über „Bildbandgeräte“ eingingen.³⁶³² Da hierzulande kein Zeitzonenproblem drängte, das Fernsehen ohnehin erst in den Anfängen steckte,³⁶³³ zudem die technische wie wirtschaftliche Größenordnung notwendiger Entwicklungen absehbar war, verzichtete die ARD vor 1957 auf entsprechende eigene Projekte,³⁶³⁴ ungeachtet des Faktums, dass seit Mai 1955 Schüllers Schrägspur-Patent, letztlich die zielführende Lösung der Aufgabe, veröffentlicht war (Seite 551). Zudem hatten die deutschen Rundfunkanstalten die Filmaufzeichnung von Fernsehsendungen in verschiedenen Verfahren seit 1952 erprobt und etwa 1956 bis zum technisch Möglichen weiterentwickelt.³⁶³⁵

In der ersten Jahreshälfte 1957, als in USA und Kanada die ersten VR-1000 in Betrieb gingen, besuchten Hans Joachim von Braunmühl (SWF) und Otto Schmidbauer (IRT Nürnberg) die Ampex Corporation in Redwood City, Kalifornien.³⁶³⁶ Was sie dort sahen – nicht zuletzt eine Bildqualität, die das 16 mm-„kinescope recording“ deutlich übertraf –, und die nicht zu unterschätzenden Vorteile für den Produktionsbetrieb führten zu einer Vereinbarung zwischen Ampex, Siemens und ARD (beziehungsweise SWF), versuchsweise ein solches Bildbandgerät anzuschaffen.

Siemens & Halske in Karlsruhe, deren Klangfilm-Magnetfilmläufer im nahen Baden-Baden seit längerem liefen, übernahm die aufwendige Arbeit,³⁶³⁷ die VR-1000 an „deutsche Verhältnisse“ anzupassen, das heißt, von der in den USA benutzten Netzfrequenz 60 Hz auf 50 Hz in Europa abzuändern, vor allem die Bildwechselfrequenz (30 Hz gegenüber 25 Hz), Zeilenzahl (525 gegenüber 625) und weitere Parameter auf die sogenannte „Gerber-Norm“ umzustellen.³⁶³⁸ Unter anderem brachte Siemens die Kopfrad-Umdrehungszahl von 240 U/s auf 250 U/s, weshalb die Bandgeschwindigkeit von 15 ips auf 15,6 ips, also 39,7 cm/s, anstieg.³⁶³⁹ Die Umfangsgeschwindigkeit der Kopfscheibe erreichte damit 41,25 m/s.³⁶⁴⁰

Abbildung 671:
Video-Aufzeichnungsraum des SWF
mit zwei Ampex-Bildbandgeräten
VR-1000 A, um 1960.



Die Ampex VR-1000 A des SWF war im Juli 1958 vorführbereit, und erste Demonstrationen sprachen deutlich zu Gunsten dieser Investition von immerhin DM 340.000 (für das Gerät allein, ohne Ersatzteile und, unter anderem, die unerlässliche Klimaanlage).³⁶⁴¹ Nach einer Einarbeitungs- und Versuchszeit sendete der SWF im Abendprogramm des 12. September 1958 erstmals einen 35 Minuten langen Kulturfilm. Drei Tage zuvor war beschlossen worden, ein zweites Gerät anzuschaffen, denn

... angesichts der günstigen Beurteilung, die das Verfahren auch bei europäischen Fernsehanstalten erfährt, besonders aber auf Grund eigener Betriebserprobungen mit einem ersten Magnetbildgerät in Baden-Baden ist der Südwestfunk zu der Überzeugung gekommen, daß dieses Verfahren für die Fernsehproduktion eine große Bedeutung gewinnen wird. Da der praktische Aufnahme- und Sendebetrieb möglichst bald beginnen soll, ist die Beschaffung eines zweiten Magnetbildgerätes nötig. Nicht nur längere Veranstaltungen und die Technik des Umspielens verlangen eine zweite Anlage, sie ist auch als Betriebsreserve erforderlich.³⁶⁴²

Das erste auf Magnetband aufgezeichnete Fernsehspiel, Friedrich Dürrenmatts DER BESUCH DER ALTEN DAME mit Elisabeth Flickenschildt in der Hauptrolle, sendete der SWF am 19. Februar 1959, allerdings mit einem Notbehelf: weil die Spieldauer des Schauspiels länger als die eines Videobandes (und ja erst eine Maschine vorhanden) war, überbrückten etwa 10 auf 16 mm-Umkehrfilm produzierte Minuten die Bandwechselzeit.³⁶⁴³

Der Südwestfunk gab weiter starke Impulse für die Entwicklung der Videorecorder, auch nachdem im Rückblick einzugestehen war, dass die VR-1000 A keineswegs die Bildqualität reproduzierte, die die Fernsehkameras lieferten, „und auch der Begleitton ... nicht die gewohnten Ansprüche des Rundfunks“ erfüllte. Elektronische Regeleinrichtungen anstatt mechanischer Vorrichtungen verbesserten den Bildstand. Der problematische Video-Frequenzgang war beim Folgemodell VR-1000 C fast bis 5 MHz geradlinig, und dank des modularen Aufbaus ließen sich ältere Maschinen umrüsten. Außerdem gelang es, die etwas rudimentäre Audio-Aufzeichnung – VR-1000 A hatte nur Kombiköpfe – mit einem neuen NF-Magnetkopfträger auf Hinterbandkontrolle auszubauen. Schließlich maschierte ein elektronischer Drop-out-Kompensator die auffallenden, waagerechten Blitze (meist bandbedingte Bildfehler), indem er anstelle der gestörten Bildzeile den Inhalt der vorangegangenen einfügte.³⁶⁴⁴

Aufstieg und Rückzug der Quadruplex-Videorecorder

1960 hatte allein Ampex in den USA 484 Anlagen installiert, 49 in Kanada (wohin 1957 auch die erste Serienmaschine VR-1000 gegangen war), 46 in England (... das Aus für VERA ...), 14 in Deutschland, 12 in Mexiko – und 35 in Japan.³⁶⁴⁵ Zum Jahresende 1960 waren weltweit 951 Videorecorder installiert (das heißt, RCA dürfte etwa gleich viele Anlagen wie Ampex Corp. aufgestellt haben), 1961 gab es bereits 1.267, davon 445 außerhalb der USA.³⁶⁴⁶ VR-1000 hatte bereits einen kleineren und leichteren Nachfolger erhalten, die Videoaufzeichnungsanlage VR 1001, die statt einer drittel Tonne „nur“ noch 227 kg wog.³⁶⁴⁷ Der nächste größere Schritt war die farbtüchtige VR-2000, in erster Linie entwickelt für die hohen Ansprüche der BBC, die mittlerweile auf 625-Zeilen-Fernsehen umgestellt hatte; das Frequenzspektrum reichte jetzt bis 10 MHz. Laut Ampex war die dritte Kopiergeneration der VR-2000-Aufnahmen noch so gut wie die der Originale ihrer Vorgänger-Maschinen.³⁶⁴⁸



Abbildung 672 (LINKS): Ampex Videoaufzeichnungsanlage VR-2000, farbtüchtige High-Band-Ausführung von 1965.



Abbildung 673 (RECHTS): Die erste deutsche Videoaufzeichnungsanlage für den Studioeinsatz, BCM 40 A der Fernseh GmbH Darmstadt, 1966.

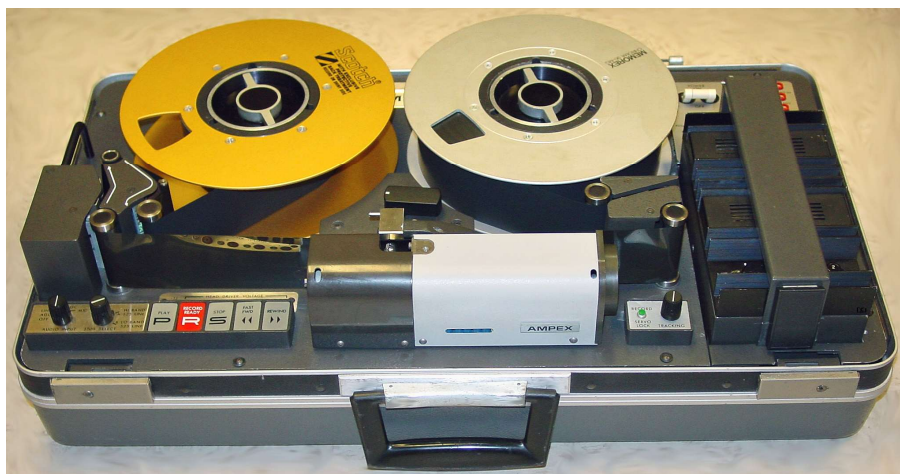
Nachdem die Fernseh GmbH Darmstadt (eine Tochterfirma der Robert Bosch GmbH) schon 1959 den Prototyp eines Querspur-Recorders eigener Konstruktion vorgeführt hatte,³⁶⁴⁹ erschien Mitte 1966 „die erste deutsche Videoaufzeichnungsanlage für Studienzwecke“, BCM 40 A.³⁶⁵⁰ Das volltransistorisierte Gerät, dessen Laufwerksplatte (wie bei Ampex VR-2000) in einem Winkel von 60° zur Waagerechten angeordnet war, ging beim SWF 1968 in Betrieb, der damit die Berichterstattung von den Olympischen Spielen in Grenoble (Winter 1968) bestritt. Der Nachfolgetyp BCM 40 B, 1972 im Einsatz bei den Olympischen Spielen München, wies eine vielseitige elektronische Schnitteinrichtung auf; die Bandzugregelung arbeitete „unter Verwendung von Vakuumkammern mit fotoelektrischer Abtastung“,³⁶⁵¹ einem eher für Computerbandläufer typischen Kennzeichen. Die letzten Geräte dieses Typs liefen bis 1986 und machten dann 1-Zoll-Recordern des Typs BCN 52 Platz, wiederum aus Darmstadt, gebaut vom Nachfolger der Fernseh GmbH, der BTS (Broadcast Television Systems).³⁶⁵²

Quadruplex-Recorder bauten auch die Sowjetunion und die DDR. Das sowjetische Fernsehen entwickelte 1960 / 1961 zwei Anlagen für den Studiobetrieb, genannt Kadr-1 und Kmsi, deren Qualität das Tschechoslowakische Fernsehen 1969 als „gerade ausreichend bezeichnete“.³⁶⁵³ 1965 folgt dann ein Bericht über ein namenloses Gerät mit vier rotierenden Köpfen, dessen Videobandbreite 50 Hz ... 6,5 MHz und die Spielzeit 60 Minuten betragen habe

(die im Bericht genannte Bandbreite 70 mm könnte ein Druckfehler sein).³⁶⁵⁴ Als Nachfolger erschienen 1972 die Typen Elektron-2 (nur schwarz-weiß-Bilder) sowie Kadr-3 (Farbe und s/w). Die Bandgeschwindigkeit 39,7 cm/s blieb Produktionen vorbehalten; Proben und dergleichen wurden mit 19,85 cm/s aufgezeichnet.³⁶⁵⁵

Das Fernsehen der DDR nahm Anfang 1964 eine Mavicord QR 300 genannte Eigenkonstruktion nach dem „4-Kopf-Transversalrotations-Verfahren“ (Eindeutschung des Begriffs Quadruplex) für Schwarzweiß-Aufzeichnungen in Betrieb; der Nachfolger von 1972, QR 302 – beschrieben als „ein Ungetüm mit 600 kg Gewicht sowie einer Länge und Höhe von fast zwei Metern“ – konnte 96 Minuten im SECAM-Farbsystem aufnehmen. Hersteller dieser Maschinen war das Rundfunk- und Fernsehtechnische Zentralamt (RFZ). Die immer wieder benutzten Wolfener ORWO-Videomagnetbänder, also aus DDR-Eigenproduktion, mussten übrigens wegen ihres starken Abriebs auf einem Videoband-Prüfautomaten QR 7016 gereinigt werden. Neben den Ostblock-Recordern waren teils illegal beschaffte, teils offiziell gelieferte Anlagen von Bosch und Ampex im Einsatz, so beispielsweise auch die tragbare Quadruplex-Maschine VR-3000 für die aktuelle Berichterstattung.³⁶⁵⁶

Abbildung 674: Einen beachtlichen Grad an Miniaturisierung erreichte Ampex mit dem batteriebetriebenen Quadruplex-Recorder VR-3000, vorgestellt 1967. Er war 61 x 35 x 20 cm groß und 25 kg schwer, also gerade noch mittels eines Rückengestells tragbar; die Kamera wog nochmals 13 kg. Spielzeit maximal 20 Minuten. Da das Gerät exakt das gleiche Aufzeichnungsformat benutzte wie die großen Studiomaschinen, konnten Reportagen oder Sportberichte notfalls ohne Umspielen über den Sender gehen.³⁶⁵⁷ VR-3000 konnte nicht löschen; weil er auch keinen Zeitbasis-Korrektor (TBC, wie in Studiomaschinen vorhanden) besaß, war die Wiedergabe nur für Kontrollzwecke zu verwenden.



Um 1960 hatten also die 2-Zoll-Videomaschinen im professionellen Sektor ihre gut 20 Jahre dauernde, nahezu weltweite Vorherrschaft angetreten. Nach und nach verschwanden die üblichen Kinderkrankheiten. Insbesondere fanden sich Lösungen für das anfangs schwierige Schnitt-Problem, und schließlich ging man ganz zum „elektronischen Schnitt“ über – das heißt, einer von Automaten unterstützten, bildgenauen Aneinanderreihung vorhandener Aufzeichnungen mittels Überspielung auf ein Sendeband. Auch die diffizileren Probleme der Farbsignal-Aufzeichnung waren seit etwa 1961 gelöst.³⁶⁵⁸

Im Februar 1962 lieferte Ampex die eintausendste Video-Aufzeichnungsanlage aus; davon standen 643 Maschinen in den USA, 83 im Kanada, 70 in England, 39 im Bundesgebiet und 38 in Japan. Die übrigen 127 Geräte mussten sich also auf den „Rest der Welt“ verteilt haben oder die nicht farbtüchtigen Erstfertigungen bereits ausgemustert worden sein.³⁶⁵⁹

Das Ende der Quadruplex-Recorder kam 1980 in Sichtweite, als die drei großen USA-Fernsehanstalten ihren Bestand zügig auf 1-Zoll-Geräte umstellten (ABC hatte allein für die Olympischen Winterspiele in Lake Placid, USA, 120 Ein-Zoll-Maschinen geordert) und CBS bekanntgab, sie würde keine weiteren 2-Zoll-Recorder beschaffen. Zu dieser Zeit hatte Bosch in Europa bereits 1.300 BCN-Maschinen verkauft (jedoch nur 150 in den USA).³⁶⁶⁰ In Deutschland hielt sich die 2-Zoll-Technik bei zwei Fernsehanstalten noch bis Ende 1983.³⁶⁶¹ Insgesamt sollen weltweit etwa 18.000 Quadruplex-Recorder gebaut und verkauft worden sein.³⁶⁶²

Schrägsपुरaufzeichnung: Universalverfahren der Videoband-Technik

Die großen, schweren und teuren Quadruplex-Anlagen (anfänglich um USD 75.000 beziehungsweise 340.000 DM bei gut einer halben Tonne Gewicht) blieben verständlicherweise kommerziellen beziehungsweise öffentlich-rechtlichen Fernsehanstalten vorbehalten. Andere Institutionen, wie Universitäten, Schulen oder Industriebetriebe mit kleineren Etats und weniger strengen Qualitätsanforderungen wollten und konnten sich nur einfachere und preiswertere Geräte leisten, mussten aber trotzdem die damals sehr teuren Videobänder kaufen. Durchaus vergleichbar mit der Entwicklung bei den Audio-Magnetbandgeräten, entstanden rasch vereinfachte Videorecorder, zunächst für den semiprofessionellen Bereich, später auch zum Aufzeichnen von Fernsehprogrammen in Privathaushalten. Während aber Studio- und Heim-Tonbandgeräte weitgehend nach dem gleichen Prinzip arbeiten, waren die gegebenen Ziele im Videosektor nur mittels „helical scan recording“, der „Schrägsपुरaufzeichnung“, zu erreichen. Wegen ihrer konstruktiven Vorteile führte sie bald (zunächst im Anforderungsbereich unterhalb der Studiotchnik) zu kompakten, preiswerten Geräten. Dann aber verdrängte „helical scan recording“ wegen seiner größeren Vielseitigkeit auch die Quadruplex-Maschinen aus der Programmproduktion – wohlgermerkt nicht wegen der Bildqualität, die vor allem die jüngeren VR-1000-Nachfolger bis fast an die Grenze des

systemtechnisch Möglichen ausschöpften. Freilich sprachen auch Anschaffungspreis, Größe, Gewicht und mehrere Tonspuren für die helical-scan-Maschinen, und so arbeiten alle semiprofessionellen und Heim-Videorecorder nach diesem Prinzip.

Das letzte Wort in Sachen Video-Aufzeichnungstechnik war also nicht das Quadruplex-Verfahren, das auf einen steilen Spurwinkel setzt, nämlich $89,43^\circ$. Im Gegensatz dazu ging der amerikanische Magnetband-Spezialist Earl E. Masterson (er hatte schon 1948 ³⁶⁶³ über ein 35 mm-Magnet-Tonfilmsystem veröffentlicht) von einem eher flachen Winkel aus, den er ebenfalls mit einem rotierenden Magnetkopf erzielte, wie sein auf die Videosignal-Aufzeichnung zugeschnittenes, 1950 angemeldetes Patent „*Magnetic Recording of High Frequency Signals*“ zeigt. Auf eine weitgehend übereinstimmende Lösung kam Eduard Schüller 1953 mit der „*Vorrichtung zur magnetischen Aufzeichnung und Wiedergabe von Fernsehbildern*“. Grundgedanke beider Patente: ³⁶⁶⁴ Eine möglichst große Zahl von Bildzeilen – am besten ein ganzes Halbbild – wird in eine Videosignalspur geschrieben, die „schräg“ über das Magnetband verläuft (also unter einem gegenüber 90° kleinen Winkel gegenüber der Bandlängskante ³⁶⁶⁵). Erfindungs-Gegenstand beider Patente ist ein Zylinder beziehungsweise eine Trommel, um die das Magnetband als gekreuzte Schleife herumläuft (alpha-Bandführung, wegen der Form des Buchstabens aus dem griechischen Alphabet, Abbildung 658), in dessen Oberfläche ein Videokopf eingelassen ist. Schüller schlägt darüber hinaus zwei oder mehr Videoköpfe vor, um mit kleineren Umschlingungswinkeln auszukommen. Praktisch realisiert wurde später überwiegend die Zwei-Kopf-(Omega)-Bandführung mit zwei um 180° versetzten Videoköpfen (Abbildung 659). Gezieltes Schrägstellen der Trommel sorgt dafür, dass die Videospur wie gewünscht „schräg“ auf das Band geschrieben wird.

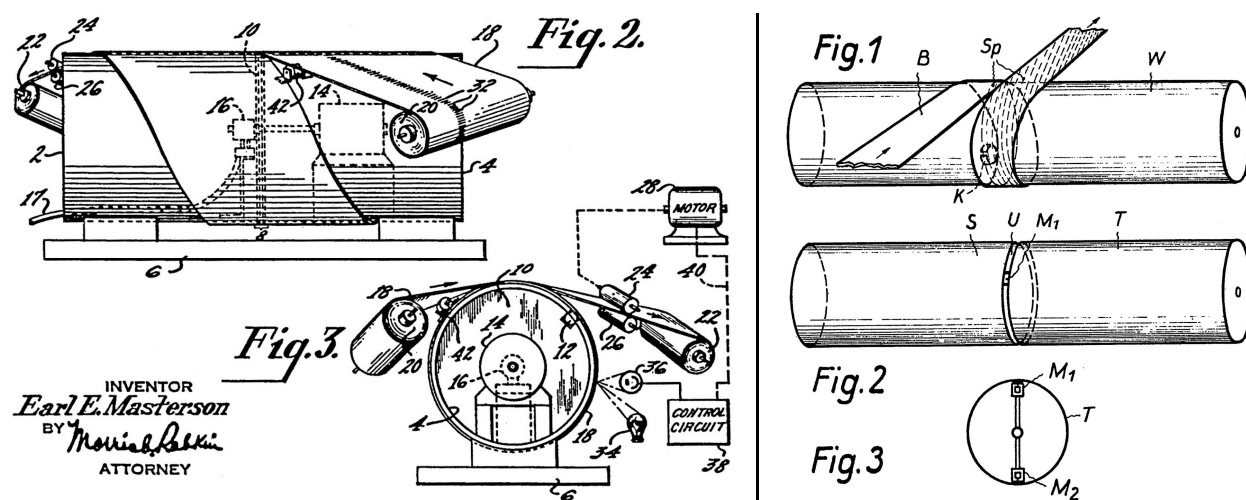


Abbildung 675 (LINKS): Earl E. Mastersons Schrägspurpatent US 2,773,120; angemeldet am 30. November 1950 ³⁶⁶⁶ (in US-Patentschriften werden im allgemeinen mehr Details der technischen Realisierung angegeben als bei deutschen.) No. 12 ist ein einzelner Magnetkopf, der wie in Schüllers Patent in einem Rohrschlitz (No. 10) rotiert, über den das Videoband (No. 18) so bewegt wird, dass die gleichen schrägen Aufzeichnungen entstehen. Weitere Details: Kopfmotor (No. 14) und Schleifringübertrager (No. 16), der bei den zu erwartenden schwachen Signalen eher ungeeignet sein dürfte, sowie ein Extraantrieb für Magnetband (No. 28). Meßaufnehmer (No. 34 mit No. 36) und Regelkreis (No. 38) für Motor No. 28.

Abbildung 676 (RECHTS): Eduard Schüllers Schrägspurpatent DE 927 999, angemeldet am 1. Juli 1953. ³⁶⁶⁷ Im Schlitz U des Rohres W rotieren zwei Magnetköpfe M1 und M2 so, dass sie die Magnetschicht des Videobandes B berühren. Dieses Band wird so über den Schlitz geführt, dass die Spur der Köpfe schräg über die Breite des Bandes verläuft, so wie es in Abbildung 655 und Abbildung 656 zu sehen ist. ³⁶⁶⁸

Masterson sah eine Trommel mit 1.54 feet = 46,94 cm Durchmesser vor, die mit 60 Umdrehungen pro Sekunde, analog zur USA-Netzfrequenz, rotierte und nur *einen* Kopf trug, also eine alpha-Bandführung bildet. Vom Magnetband forderte er als Breite 24 inch = 610 mm (!), als Bandgeschwindigkeit 15 ips = 38,1 cm/s, woraus bei einem Aufzeichnungswinkel von 25° eine Schreibgeschwindigkeit von 290 feet pro Sekunde, also 88,4 m/s, folgt. Schüllers Patent geht insoweit über Masterson hinaus, als er dessen 1-Kopf-Trommel auf zwei um 180° versetzte Videomagnetköpfe erweitert und daher mit einem Umschlingungswinkel von etwa 180° auskommt. Mit einer zu $10\text{ }\mu\text{m}$ angenommenen kleinsten nutzbaren Wellenlänge, 35 mm-Magnetfilm (!) als Speichermedium mit einer nutzbaren Breite von 25 mm und einem Aufzeichnungswinkel von 30° kommt er zu einer Trommel mit 30 mm Durchmesser, die mit 18.000 Upm rotiert, dabei ist die Magnetfilm-Normal-Geschwindigkeit von 45,6 cm/s (entsprechend 24 Bildern/s) angenommen. Aus heutiger Sicht sind beide Patente also etwa gleich weit von der Realisierbarkeit entfernt, wobei in patentrechtlichen Auseinandersetzungen Schüllers Angabe, nach der „*die Umschlingung bei zwei Köpfen etwa $360^\circ/2$, bei n Köpfen etwa $360^\circ/n$ beträgt*“, eine wichtige Rolle gespielt hätte.

Professionelle Helical-Scan-Spulenrecorder

1967 begann auch in Deutschland das Farbfernsehen (in den USA Mitte der 1950er Jahre), wofür natürlich eigens konstruierte oder umgerüstete 2-Zoll-Querspurl-Recorder gebraucht wurden. Für die Zeitlupen-Wiedergabe, Attraktion jeder Sportsendung, waren Sondergeräte entwickelt worden, weil das Quadruplex-Format we-

der die verlangsamte Wiedergabe noch Standbild erlaubte (1 Spur enthält nur 16 Zeilen, ein vollständiges Bild erstreckt sich also über knapp 15 mm Bandlänge). Abgesehen davon waren die 2-Zoll-Video-Magnetbänder sehr teuer, halb so breite Bänder sollten folglich nur etwa die Hälfte kosten. Nachfrage und Entwicklung zielten also auf studiotaugliche Ein-Zoll-Recorder ab, die solche Vorgaben erfüllten. Sie zeichneten in einer einzigen, relativ langen Spur jeweils 1 Halbbild auf, was grundsätzlich auch Standbildwiedergabe und Zeitlupeneffekte erlaubte. Gestiegene Anforderungen an die – beim Fernsehen oft etwas untergeordnete – Tonaufzeichnung und -bearbeitung, schließlich der stereofone „Begleitton“, verlangten nach einer zweiten Tonspur.

Helical-Scan-Videorecorder im Fernsbetrieb waren auf leistungsfähige „Zeitbasis-Korrektur“ angewiesen. Angesichts der vielen Geräte, die am Zustandekommen beteiligt sind, leuchtet es ein, dass der Aufbau eines Fernsehbildes nach einem systematischen Zeitplan (Studiotakt) ablaufen muss, der auf Nanosekunden genau einzuhalten ist. Im Gegensatz etwa zu Kameras und Bildmischpulten arbeiten im Videorecorder aber viele mechanische Bauteile, deren Unvollkommenheiten es nahezu ausschließen, den Zeitplan exakt einzuhalten: die Rotation der Kopftrommel ist ebenso wenig gleichmäßig wie die Bandgeschwindigkeit konstant, das Magnetband ist elastisch, und was es an ähnlichen Problemen mehr gibt. Das Aufzeichnungs-Format der Quadruplex-Recorder bot für solche Fehler genügend eng beieinander liegende „Korrektur-Ansatzpunkte“. Wenn aber, wie bei C-Format, ein vollständiges Halbbild auf einer 410 mm langen Bandspur gespeichert ist (NTSC-Ausführung), bringen die (mechanik-bedingt) „unpünktlichen“ Wiedergabesignale den Soll-Zeitablauf erheblich durcheinander mit der Folge teils katastrophaler Bildfehler. Aufgabe der Zeitbasiskorrektur ist also, die vom Videorecorder kommenden Informationen in die richtige zeitliche Ordnung zu bringen. Die besten Ergebnisse lieferten digital arbeitende Zeitbasis-Korrektoren, die freilich erst in Reichweite kamen, als auch entsprechend leistungsfähige, hochintegrierte Halbleiterschaltungen entwickelt waren. Erst der digitale „time base corrector“ (TBC) machte also die analogen Helical-Scan-Recorder studiotauglich.

Den ersten, leider zu kurzen, Schritt zum studiotüchtigen Helical-Scan-Recorder machte die amerikanische Firma IVC (International Video Corporation) mit ihrem Model IVC 9000 (unter anderem mit Vakuumkammern zur Bandzugregelung³⁶⁶⁹), präsentiert beim Fernseh-Symposium 1971 in Montreux. Die von Fachleuten als „*the best analog tape format of all time*“³⁶⁷⁰ bezeichnete Maschine – sie sollte bis zu 29 „sehenswerte“ Kopiengenerationen leisten – war zwar für die Bandgeschwindigkeit 8 in/s = 20,32 cm/s, aber für 2 Zoll-Band ausgelegt und schöpfte damit nicht alle Möglichkeiten zur Bandkosten-Ersparnis aus. Da Ampex Umbausätze anbot, die die Aufzeichnungsqualität ihrer 2-Zoll-Quadruplex-Geräte deutlich an hob, konnte IVC von Model 9000 zwar 65 Anlagen verkaufen, ging aber 1977 in Insolvenz.³⁶⁷¹ Diesen Markt beherrschten 1-Zoll-Geräte von Ampex und Sony.



Abbildung 677: Der professionelle Videorecorder BCR 40 von Bosch / Philips für 1 Zoll-Video magnetband, Bandgeschwindigkeit 26,7 cm/s, Band-Kopfgeschwindigkeit 23,8 m/s, Aufnahmezeit max. 1 Stunde; Omega-Bandführung (1 Videokopf). Diese Geräte gehörten zu einer 1972 vorgestellten, weitgehend erfolglosen Entwicklungsreihe.



Abbildung 678: Ein Meisterwerk der Miniaturisierung: Ampex-Nagra VPR-5, einer der wenigen tragbaren (7 kg) Videorecorder im 1-Zoll-C-Format, ganze 14 x 44 x 22 cm (HxBxT) groß, bot mit 21 cm-Spulen 1 Stunde Aufnahmezeit in Studioqualität (Videobandbreite 5 MHz, drei Tonkanäle). VPR-5 war 1982 vorgestellt und ab 1984 ausgeliefert worden – genau genommen in der ersten Dämmerstunde der 1-Zoll-Videoformate. Trotzdem hat zum Beispiel die BBC bis 1988 nicht weniger als 16 dieser Geräte angeschafft.³⁶⁷²

Erste Helical-Scan-Videorecorder aus Darmstadt: Die BCR-Serie (1972)

Auch die Robert Bosch Fernschanlagen GmbH Darmstadt (1972 hervorgegangen aus der Fernseh GmbH, seither in Zusammenarbeit mit Philips) ging zur Schrägspuraufzeichnung auf Chromdioxid-Band über und präsentierte 1972 eine Familie von Einkopf-Recordern für 1-Zoll-Band mit der Bandgeschwindigkeit 26,7 cm/s: das Grundgerät BCR 40, eine reine Aufzeichnungsmaschine, BCR 50 als Kombination aus BCR 40 und Wiedergabe-elektronik und ein Messfeld (dazu BCR 60 wie vor, aber ohne Messfeld).³⁶⁷³ Die BCRs sollten den Standards der EBU (European Broadcasting Union) entsprechen, zielten also auf den Markt Europa.³⁶⁷⁴ Das Ziel, die Bandkosten zu senken, war erreicht, doch das Einkopf-Prinzip bewährte sich nicht, und die BCR-Reihe lief aus.

Helical-Scan-Videorecorder, C-Format

Hatten Ampex und RCA bei den Quadruplex-Recordern technisch *de-facto*-Normen gesetzt, konkurrierten Mitte der 1970er Jahre im 1-Zoll-Sektor verwirrend viele Gerätetypen, was zumindest den Programmaustausch

erschwerte. Die Society of Motion Pictures and Television Engineers, SMPTE, konnte die beteiligten Firmen, vor allem Sony und Ampex, auf gemeinsame Standards verpflichten, woraus im September 1977 die Spezifikation „One Inch Type C Video Tape Recorders for 525 Line 60 Field NTSC Television System“ resultierte, kurz C-Format genannt. Dieser Standard schrieb unter anderem drei Tonspuren, pro Halbbild eine Videospur und separate Steuerspur vor, die unter dem sehr flachen Winkel $2^{\circ}34'$ auf das 1-Zoll-Band bei 9,61 ips (22,4 cm/s) geschrieben wurden. Die Kopftrommel musste dazu einen Durchmesser von immerhin 134,62 mm haben. Die absolute Geradlinigkeit fordernde 410 mm lange, 130 μm breite Videospur lag anfangs an der praktisch beherrschbaren Grenze der Feinmechanik;³⁶⁷⁵ erst Spurnachfolgesysteme, die die Videoköpfe auf Spurmitte hielten, führten zu betriebs-sicheren Resultaten. Seiner Vielseitigkeit verdankt der C-Standard den Aufstieg zum weitest verbreiteten analogen Studio-Format; er blieb praktisch 20 Jahre in Kraft und wurde, wie auch der B-Standard, erst obsolet, als sich digitale Video-Aufzeichnungssysteme durchsetzten.³⁶⁷⁶

Im europäischen (PAL-) Markt waren weder Sony noch Ampex vertreten, weil den C-Format-Recordern bestimmte Feinheiten des PAL-Systems erhebliche technische Schwierigkeiten machten, jedenfalls gab es bis 1975 keine „C-Format“ helical-scan-Maschine, die sich im PAL-Bereich bei Fernsehanstalten und sonstigen Programmproduzenten durchgesetzt hätte.³⁶⁷⁷ Eine Chance für europäische Produzenten!³⁶⁷⁸

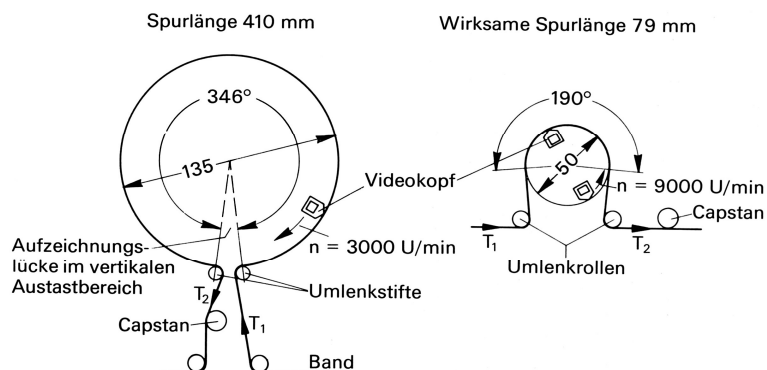


Abbildung 679 (LINKS OBEN): Vergleich der Bandführung in einem C-Format-Videorecorder mit kontinuierlicher Aufzeichnung (links) und der B-Format-Lösung in den BCN-Videorecordern (RECHTS), mit segmentierter Aufzeichnung.

Abbildung 680 (LINKS): Bandführung eines BCN-Videorecorders (helical scan, Bandbreite 1 Zoll, 1976). Ziemlich genau in der Bildmitte (unter der kreisrunden schwarzen Abdeckung) befindet sich die Kopftrommel, „scanner“ genannt, vom Videoband in einem Winkel von 190° umschlungen. – BASF hatte eigens das Chromdioxid-Videoband CV 26 R für diesen Maschinentyp der Robert Bosch GmbH entwickelt.

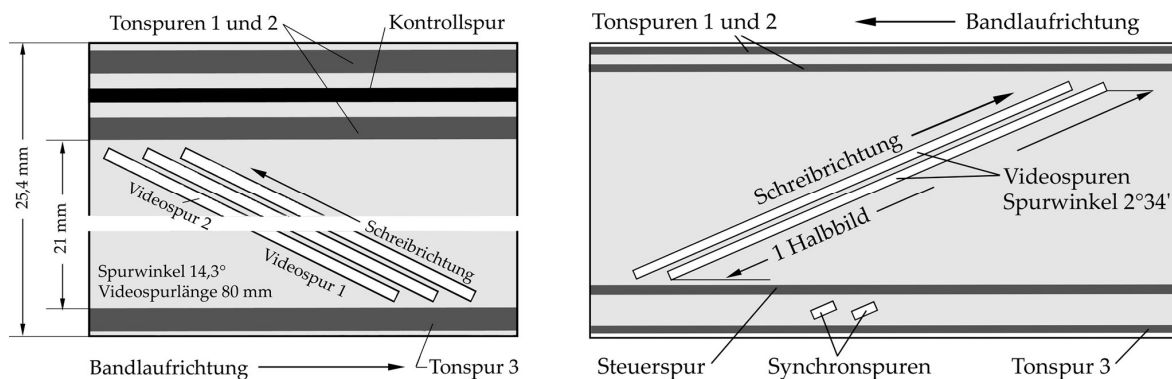


Abbildung 681: (LINKS) Das Spurbild des Video-Formats B, Bandbreite 1 Zoll = 25,4 mm, Spurbildwinkel $14,3^{\circ}$, Spurbildlänge 80 mm. (RECHTS) Das Spurbild des Video-Formats C; Bandbreite 1 Zoll = 25,4 mm, Spurbildwinkel $2^{\circ}34'$. Bei einer optionalen Bauart konnte anstelle der hier gezeigten Synchronspuren ein vierter Tonkanal installiert werden.

Professionelle Helical-Scan-Videorecorder, B-Format: Die BCN-Serie (1975)

In Europa erreichten die 1-Zoll „open-reel“-Studiomaschinen ihren Höhepunkt mit der BCN-Serie (Broadcast Colour New System) der Robert Bosch Fernsehanlagen, Darmstadt.³⁶⁷⁹ 1975 in Montreux vorgestellt,³⁶⁸⁰ arbeiten diese Geräte nach einem „Zwischenstandard“, da sie nämlich ein vollständiges Bild auf 12 Spuren (zu je 52 Zeilen) schrieben, statt auf zwei wie sonst bei Schrägspuraufzeichnung üblich. Die Kopftrommel hatte deshalb einen Durchmesser von nur 50,3 mm (Kopfrad Quadruplex: 50,8 mm; 1-Zoll-C: 135 mm), rotierte mit 150 Umdrehungen pro Sekunde und schrieb 80 mm lange Einzelspuren unter einem Winkel von $14,3^{\circ}$. Daraus ergab sich als Nachteil gegenüber dem C-Format, dass Zeitlupen- und Zeitraffer-Wiedergabe digitale Zusatzgeräte erforderten. Die BCN-typische Mischung aus Quadruplex- und „Flachspur“-Technik ermöglichte andererseits eine sehr präzise Führung des Videobands, die ohne Nachführelemente auskam und sich als fertigungs- und wartungs-

freundlich erwies. Die kleine Kopftrommel führte zu handlichen, tragbaren Geräten wie die BCN 20, die bei nur 22 kg Gewicht systemkompatible Aufzeichnungen lieferte. Mit 12 kg noch leichter und zudem einfacher zu bedienen war das Kassetten-Aufzeichnungsgerät BCN 5, das immerhin 40 Minuten lange Aufnahmen machte und vor allem für die aktuelle Berichterstattung („electronic news gathering“, ENG) gedacht war. Wenige Jahre später wogen professionelle Camcorder (Videokameras mit eingebautem Recorder) gleich viel.

Für die Tonaufzeichnung waren drei 0,8 mm breite Spuren vorgesehen.³⁶⁸¹ Etwa tausend BCN-Recorder waren mit zwei Dolby A-Rauschminderungseinheiten ausgestattet, was der Audioqualität zugute kam, boten doch derart schmale Spuren und die geringe Schichtdicke der Videobänder alles andere als optimale Voraussetzungen.³⁶⁸² Eine weitere Variante wurde mit dem Telefunken-Rauschminderungssystem telcom c4 ausgeliefert.

Mit der Einführung der BCN-Maschinen – die ersten Exemplare gingen noch im August 1975 als erster ARD-Anstalt zum Südwestfunk³⁶⁸³ – rückte das Ende der großen, schweren, unhandlichen 2-Zoll-Spulen näher. Das 1-Zoll-Chromdioxid-Videoband BASF CV 26 R war zusammen mit Bosch entwickelt worden; damit hatte sich BASF einen attraktiven, anspruchsvollen Markt erschlossen und konnte so die 2-Zoll-Videobandlücke kaschieren.

Noch vor der Festschreibung des C-Formats hatte SMPTE den für Europa maßgeblich Standard „One-Inch Type B Helical Video Recording“, das B-Format, verabschiedet, zugeschnitten auf Maschinen nach dem Prinzip der BCN-Maschinen, wie sie auch Philips, RCA und JVC vertrieben. Anfang 1977 waren schon 200 – 300 Anlagen in Betrieb,³⁶⁸⁴ so dass die offizielle Bekanntgabe des B-Standards etwas hinter der Entwicklung herhinkte.

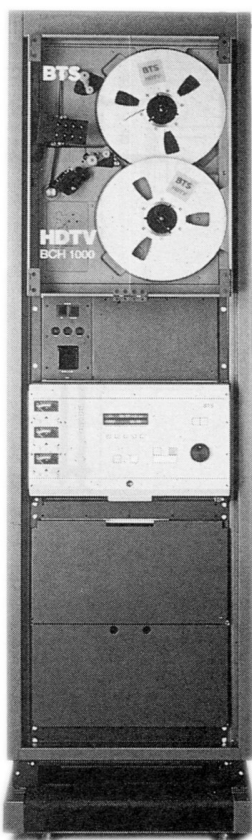


Abbildung 682: Der analoge HDTV-Videorecorder BCH 1000 der BTS Broadcast Television Systems, Darmstadt (1989)

A-Format: Semiprofessionelle Videorecorder

Bleibt der Vollständigkeit halber noch der A-Format-Standard nachzutragen: er war zugeschnitten auf eine Reihe weit verbreiteter, relativ preiswerter, semiprofessioneller 1 Zoll-Helical-Scan Videorecorder, die für Anwendungen im wissenschaftlichen und Ausbildungs-Bereich, für das Industriefernsehen und Sporttraining entwickelt worden waren.³⁶⁸⁵ Den ersten Vertreter dieses Aufgabenkreises, VR-7000, hatte Ampex im November 1965 vorgestellt;³⁶⁸⁶ die Reihe lief 1973 mit dem farbtüchtigen Modell VR-7900A aus.³⁶⁸⁷ An die 625-Zeilen-Norm und 50 Hz Netzfrequenz angepasst waren die 1969 eingeführten VR 7002, VR 7803 und VR 5103.³⁶⁸⁸

Analoges HDTV-Fernsehen und -Bildaufzeichnung

Um 1980 begannen in Japan breit angelegte Versuche, einen neuen Qualitätsstandard im Fernsehen einzuführen, der unter der Abkürzung HDTV (High Definition TeleVision, mit analoger Technik) bekannt wurde. Hauptmerkmal des Experimental-Standards waren 1.125 Zeilen, also mehr als die doppelte NTSC-Anzahl, und ein Bildformat, dessen Seitenverhältnis nicht 4:3, sondern 5,33:3 beziehungsweise 16:9 betrug (mehr dazu siehe unter Seite 623). Sony modifizierte 1984 für diesen Zweck einen 1-Zoll-C-Format-Recorder und nannte das Gerät HDV-1000. Toshiba folgte 1985 mit dem ersten genuinen 1-Zoll-HDTV-Recorder, 1988 erschien Sony mit dem ersten digitalen HDTV-Recorder HDD-1000, wiederum auf Basis C-Format, jedoch mit Metallpigmentband. Beachtlich waren die acht digitalen Tonkanäle.³⁶⁸⁹

Das europäische HDTV-Konzept sah 1.250 Zeilen und ebenfalls das Bild-Seitenverhältnis 16:9 vor. 1988 zeigte BTS³⁶⁹⁰ als Pilotprojekt den analogen HDTV-Recorder BCH 1000,³⁶⁹¹ der auf den 1-Zoll-Recordern der BCN-Serie aufbaute und 1989 in Montreux großes Interesse fand.³⁶⁹² Bei einem Bandvorschub von 66 cm/s (BNC: 24 cm/s), einer Scanner-Drehzahl von 200 U/s und einer Band-Kopf-Geschwindigkeit von 31,6 m/s (Ampex VR-1000: 41,3 m/s) konnten mit einer 32 cm-Spule (Ø 12,5 inch) immerhin 58 Minuten aufgezeichnet werden³⁶⁹³ – lang genug für Demonstrationen, aber etwas knapp für Produktionen. BASF lieferte dafür ab 1990 das Videoband HDVT 26 B (gelegentlich falsch „HDTV“ geschrieben³⁶⁹⁴), beschichtet mit kobaltmodifiziertem Eisenoxid.³⁶⁹⁵

Exkurs XVIII: Linienzahl und Bildschärfe

Ein wesentlicher Anhaltspunkt für die Qualität eines Videosystems ist die Bildschärfe. Um eine anschauliche Vergleichszahl zu bekommen, wird z.B. auf dem Bildschirm eines Fernsehgerätes ein (elektronisch generiertes) Muster aus *senkrechten* Doppelstrichen, zusammengesetzt aus weißen und schwarzen Bildpunkten, erzeugt. Ein Linienpaar entsteht durch das zeilenweise Untereinanderschreiben des kleinsten auflösbaren Bildpunktes, wobei ein dunkler und ein heller Bildpunkt die Linie ergibt. Die Linie (engl. line) verläuft als gedachte *senkrechte* Linie und beschreibt damit die *horizontale* Auflösung des Videobildes. Die vertikale Auflösung ist durch die normbedingte Zeilenzahl festgelegt (625 bei PAL / SECAM, 525 bei NTSC). Die horizontale Bildauflösung (in MHz) ist somit abhängig von der Informationsdichte (Bildpunkte) in der Zeile des Videosignals. Je schmaler diese (Doppel-)Linien sein können, ohne ineinander zu verschwimmen, umso schärfer erscheint das Fernseh-Bild und umso höher ist natürlich die Linienzahl. Dieses Verfahren wird sinngemäß auch auf Videorecorder übertragen.

Frequenz [MHz]	Linien
2	160
3	240
4	320
5	440
6	480
7	560
10	800

Das Norm-Videosignal hat eine Auflösung von 5 MHz, die auch vom Sender übertragen wird (dabei entsprechen die 5 MHz Luminanz-Bandbreite eines reinen s/w-Signals 400 Linien, die des Pal-Farbsignals mit 4,43 MHz 350 Linien). Videorecorder zeichnen jedoch im Mittel nur 3 MHz auf. Die fehlenden 2 MHz werden nicht unbedingt als Qualitätsverlust registriert. Die Aufzeichnung höherer Frequenzen und damit die Verbesserung der Bildauflösung ist abhängig von der Lage und dem Hub des zur Modulation verwendeten FM-Trägers (der FM-Hub ist der Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten Frequenz des Signals, das aufgezeichnet wird). – Für Nicht-Fachleute dürfte die Linienzahl als Qualitätsmaßstab anschaulicher sein als die Auflösung, angegeben in MHz (260 Linien entsprechen ca. 3 MHz, 400 Linien 5 MHz; als Faustformel: Auflösung in MHz multipliziert mit 80 ergibt Linienzahl). Studio-Videorecorder mit 7 MHz Auflösung würden demnach 560 Linien bieten.

Tabelle 14: Gängige analoge professionelle Aufzeichnungssysteme (PAL)

Abkürzungen: cs = composite, ct = component; Hb = Halbbild, hs = helical scan, K = Kassette, S = Spule, 50 Hz-Ausführungen

System	Quadruplex Ampex	EBU-B-Format (IEC 602)	EBU-C-Format (IEC 558)	U-MATIC-H (IEC-712)	U-MATIC-SP (IEC-712)	M II (IEC 60 B)	Betacam (IEC 60 B)	Betacam SP (IEC 60 B)
Einführung	1956	1976	1978	1971	1986	1985	1982	1986
Standard	Querspur	hs	hs	hs	hs	hs	hs	hs
Laufwerk	S	S	S	K	K	K	K	K
Signal-System	cs	cs	cs	cs	cs	ct	ct	cs
Aufzeichnungsverfahren	direkt	direkt	direkt	FM	FM	R-G-B getrennt	Y Spur + Chr Spur	Y Spur + Chr Spur
Farbaufzeichnung	original	original	original	colour under	colour under	1 Lum., 1 Farb-Diff.	eine Spur U+V	eine Spur U+V
horizontale Auflösung (Linien)	400	300	300	280	340	340	300	450
Rotierende Köpfe	4	2A + 2W	1A + 1W	2 A + 2 W	6	6	6	10
Bandgeschwindigkeit in mm/s	397	240	239,8	95,3	95,3	66,3	101,5	101,5
Band-Kopf-Geschw. in m/s	41,2	24	21,4	8,54	8,5	5,9	5,75	5,75
Kopftrommel-Ø in mm	52,5	50,3	134,6	110	110	75,9	74,487	74,487
kürzeste Wellenlänge in µm	4,44	2,7	2,4	1,33	1,19	0,65	1,1	0,8
kleinste Bitfläche in µm²	--	432	384	101	101	36	39	28
Spurbreite in µm	250	160	130	85	85	56 / 36	86 / 73	87 / 73
Spurwinkel	89,5°	4,6811°	2,33°	4,97°	4,97°	4,29	4,60°	4,60°
Rasenbreite in µm	150	40	54	--	40	--	--	--
Spurlänge in mm	46,2	80	299,7	170,7	170,7	124,97	115	115
Bandbreite in mm	50,8	25,4	25,4	19,05	19,05	12,7	12,7	12,7
Banddicke in µm	50	26	26	k.A.	27	14	25	15
Bandverbrauch in cm²/s	100,8	50	50	18,15	18,15	5,22	12,9	12,9
Zeilen pro Spur	20	52	Hb	Hb	Hb	4	4 (2 Y, 2 C)	4 (2 Y, 2 C)
Tonkanäle	1	3	3	2	2	4	2	2
Magnetschicht	Fe ₂ O ₃	CrO ₂	CoFe	mod. CoFe	CoFe / CrO ₂	MP	CoFe / CrO ₂	MP
Koerzitivfeldst. in kA/m	21	52	52	52	60	120	52	120
Remanenz in mT	100	140	140	130	k.A.	k.A.	k.A.	240
max. Spielzeit in min	60	150	190	60	60	23 / 95	24	90

Professionelle Videobandsysteme auf Kassetten-Basis

Sony und Partner: U-matic-Videorecorder (Low-band; SMPTE-Format E)

Von apokryphen Vorläufern abgesehen, begann die Geschichte der Video-Cassetten-Recorder (VCR) mit dem U-matic-System der japanischen Firma Sony. Es wurde ab dem Jahr 1968/1969 ursprünglich für den Konsumentenmarkt entwickelt – also etwas später als die Philips-Grundig-Entwicklung LDL 1000 / BK 100 – und im November 1969 (bzw. in einer verbesserten Ausführung im März 1970) vorgestellt.³⁶⁹⁶ Um 1972 wurde das System in Europa eingeführt, wo es sofort mit dem 1971 eingeführten VCR-System von Grundig und Philips konkurrierte.

Die U-matic-Kassette ist der Urvater aller japanischen Kassetten-Systeme. Sie enthält alle grundlegende Patente, die in den kommenden 30 Jahren in allen Endverbraucher- und professionellen Kassetten angewandt wurden, so dass alle folgenden, bedeutenden Videokassetten-Systeme, selbst noch DVC, an diesen Patenten mehr oder weniger freiwillig partizipierten und entsprechende Lizenzgebühren an Sony zu leisten waren. Einzige bedeutende Ausnahme war das Grundig-Philips-System Video 2000 (1979).

Konstruktions-Vorgabe war eine Stunde Spieldauer, für die die damals üblichen „open-reel-recorder“ 12,7 mm breites Eisenoxidband auf Spulen mit 18 cm Durchmesser benötigten. Eine Kassette, um zwei solche nebeneinander liegenden Spulen „herumgebaut“, wäre viel zu unhandlich geworden. Die Konsequenz war, nicht ½-Zoll-Band, sondern hochkoerzitives 19,05 mm = ¾-Zoll-Band zu verwenden,³⁶⁹⁷ für das bei 9,53 cm/s Vorschub Spulen mit wesentlich kleinerem Durchmesser ausreichten (für das Chromdioxid-Magnetband hatte Sony eigens eine Lizenz bei duPont, dem Inhaber wichtiger Chromdioxid-Patente, erworben.³⁶⁹⁸). Für portable Geräte gedacht war eine kompakte Kassette mit maximal 20 Minuten Laufzeit, die sogenannte U-matic S (für small) und eine 221 x 32 x 140 mm (B x H x T) große Standard-Kassette für die stationären Geräte mit einer Laufzeit bis zu 60, in seltenen Fällen auch 75 Minuten. Bei beiden Kassettengrößen liegen die Spulen im gleichen Achsabstand nebeneinander. Daher können die stationären Player und Recorder problemlos beide Größen verarbeiten; ein Adapter ist nicht erforderlich. Im Gegensatz zu anderen Systemen rotieren die Spulen im gleichen Drehsinn.³⁶⁹⁹ Benannt ist U-matic nach der langen, gekrümmten Schlaufe, die das Band außerhalb der Kassette im Recorder beschrieb und mit etwas Phantasie als U-förmig durchgehen konnte.³⁷⁰⁰ Für die Tonaufzeichnung waren von vornherein zwei Spuren vorgesehen.

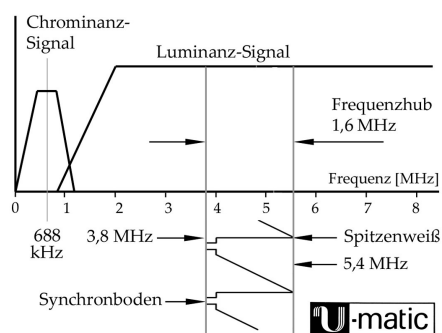


Abbildung 683: Das Frequenzschema des U-matic-Videostandards.

Das U-matic Format – von den Systempartnern Bell & Howell, Matsushita Electric, JVC, NEC und TEAC Corp. auch U-Vision und U-VCR³⁷⁰¹ genannt – wurde vor allem in Sendeanstalten zur elektronischen Berichterstattung verwendet (im englischen *Electronic News Gathering*, ENG), wobei es in Deutschland erst mit der Einführung der Version High-band (280 statt 240 Linien Auflösung in Farbe) ab 1978 bei den Fernsehanstalten weitgehend die 16-mm-Filmtechnik ablöste.

1973 galt U-matic, die japanische Gemeinschafts-Entwicklung von 1969, in den USA und Japan mit 50.000 verkauften Geräten im semi-professionellen Bereich als marktbeherrschend.³⁷⁰² 1976 stellte Sony eine U-matic-Kamera-Recorder-Kombination vor, die jedoch wegen ihrer Unhandlichkeit noch ein Zwei-Personen-Team voraussetzte. Um das Material im Studio weiterverarbeiten zu können, stand damals schon ein digitaler Zeitbasis-Korrektor zur Verfügung, der Bandlauf- Ungenauigkeiten elektronisch kompensierte. Das System festigte

seine Marktposition 1981 mit der Weiterentwicklung U-matic High band „mit Eigenschaften, wie sie bis dato nur vom 1 Zoll-Sektor her bekannt waren“,³⁷⁰³ vor allem mit deutlich verbesserter Farbwiedergabe und Zeitlupentüchtigkeit, 1985 mit dem Übergang zu U-matic SP (superior performance, Auflösung 300 Linien,), das Sony eine feste Position im Industrie-, Werbe- und Ausbildungsbereich sicherte.



Abbildung 684: Die Videokassette „U-matic large“ beziehungsweise KCA-30, Laufzeit 30 Minuten.



Abbildung 685: Größenvergleich: U-matic „large“, davor die Betamax-Kassette, rechts davon die U-matic „small“

Neben den ausgezeichneten Schnittmöglichkeiten war U-matic bekannt für Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit: „It was widely used in schools and colleges, as the cameras and recorders would stand up to any amount of abuse from students.“³⁷⁰⁴ Weitere Anwendung fanden U-matic-Recorder in Agenturen zur Dokumentation von Fernsehsendungen, zu Schulungszwecken sowie als Standard für das Industriefernsehen (Ausbildung, Werbung, Forschung), später, in der Version U-matic SP, vor allem im professionellen Bereich.

Die Farbe wird im LIR-Verfahren (colour under), wie bei allen Endverbraucher- und semiprofessionellen Recordern, aus dem FBAS-Signal abgetrennt, auf ca. 600 kHz bandbegrenzt und dann mit einem Farbhilfsträger von 685 kHz (Low-Band) oder 924 kHz (High-Band) zusammen mit dem frequenzmodulierten Helligkeitssignal (Y) auf dem Videoband aufgezeichnet.

Ungeachtet seiner Qualität (das hieß seinerzeit vor allem die Auflösung von 280 beziehungsweise 340 Linien) sprachen gegen das System freilich Preis, Größe und Gewicht von Kassetten, Kameras und Recordern, so dass es im Endverbraucher-Markt keinen Boden hätte gewinnen konnte, was folgerichtig zu Betacam und Betamax führte. Im angestammten Bereich konnte sich U-matic über 20 Jahre mit Erfolg behaupten (es wurde später im Fernsbereich vom Format Betacam SP abgelöst). Beträchtlich viele U-matic-Anlagen scheinen bei Liebhabern und Bewunderern überlebt zu haben, denn als professionelle Anwender zu anderen Formaten wechselten, konnten sie Überzähliges noch zu erschwinglichen Preisen weiterverkaufen.³⁷⁰⁵ Noch in den ersten Jahren der digitalen Tonaufzeichnung³⁷⁰⁶ und der CD-Produktion spielte U-matic, hier als professioneller Träger digitaler Tonaufzeichnungen, eine anspruchsvolle Rolle, etwa in der Kombination BVU-200B mit dem Digital Audio Editor DAE-1100 und dem Digital Audio Processor PCM-1610 von Sony.³⁷⁰⁷

Sony erhielt für das Videoformat „U-Matic“ 1976 den Emmy-Award der National Academy of Television Arts and Sciences. – Dass es aber durchaus auch Kritik an der U-matic-Familie gab, vor allem dort, wo das System den 16 mm-Film ablöste, zeigt der Praxisbericht „Vom Film zur elektronischen Berichterstattung“, Seite 558 ff.

Die Konvergenz von Camcorder und Studio-Videorecorder

Als Typ VR-3000 hatte Ampex 1967 den ersten „tragbaren“, farbtüchtigen Quadruplex-Recorder mit immerhin noch 23 kg Gewicht entwickelt (Abbildung 674), den kräftige Kameraleute, zusätzlich zu einer 13 kg-Videokamera auf der Schulter, auf dem Rücken tragen konnten.³⁷⁰⁸ Beweglichkeit und schnelle Einsatzbereitschaft, worauf Fernsehredaktionen stets großen Wert legen mussten, forcierten die Entwicklung immer leichter Systeme, die sich qualitativ nicht unbedingt mit stationären 2-Zoll- oder 1-Zoll-Videorecordern messen konnten, aber für den Bereich *electronic news gathering* (ENG), etwa „aktuelle Berichterstattung vor Ort“, vollkommen genügten. Ein anderes Anforderungsprofil, *electronic field production* (EFP), Außenaufnahmen für anspruchsvollere Video-Programmproduktionen, verlangte dagegen Qualitätsgleichstand mit 1-Zoll-Studiomaschinen.

Für die aktuelle Fernseh-Berichterstattung zeigte Sony 1972 einen **U-matic**-Videorecorder, der sowohl NTSC- als auch CCIR-Signale (das heißt, nach US- und europäischer Norm) verarbeiten konnte. Dieses ausgesprochen erfolgreiche System ist ab Seite 555 näher beschrieben.

Der erste „lupenreine“ Camcorder, anfangs Recam (recording camera) oder **Hawkeye**, dann laut SMPTE M-Format genannt, war eine Gemeinschaftsentwicklung von Panasonic und RCA mit dem Ziel, den 16 mm-Film im Fernsbereich abzulösen. Hawkeye zeichnete auf einer handelsüblichen VHS-Kassette auf, allerdings – und das war nur ein Unterschied gegenüber der Konsumentenversion – die Farb- und die Helligkeitsinformationen auf zwei getrennten Spuren, um studiotaugliche Qualität zu erreichen. Hawkeye, 1980 vorgestellt, konnte trotz des hohen Innovations-Werts keine Erfolge verbuchen und verschwand rasch,³⁷⁰⁹ als sich der Mitentwickler RCA Broadcast aus diesem Arbeitsbereich zurückzog. (Die herkömmliche kombinierte Aufzeichnung von Helligkeits- (dem Schwarz-Weiss-Anteil des Bildes) und Farb-Information wird als „*composite recording*“, die (zumal bei niedrigen Bandgeschwindigkeiten) qualitativ überlegene separate Aufzeichnung der beiden Komponenten als „*component recording*“ bezeichnet.)

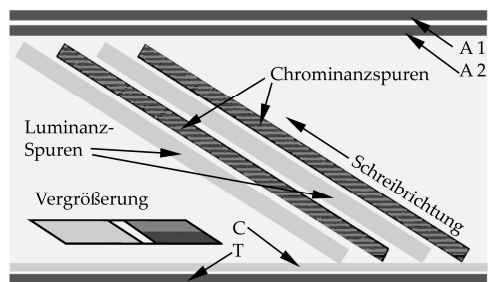


Abbildung 686: Spurbild Betacam. Luminanz- und Chrominanz-Signale werden in getrennten Spuren aufgezeichnet. A1 und A2: Audiokanäle, C Kontrollspur, T Timecode-Aufzeichnung. Näheres siehe Text

Sony antwortete 1982 mit einer schlicht **Betacam** genannten Recorder-Familie, von SMPTE als L-Format geführt. Das System war aus dem Betamax-System entwickelt worden und hatte von ihm das Kassettenformat und damit die mechanische Laufwerkskonfiguration übernommen. Unterschiedlich war das Aufzeichnungsformat, denn für professionelle Anwendungen reichte die LIR-Farbaufzeichnung (colour under) qualitativ nicht aus. Sony entwickelte für diesen Bereich das damals völlig neuartige Zeitmultiplex-Aufzeichnungsverfahren (compressed time division multiplex – CTDM). Wie vom Hawkeye wurden zwar Helligkeits- und Farbinformationen auf getrennte Spuren geschrieben (Hawkeye: 83 beziehungsweise 73 µm breit gegenüber schmalen 33 µm beim Betamax-System). Ganz neuartig aber war bei Betacam, dass die beiden Farbdifferenzsignale, die eigentlich je eine Spur gebraucht hätten, zunächst

zeitlich komprimiert und dann hintereinander in einer einzigen Spur parallel zur Luminanz-Spur aufgezeichnet wurden.³⁷¹⁰ Damit verbesserte sich die Farbauflösung auf 1,5 MHz. Betacam, Auflösung 300 Linien, erreichte Spielzeiten um 20 min (Bandgeschwindigkeit 10,151 cm/s), daneben gab es auch bei den daraus abgeleiteten Systemen eine große Kassette (L-Size). Betacam war ursprünglich als ENG-System eingeführt, bestehend aus einer Kamera und einem portablen Recorder. Da es so erfolgreich war, kamen im Lauf der Zeit

Schnittrecorder für Studioanwendungen, Studiogeräte und komplette, auf das System zugeschnittene Studioeinrichtungen hinzu; es entwickelte sich zum populärsten Format in diesem Anwendungsfeld.

In Sachen Bildqualität zogen die professionellen Kassetten-Videorecordersysteme allmählich mit den 1-Zoll-Geräten gleich, wobei die stationären Geräte mit Kassetten in Standardgröße, die Camcorder zwecks Gewichts- und Volumensparnis mit kleineren Versionen arbeiteten. Es war also innerhalb einer Recorder-Familie möglich, in der „*post production*“ – der Aufbereitung der Einzelszenen beziehungsweise des Archivmaterials zu einem fertigen Programm – Camcorder-Aufzeichnungen ohne qualitätsminderndes Kopieren einzubauen.

Matsushita-Panasonic modifizierte als Antwort auf Betacam 1985 in Zusammenarbeit mit NHK (Nippon Hoso Kyokai) das M-Format zu **M II**;³⁷¹¹ der M II-Camcorder war für eine VHS-C-Kassette, jedoch mit Metallpigmentband, gebaut und erreichte damit 23 min Laufzeit und eine Auflösung von 340 Zeilen. Im Gegensatz zu Betacam wird das FBAS-Signal in die drei Farbkanäle rot-grün-blau aufgetrennt und jede Farbe aufgezeichnet. Ein M II-Studio-Videorecorder bot mit einer VHS-ähnlichen (nichtkompatiblen) Metallpigmentband-Kassette 95 Minuten Laufzeit,³⁷¹² was M II zunächst einen kleinen Vorsprung gegenüber Betacam verschaffte.

Nur folgerichtig, dass Sony ebenfalls zum Metallpigmentband griff und ein weiteres ¾-Zoll-Format, **Betacam SP** (*superior performance*, 1986,³⁷¹³ auch Beta SP) auf den Markt brachte. Mit der Einführung des Metallpigment-Magnetbands in den professionellen Bereich verwirklichte Betacam SP die konsequente Weiterentwicklung des in den vergangenen fünf Jahren sehr erfolgreichen Betacam-Systems. Das neue System war kompatibel mit den existierenden 40.000 Betacam-Recordern. Betacam SP wurde als ultimativer Analog-Standard für Profisysteme betrachtet. Alle folgenden professionellen Standards bauten auf den Betacam SP-Spezifikationen auf.

Wie bei M II, gab es jetzt sowohl Betacam-Studiorecorder mit 100 min Laufzeit (auf dem Kassettentyp „large“ konnten fast alle Studiosendungen aufgezeichnet werden, was den Sendebetrieb wesentlich vereinfachte) und Camcorder mit 36 min Laufzeit. Die kürzeste aufgezeichnete Wellenlänge war auf 0,65 µm geschrumpft, gerade noch 11 % des Quadruplex-Werts aus dem Jahr 1956. Dank des hochkoerzitativen Metallpigmentbands konnte die Luminanz-Auflösung (Bildschärfe) auf 5,5 MHz (>400 Linien) angehoben werden, womit erstmals ein Kassettenformat die Auflösung der 1-Zoll-Systeme erreichte. Betacam SP konnte Metallpigmentbänder im Betacam-SP-Format und Oxidbänder im Betacam-Format beschreiben und lesen. Der Ton, lange Zeit Stiefkind auf schmalen Analog-Spuren, wurde jetzt als FM-Signal aufgezeichnet – zwei FM-Tonkanäle wurden zusammen mit dem Träger des CTDM-Farbsignal aufgezeichnet – und erreichte damit fast Digital-Qualität.

Betacam SP, der letzte *analoge* Studiostandard, läutete das Ende des 1-Zoll-Videostandards ein und dominierte in weiten Bereichen der professionellen Videoproduktion dank seiner Bildqualität und des betriebssicheren, kompakten Aufbaus aller Komponenten. Dass schon der Name Betacam als Gütesiegel galt, zeigen die Bezeichnungen der digitalen Nachfolgesysteme, die den Familiennamen weiterführen: Digital Betacam (1993) und Betacam SX.

Mit **Quartercam** und der Lineplex-Kassette (Abbildung 736) versuchten sich Bosch und Hitachi um 1986, mehr oder weniger erfolglos, an professionellen ¼-Zoll-Camcordern; ein Analogon zum Erfolg der B-Format-Recorder wollte sich aber nicht einstellen, da Quartercam keine attraktive Alternative zum Betacam-System bot.³⁷¹⁴

Vom Film zur elektronischen Berichterstattung

U-matic hinterlässt ein Qualitäts-Loch in den Archiven

Ob Spielfilm-Produktion oder aktuelle Berichterstattung im Fernsehen: fotochemischer Bild-Film (den Zeitaufwand fürs Entwickeln und Kopieren einmal beiseite) wie auch der Magnetfilm hatten den großen Vorteil, dass man sie „körperlich“ bearbeiten, also etwa eine Szenenfolge durch Nebeneinanderreihen der jeweiligen Bild- und Tonstreifen im Wortsinn „zusammenstellen“ konnte – wie bei den digitalen Schnittsystemen. Was Ende der 1940er Jahre die Schnittmeister irritiert hatte – nämlich die „Nicht-Sichtbarkeit“ der Tonaufzeichnung auf Magnetfilm (Seite 469) –, galt mit der Ablösung der Film- durch Video-Kamera und -Recorder jetzt auch für das Bild. Anders als bei der reinen Tonaufzeichnung, etwa Musikproduktionen, wo das Magnetband ausschließlich Arbeitsvorteile brachte (Seite 202), erzwang die Videotechnik den Verzicht auf manchen eingespielten Arbeitsablauf, Gewünschtes musste jetzt mit den andersartigen Freiheitsgraden der ungewohnten Technik erreicht werden. Welche Konsequenzen sich daraus für die Arbeit besonders der Autoren von Nachrichten- und Dokumentarbeiträgen für das Fernsehen ergaben, skizzieren die folgenden Praxisberichte.

Unbestritten waren die Bild- und Tonaufzeichnung auf Magnetband „schneller“ im Vergleich zum Film: doch für die Beteiligten war der Umstieg der Fernsehanstalten von Film auf Videotechnik für Nachrichten (Elektronische Berichterstattung, EB) ein Riesenschritt. Das Medium wurde viel rasanter und aktueller, die Ästhetik von Bild und Ton begann sich ebenso wie die Berufsbilder zu verändern. 1969 hatte Sony die Erstversion des U-matic-System vorgestellt, dessen Kassettentechnik wesentlich einfacher handzuhaben war als das Einfädeln des Bandes von Hand bei Spulen. Acht Jahre später folgte die Verbesserung mit Namen „U-matic-High-Band“³⁷¹⁵ mit einer Steigerung der Auflösung von 240 auf 280 Linien, die den Technik-Verantwortlichen der ARD für den professionellen Einsatz ausreichend erschien. So fiel beim WDR die Entscheidung, Ende der 1970er Jahre diese neue Technik einzusetzen. Sie war auch eine Voraussetzung dafür, Landesstudios aufzubauen, die eine intensivere Versorgung der Regionen mit Informationen aus den Regionen leisten sollten. Das wäre aus Zeit- und Kostengründen mit Film nicht möglich gewesen. So lagen etwa die nächsten Entwicklungs- und Kopieranstalten in

Köln, Neuss, Düsseldorf, Dillenburg, Remagen und Hamburg, viel zu weit entfernt für Kuriere aus Bielefeld, Münster oder Siegen. Die neue Technik war neben notwendigen politischen Entscheidungen auch eine Voraussetzung zu Überlegungen bei Zeitungsverlegern, lokales Fernsehen zu etablieren.

So kam ab 1983 auch die „Neue Westfälische“ in Bielefeld erstmals mit der semiprofessionellen U-matic-Technik in Berührung. Es war ein Nachrichten- und Moderationsstudio mit Bild- und Tonregie eingerichtet worden, in dem lokales Fernsehen getestet werden sollte. Die Videotechnik bestand aus einem Schnittplatz mit Recorder Sony VO 5850 (Neupreis rund 18.000 DM), Zuspeler VO 5800 (rund 10.000 DM), automatischer Schnittsteuerung RM 440 sowie einem freilaufenden Mehrnormen-Player VO 5600. Für den Zuspeler gab es einen TBC (Time-base-Corrector, Zeitfehler-Ausgleicher). Integriert war ein Sony Bildmischpult SEG-2000 mit einfachen Überblendungsmöglichkeiten und Eingang für Schrifteinblendungen (Downstream-Key). Zur mobilen Aufnahme standen zwei Drei-Röhren-Kameras DXC-6000 (jeweils rund 30.000 DM) bereit, die über CCUs (Camera Control Units, Kamerasteuereinheiten) auch im Studio genutzt wurden. Aufgezeichnet wurde auch auf zwei tragbaren Sony-Low-Band-Recordern VP 4800 P. Deren Tonsteckverbindungen (Japan-Klein-Klinke) waren Anlass für ständige Kontaktprobleme. Zur Schrifteinblendung diente ein Schriftgenerator VTW 300 (rund 17.000 DM), der nur eine bestimmte Zahl und Größe von Zeichen je Zeile zuließ. Wenn es nicht passte, mussten Einblendungen über Downstream-Key verwendet werden, deren Vorlagen aus der Zeitungsdruckerei kamen. Für den Ton gab es ein Soundcraft-Mischpult 16 in 8 Kanäle, diverse Kondensator- und dynamische Mikrofone, eine Angel, ein tragbares Tonbandgerät Uher 4200 Report Monitor sowie eine Studer A-67-MK-II-Bandmaschine.



Abbildung 687: U-matic-Schnittrecorder VO 5850 von Sony von Anfang der 1980er Jahre. Er war vorbereitet für Gestelleinbau. Das untere Bedienfeld lässt sich zur besseren Bedienung nach vorne klappen. Der Recorder wurde 1986 nach einer dänischen Entwicklung auf HBX (High-Band Extended) umgerüstet und erreichte damit Highband-SP-Qualität. Außerdem erhielt er symmetrische Ein- und Ausgänge sowie LTC-Timecode. Er war damit kompatibel zur professionellen BVU-Serie mit Ausnahme der Dolby-Rauschminderung, die nicht eingebaut wurde.

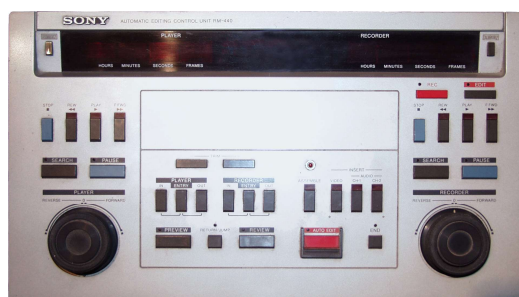


Abbildung 688: Schnittsteuereinheit RM 440 von Sony für semiprofessionelle U-matic-Videogeräte. Um versehentliches Einschalten des Assemble-Schnitts zu verhindern, der ein vorcodiertes Band unbrauchbar machen würde, wurde ähnlich wie bei Bandgeräten eine kleine Verriegelungstaste zusätzlich eingebaut. RM 440 ermöglichte framegenaues Einstellen der Schnittpunkte, Simulieren des Schnittes und Kontrolle eines vollendeten Schnittes. Die Knöpfe links und rechts steuern im Searchbetrieb Player und Recorder vorwärts und rückwärts.

Die U-matic-Auflösung von 240 Linien war von Anfang an unbefriedigend, erinnerte an Amateuraufnahmen und verrät sich heute schonungslos, wenn alte Aufnahmen mit Bildmaterial auf aktuellem Qualitätsstand kombiniert werden. Sogar der alte Doppel-Acht-Schmalfilm hatte eine bessere Auflösung. Deshalb wurde das Schnittpärchen (Zuspielmaschine und Recorder) 1986 auf High-Band in der neuesten Version „SP“ (300 Linien) umgerüstet. Sony hatte SP (Superior Performance)³⁷¹⁶ in jenem Jahr auf den Markt gebracht.³⁷¹⁷ Die Maschinen erhielten dabei außerdem symmetrische Audio-Ein- und Ausgänge sowie Time-Code. Das kostete bei VO 5800 rund 7.300, bei VO 5850 rund 12.700 DM. Außerdem wurde ein neuer High-Band-fähiger TBC FA 430 P fällig. Sony stand naturgemäß für den Service der aufgerüsteten Platinen nicht mehr zur Verfügung.

Das Umrüstungs-Angebot stammte von der Hamburger Firma Video Plus, die Entwicklung hieß „Dan-Video HBX“ (High-Band Extended) und war laut Video Plus in 300 modifizierten Geräten beim Dänischen Fernsehen im Einsatz.³⁷¹⁸ Video Plus bot auch einen umgerüsteten tragbaren Recorder VO 6800 für 22.000 DM in HBX an.

Für Außendreharbeiten wurde ein tragbarer Recorder BVU 150 P angemietet. Bis 1990 entstanden so eine Reihe heimatgeschichtlicher Dokumentationen im SP-Format, die noch heute – allerdings auf DVD – erhältlich sind. Letztendlich war auch die SP-Qualität nicht befriedigend. Bei größeren Mischungen konnte es durch Umkopieren passieren, dass Ton und Bild auf dem Schnitt-Original wegen der zunehmenden Laufzeitfehler asynchron wurden.

Um nach und nach erhaltenswerte Aufnahmen aus der Zeit von 1983 bis 1990 auf ein neues Medium zu überspielen, musste ein Schnittpärchen der letzten Nicht-Broadcast-Serie VO 9000 und VO 9600 P beschafft werden, die Sony ab 1987 baute.³⁷¹⁹ Nach 25 Jahren ist allerdings die Signalstabilität bei einigen Kassetten so schlecht, dass auch nach mehrmaligem Umspulen – einem erfahrungsgemäß probaten Mittel – Bild und Ton nicht mehr abzuspielen sind.

Im Nachfolgenden erinnern sich die Fachleute Michael Wiegert-Wegener und Ulla Schneider (beide Jahrgang 1953) an die Unterschiede zwischen Film- und Videoschnitt. Dabei werden auch die technischen Veränderungen der letzten 30 Jahre deutlich.

„Im Vergleich zum 16 mm-Film war das U-matic-Bild leblos und hatte längst nicht dessen Qualität. Wenn ich heute U-matic-Archivmaterial benutze, dann denke ich: Wie konnte man so einen Matsch senden?“, sagt Ulla Schneider.³⁷²⁰ Die

Cutterin im Studio Bielefeld des WDR gehörte zu den ersten, die U-matic-High-Band-Material bearbeiteten: „Das war ab 1978 im damaligen neuen Landesstudio Dortmund“. Sie hatte 1971 beim WDR ein Volontariat als Cutterin begonnen. Von heute aus betrachtet, erscheint ihr die U-matic-Zeit wie ein Qualitätsloch zwischen Film und digitaler Bildaufzeichnung und der Schritt vom Film zur EB-Technik als gewaltig. Von 1973 bis 1976 arbeitete sie im Pariser ARD-Studio, danach bearbeitete sie Beiträge für das WDR-3-Magazin „Journal 3“, ein Vorläufer der heutigen „Lokalzeiten“ der WDR-Studios im Lande. Das Studio in Dortmund war das erste mit einer Vollausstattung für elektronische Berichterstattung: „Damals wurde diskutiert, ob die Filmcutter das Videomaterial schneiden sollten oder die MAZ-Techniker. Dann wurde aber entschieden, dass die EB-Bearbeitung an den Filmschnitt ging.“

Beim WDR wurden zu Zeiten des 16 mm-Films Arbeitskopie und (perforierte) Magnetfilme in die Schnitträume geliefert. „Dann wurde angelegt, so dass die Originaltöne zu den Bildern kamen. Was ich gut fand, habe ich herausgeschnitten und an den Galgen gehängt und später zusammenmontiert.“ Bei großen Features von 30 oder 45 Minuten Länge hat Ulla Schneider mit einer ganzen Reihe von Magnetfilmen gearbeitet: O-Töne auf zwei Filmen zum Überblenden, je ein Film für Kommentar und Musik und einer für Geräusche. „Bei dem Autor und Redakteur Olrik Breckhoff kam immer noch ein Vogelzwitschern drauf oder eine Kirchenglocke, damit zum Beispiel die Atmosphäre ‚Stadt‘ entstand, wenn Häuser zu sehen waren.“ Waren Bild und Ton in Zusammenarbeit mit Redakteur oder Autor geschnitten, ging die Arbeitskopie in die Kopieranstalt, wo das Original nach der Arbeitskopie geschnitten und kopiert wurde. Im Tonstudio entstand mit Hilfe der Arbeitskopie dann die Mischung auf einem „Cordband“, also einem Magnetfilm. Der fertige Beitrag wurde dann entweder live über Abtaster in die Sendung eingespielt oder auf MAZ überspielt und dann abgerufen.

Abbildung 689:

Bei der Endfertigung eines Ausstellungsvideos für die Kunsthalle Bielefeld: Kameramann Günter Rudolf (LINKS) und Frank Bell am Sony-Bildmischpult SEG-2000, daneben die Schnittsteuereinheit RM 440. Hinten Techniker Peter Beinke am Schriftgenerator, darüber U-matic-Player und -Recorder. Zur Kontrolle diente ein Klasse-2-Monitor.



Michael Wiegert-Wegener, Geschäftsführer der Bielefelder Tri-Ergon-Film-GmbH, ist seit Ende der 1970er Jahre Kameramann und Cutter und berichtet aus der Perspektive einer freien Produktionsfirma. „Wenn die Arbeitskopie von der Kopieranstalt und die von Pilot-Senkel auf Perfo (also die vom Pilottonband auf Magnetfilm) überspielten Töne da waren, dann wurde erstmal alles synchron angelegt und geschnitten. Wenn bei manchen Einstellungen schon in der Anlegephase klar war, dass sie nicht gebraucht wurden, habe ich sie gleich rausgelassen.“ Wo kein Ton zum Bild vorlag, hat er Leerband in das Ton-Band eingeschnitten, wenn Töne länger waren als das Bild, kam Schwarzfilm in den Bild-Film. Beim Fernsehen habe die Cutter-Assistentin an einem kleinen Vier-Teller-Schneidetisch das Anlegen übernommen: „Bei uns lag das aber alles in einer Hand. Mit dem Autor habe ich mir das alles angesehen und dabei rausgeschmissen, was auf keinen Fall gebraucht wurde, die anderen Szenen kamen mit Fettstift auf Bild und Ton beschriftet entweder an den Galgen, längere Einstellungen auf Röllchen, die in einen Plastikständer gestellt wurden. Auch Zwischenschnitte kamen an den Galgen.“

Hauptarbeit war der anschließende Rohschnitt: Der Cutter heftete die Szenen in der vom Autor gewünschten Reihenfolge aneinander. Der Original-Ton wurde auf zwei Magnetfilmen (A/B) geschnitten, damit der Mischtonmeister später saubere Überblendungen „fahren“ konnte. Der Bildfilm-Wickel wurde bei der Vorarbeit dann immer dicker und erreichte bei einer 30-Minuten-Produktion schnell 45 Minuten. „Viel mehr ging nicht, weil das die Kapazitätsgrenze der Schneidetische war. Außerdem war das gefährlich, weil besonders der Schmid-Schneidetisch, aber auch der Steenbeck, im Gegensatz zum KEM³⁷²¹ recht locker wickelten und die Gefahr bestand, dass der Wickel beim Herunternehmen auseinanderfiel.“ Vom Rohschnittwickel wurde dann in Anwesenheit des Autors gekürzt, bis etwa 35 Minuten erreicht waren. „Das war unser Ziel. Wir wussten, dass da noch Szenen drin waren, die 'raus konnten. Damit dann der Redakteur auch noch was zu tun hatte. Manchmal fiel es uns aber auch schwer, und da war es gut, wenn einer von außen kommt und Vorschläge macht.“ Szenen umzuschneiden, war kein Problem, weil mit Klebeband geklebt war, das man leicht lösen konnte: „Dann konnte man Einstellungen mühelos umstellen. Das war klasse, du hattest alles in der Hand, jederzeit wieder zu ändern, umzumontieren, zu probieren. Blenden, Titeleinblendungen, Bauchbinden (Schrifteinblendungen am unteren Bildrand) habe ich auf dem Bildfilm eingezeichnet. Für eine 30-Minuten-Produktion

brauchte man am Schneidetisch durchschnittlich zehn bis zwölf Tage, das war Anfang der 1980er Jahre. Wir haben oft länger als acht Stunden täglich gearbeitet.“

Am Herstellungsprozess einer Filmproduktion waren viele Fachabteilungen beteiligt. In der Regel erhielt Wiegert-Wegener für eine 30-Minuten-Auftragsproduktion für den WDR 20 bis 25 Filmrollen zu jeweils 120 Metern (rund 11 Minuten) und entsprechend viele Senkeltonbänder (6,3 mm-Magnetbänder) von der Materialausgabe des Senders. Dabei musste klar sein, ob für bestimmte Einstellungen neben normalem auch hoch- oder höherempfindliches Filmmaterial erforderlich war. Die Originale wurden im Kopierwerk entwickelt und für eine Arbeitskopie kopiert. Das Tonstudio spielte die Senkelbänder auf 16 mm-Magnetfilm um, damit Bild und Ton auf dem Schneidetisch bearbeitet werden konnten: *„Da waren dann schon mal eine Menge Leute damit beschäftigt, die bestmögliche Qualität zu erreichen. Wir sind dann mit der geschnittenen Arbeitskopie, den synchron angelegten Tönen und einem Mischplan ins Tonstudio gegangen, wo der Mischtonmeister mit einem Profi-Sprecher den Kommentar aufzeichnete und anschließend oder gleichzeitig die Endmischung machte. Der hatte einen Assistenten, der die Bandspieler bediente und die Bänder einlegte.“* Dem Mischplan konnte der Tonmeister zum Beispiel entnehmen, wann welches Perfoband in welcher Lautstärke zugemischt werden sollte.

Im Kopierwerk waren dann auch wieder Fachleute beteiligt: Das Original wurde nach der Arbeitskopie geschnitten und gegebenenfalls kopiert, wofür Lichtbestimmer nötig waren, und dann durch Kopienfertiger entwickelt und sende- oder MAZ-fertig konfektioniert. Der Filmcutter brauchte sich nicht um technische Vorspanne mit Testbildern und Testtönen zu kümmern: *„Du hast an den Anfang ein Fernsehstartband geschnitten mit den passenden Marken, und das war’s.“* Fertig gemischter Ton mit Kommentar und Bild wurden dann beim Sender auf MAZ überspielt. *„Dabei wurden gegebenenfalls eventuelle Titel über eine spezielle Kamera eingestanz.“*

Erste Video-Erfahrungen hatte Wiegert-Wegener während seines Studiums an der Uni Bielefeld als Mitarbeiter des damaligen Audiovisuellen Zentrums (AVZ) mit VCR und Open-Reel-Systemen gemacht. Dann kam U-matic Low Band. *„Wir hatten damals noch keinen sichtbaren Suchlauf und mussten in Echtzeit alles ansehen, bei der Schnittausswahl mussten wir uns auf ein Zählwerk verlassen. Das war elend.“* Bei jedem Neustart des Videorecorders während der Originalaufnahme waren zehn Sekunden Vorlauf erforderlich, damit das Bild stabil wurde, was beim späteren Schnitt ebenfalls eine wichtige Voraussetzung war: *„Das Bild musste beim Schnitt sauber stehen, und dafür war der Vorlauf wichtig.“* Er habe zur Low-Band-Zeit häufig mit Farbausfällen an Schnittstellen zu kämpfen gehabt. *„Die Tonqualität war so la-la. Wenn kein Tonstudio bei der Endfertigung dabei ist, sind die Töne halt so, wie sie sind. Wir haben am AVZ Lehrfilme gemacht mit kleinen Mischungen. Wir haben eine Arbeitskopie auf U-matic gemacht und den Ton dann wieder aufs Original als Mischung zurückgespielt.“* Später auch mit High Band-U-matic.

„Bei der Videotechnik lag plötzlich ganz viel in der Hand des Cutters“, berichtet Wiegert-Wegener. Das bedeutete für ihn ab den 1980er Jahren bei U-matic-High-Band-Produktionen fürs Fernsehen: er musste sich die „Technischen Richtlinien zur Herstellung von Fernsehproduktionen für ARD, ZDF und ORF“ („Pflichtenheft“) genau ansehen und die Anforderungen etwa an Vorspann (Testbild, Kennung, Startband, Schwarzbild, Timecode und Nachlauf) erfüllen. Dann fügte er über Stanzkamera einfache Titeleinblendungen hinzu. *„Mit zwei Zuspiegeln am Drei-Maschinen-Schnittplatz und Bildmischpult konnte man überblenden.“* Als Sony dann die neue Schnittsteuereinheit BVE 900 auf den Markt brachte, die nur noch einen Jog-Rad für sichtbaren Lauf hatte, musste er noch mehr aufpassen: *„Du musstest genau darauf achten, welche Maschine du gerade angewählt hattest, sonst spultest du das falsche Band vor oder zurück.“*

Die Schnittbearbeitung bei U-matic war linear, also hintereinander, und hatte einen gravierenden Nachteil: Wenn das Original fertig war, gab es kaum noch Änderungsmöglichkeiten. *„Du konntest nichts mehr an der Reihenfolge der Einstellungen und der Länge ändern wie bei Film. Es sei denn, du hast das Band erneut kopiert, da wurde die Bild-Qualität schlechter“,* sagt Schneider. Gerade im aktuellen Bereich, wo auf die Sekunde geschnitten werde, sei es oft passiert, dass dann doch kopiert wurde: *„Wenn zum Schluss noch was ganz wichtiges kam, wo wir hinterher fanden, das muss noch rein, dann musste ich anderswo kürzen. Dann habe ich entweder neu geschnitten, was aus Zeitgründen eher selten vorkam, oder kopiert.“* Da Schneider ohnehin gern beide Tonspuren bei U-matic benutzt hat (A/B-Schnitt) und bei zusätzlichen Einblendungen wie Musik und Sprache sowieso eine Tonmischung machen musste, fiel eine Arbeitskopie an, bei der sie dann die Änderungen gemacht hat. Wiegert-Wegener ergänzt: *„Dass du hinterher nur noch unter Zeit- und Qualitätsverlust ändern konntest, das war grausam und ist den Systemen mit Videoband auf Halb- oder Dreiviertelzoll immanent, allerdings bei Digi-Beta nicht, das ist ja digital. Und bei Betacam SP konnte man schon mal in die dritte Generation gehen. Bei U-matic hast du das wirklich sehr deutlich gesehen. Das sah richtig bescheuert aus und durfte laut Pflichtenheft auch wirklich nicht sein. Schlimm waren auch die Drop-Outs, die der TBC nicht wegrechnen konnte. Da haben wir dann beim Zuspierer und beim Recorder hin- und zurückgespult in der Hoffnung, dass es ein Fussel war, der nicht schon auf der Originalaufnahme drauf war.“*

Wiegert-Wegener erinnert daran, dass es für eine 30-Minuten-Produktion im Durchschnitt Filmmaterial für 220 Minuten gab. *„Bei U-matic bekamen wir 20 Kassetten à 20 Minuten, das war fast das Doppelte. Da gab es viel zu sichten.“* Man habe bei den Aufnahmen viel eher ein- und viel später ausgeschaltet. *„Bei Interviews hatte das den Riesenvorteil, dass du die Leute erwischst hast, wenn sie glaubten, die Kamera liefe noch nicht oder sei schon abgeschaltet. Die sagen dann manchmal Sachen, die hättest du früher auf Film nie gekriegt, höchstens im Ton.“*

Die Einführung der elektronischen Berichterstattung (EB) hat nach Einschätzung von Schneider zu einer höheren Aktualität im Fernsehen geführt. *„Das Entwickeln des Umkehrfilms hat ja immer einige Zeit gedauert, und bei*

U-matic hattest du natürlich Bild und Ton synchron. Das Anlegen beim Film, dieses ‚Synchronmachen‘, das hat ziemlich lange gedauert.“ Film war teuer im Materialverbrauch. „Aber in dem Moment, wo das nichts kostet, da sammeln die Kameralleute natürlich einfach weiter. Da werden dann vor Beginn einer Demo schon fünf Minuten gedreht, die du später hundertprozentig nicht brauchst. Wir Cutter haben gesagt, das alles zu sichten, kostet im Aktuellen so viel Zeit, bitte beschränkt Euch.“ Sie wolle nicht acht Minuten Material von einem Unfall haben, von dem nur 30 Sekunden gesendet werde oder – heutzutage – für eine zweieinhalb Minuten lange Tagesreportage zwei Professional Discs (Blu-Ray-Disc in Kunststoffkassetten mit 23 Gigabyte Kapazität, Bildformat IMX 50) von jeweils 45 Minuten Länge: „Das ist einfach unverhältnismäßig. Das war zwischendurch mal ausufernd, funktioniert jetzt wieder besser.“

Für die Cutter sei die Arbeit hektischer geworden. Das liege aber auch an veränderten Sehgewohnheiten und daran, dass die Zeit viel hektischer geworden sei. *„Es gibt Untersuchungen, dass die Leute sich nicht mehr so lange auf ein Bild konzentrieren können, also musst du auch schneller schneiden, was eine Belastung sein kann. Das geht auch auf die Augen und die Ohren. Egal, mit welcher Technik, du musst heute einfach dem Rechnung tragen, dass die Leute nicht mehr so langsam gucken.“* Schneider denkt aber auch an die Erfolge der heutigen großen Fernseh-Features: *„Das liegt daran, weil die Leute doch gerne mal in Ruhe gucken.“* Statt den Baikalsee in sieben kurze Einstellungen zu packen, komme es, zumindest bei den Älteren gut an, wenn die Kamera in Ruhe über das ganze Gewässer schwenke.

Ein Problem mit dem Schnellerwerden sei auch, dass außer Profis wie Politiker oder Pressesprecher viele befragte Menschen nicht druckreif reden und Zeit brauchen, bis sie sich ausgedrückt haben: *„Und diese Zeit bekommen sie nicht mehr, weil offenbar niemand Lust hat, jemandem zuzuschauen, der nach Worten sucht oder langsam spricht. Mit unserer Digitaltechnik können wir ja inzwischen die Leute schneller sprechen lassen, ohne dass sie sich wie Micky Mouse anhören.“* Die O-Töne in den Berichten seien mittlerweile relativ kurz: *„Und dabei kommt häufig nicht mehr so ganz viel heraus. Aber wenn die Interviewten keine Zeit mehr bekommen, ihre Idee zu entwickeln, dann kannst du sie eigentlich auch weglassen. Dann kann man bestimmte Arten von Porträts eben nicht mehr machen.“*

Um die Zwänge des linearen Schnitts etwas zu mildern, wandte Wiegert-Wegener einen Trick an: *„Wir haben bei High Band den Schluss einfach schon vorher gemacht und zwar so knackig, wie wir uns den dachten, und dann haben wir den Rest gefüllt, und die schlappe Stelle kam dann irgendwo, wo man das nicht so gemerkt hat.“* Für die Video-Produktionen habe der Sender die Schnittzeit dann auf vier Tage begrenzt. *„U-matic-High-Band-Schnitt war nicht wirklich schneller als Filmschnitt. Wir haben die TV-Produktionen in kürzerer Zeit geschnitten, weil wir die Takes länger gemacht haben, eine halbe Stunde mit 80 Einstellungen, das kann man sich heute gar nicht mehr vorstellen. Heute haben Dreieinhalbminüter manchmal schon so viele.“* Bei Film gab es 150 bis 200 Einstellungen in 30 Minuten. Der Autor habe bei Video viel genauere Vorstellungen gebraucht, viel mehr vorher festlegen müssen. Auf der anderen Seite habe der Cutter heute viel mehr Kontrolle: *„So wird es auch gerne verkauft, dass die eigene Tätigkeit aufgewertet wird, weil man ja viel mehr kann, aber auch können muss, obwohl man nicht dafür ausgebildet ist und manchmal an seine Grenzen kommt“,* sagt Wiegert-Wegener. Schneider hat dafür Verständnis: *„Die Festangestellten bekommen Kurse, wenn technische Neuerungen eingeführt werden. Das ist für die freien Cutter und Produzenten sehr viel schwieriger. So ein Kursus für die festplattengestützte Avid-Schnittanlage ist richtig teuer. Wenn du nicht permanent lernst und dich weiterqualifizierst, dann hast du keine Chance.“* Für Wiegert-Wegener bedeutet das, sich selbst darum zu kümmern und Lehrgänge zu buchen. Auch Schneider betrachtet es für sich als angenehm, die Kontrolle zu haben, Sprachaufnahmen bei Nachrichtenbeiträgen und bei anderen kleineren Filmen Tonmischungen zu machen. Ein Riesenvorteil sei es, dass sie kleine Farbkorrekturen vornehmen könne, oder *„was zu hell ist oder zu dunkel, schnell ein bisschen anzugleichen“.* Bei Film macht das der Lichtbestimmer. Sie habe das nicht gelernt, achte nur darauf, dass die Einstellungen etwa in Helligkeit und Kontrast zueinander passen.³⁷²²

Während Wiegert-Wegener an seiner Avid und beim System „Final Cut“ digitale Dateien einlädt, muss Ulla Schneider noch (Dezember 2009) die Professional Discs 1:1 in die Avid einspielen – kein Zeitgewinn. Dabei setzt sie Cue-Punkte, um O-Töne oder interessante Stellen schneller wiederzufinden. Inzwischen sind die Beiträge auf einem Server, sie werden nach dem Schnitt nicht mehr auf Digi-Beta-Kassetten aufgezeichnet. Der digitale Schnitt an der Avid sei ein Vorteil, weil sie wieder nicht-linear schneiden könne, Szenen und Takes aber viel schneller als am Filmschneidetisch ummontieren könne.

Der Grundbaustein ihres Berufs habe sich durch die Technik aber nicht verändert: Sie ist wie die früheren Ton-Cutter beim Rundfunk die erste, die Kontakt mit dem Material bekommt und dazu kompetente Anmerkungen machen kann. *„Du bist in einem ständigen Austausch, teilweise bis zu einem Kampf oder zur völligen Aufgabe. Letztendlich entscheidet der Redakteur, aber gegen den Cutter, da wäre er nicht gut beraten.“* Das sei von morgens bis abends ein Aushandeln, wie schneidet man so gut, dass Inhalte am besten über kommen? *„Du willst dem Zuschauer nicht nur etwas zeigen, du möchtest ihm eine Sichtweise nahebringen, ein Gefühl transportieren, das ihn berührt. Das habe ich vor 35 Jahren gemacht, das hat sich nicht geändert. Cutter sind darauf trainiert, dass das mit jedem geht, gehen muss.“* Mit dem einen besser, mit der anderen weniger gut. Aber es gebe auch Traum-Teams, wo die Chemie besonders gut stimme. *„Der Beruf ist hundert Prozent toll – immer noch. Ich wüsste absolut keinen anderen, wo du so viel von dir und deinen Fähigkeiten einfließen lassen kannst. Ich setze mich mit Menschen und Themen auseinander, gehe mit Sprache um, mit Bildern, Musik und Geräuschen. Das ist spannend und – wunderbar.“*

Magnetbänder und Kassetten für professionelle Videorecorder

Wirtschaftlichkeit und Entwicklungstendenzen der Zwei-Zoll-Videomagnetbänder

So teuer die 2-Zoll-Videorecorder auch waren, sie amortisierten sich rasch über Einsparungen von Filmmaterial und, verglichen mit Live-Sendungen, deutlich günstigere Betriebsbedingungen. 1959 kostete ein „Ampex-Band“, also 3M Typ 179, 2 Zoll, mit 1.440 m Länge DM 1.870, die Betriebskosten mit Kopfabnutzung betrugen bei einmaliger Benutzung DM 30,50 pro Minute (zweistreifiger Magnetfilm, das heißt, Bild- plus Magnetfilm, kam auf rund DM 21). Benutzte man das Band dagegen zehnmal, sanken die Kosten auf DM 3,50 pro Minute.³⁷²³ Viele Sendungen werden solche Kosteneinsparungen mittels Neubespaltung gerechtfertigt haben; leider sind aus diesem Grund aber auch Bänder „recycelt“ worden, die durchaus Archivwürdiges enthielten – besonders unangemessen, wenn die Kosten einer Produktion in keinem Verhältnis zum Preis des Magnetbandes standen.

3M benannte um 1962 den Ur-Quadruplex-Bandtyp 179 in „Scotch Video Tape 379“ um und bot zugleich den längsgerichteten Typ 377 an. Die größte lieferbare Abmessung dieser beiden 2-Zoll-Bänder war 7200 feet (2.200 m) auf der 14-Zoll-Spule (36 cm), genug für 96 min Spielzeit und, worauf 3M offensichtlich besonders stolz war, „splice free“, ohne Klebestellen. 1966 folgte das „farbtüchtige“ Videoband Typ 399, abgelöst 1969 vom Typ 400 mit Rückseitenmattierung, das Quadruplex-Standardband für die nächsten fünf Jahre.³⁷²⁴ 1970 erschienen die 1 Zoll breiten Videobänder 360, 361 und 363, letzteres ein nur 20 µm dickes „Langspielband“. 1971 brachte die Anhebung der Koerzitivfeldstärke von bisher 300 Oe (23,8 kA/m) auf 500 Oe (39,7 kA/m) einen Gewinn beim Rauschabstand von 4 dB. Die dritte Kopingeneration, immer diese hochkoerzitativen Bänder vorausgesetzt, war jetzt nahezu ebenso gut wie ein auf 300 Oe-Band aufgezeichnetes Original.³⁷²⁵

Magnetband-Entwicklung für Video-Querspurch-Recorder aus deutscher Produktion

Erste Nachrichten von den USA-Längsspur-Versuchsmaschinen veranlassten die Magnetophonband-Prüfstelle der BASF, im September 1955 ein „Versuchsprogramm zur Aufzeichnung von Fernsehsendungen auf Magnetband“ vorzuschlagen. Dafür sollte der Plochinger Gerätehersteller Eberhard Vollmer ein Spezialaufwerk für Bandgeschwindigkeiten bis 6 m/s bauen und mit Ferritköpfen „mit extrem kleinen Spaltbreiten“ bestücken. Beabsichtigt waren „Prinzipversuche, ... die die Brauchbarkeit unserer Magnetophonbänder erkennen lassen bzw. Hinweise für Verbesserungen in dieser Hinsicht geben“, und zwar in Zusammenarbeit mit Siemens & Halske, deren Vorstand sich bereits für eine entsprechende Entwicklung ausgesprochen hatte.³⁷²⁶ Als Ende April 1956 die Premiere der Ampex Mark IV bekannt wurde,³⁷²⁷ konnte Rudolf Robl mitteilen, „daß wir in der Magnetophonbandfabrik laboratoriumsmäßig daran arbeiten, magnetisches Material mit besonders hoher Koerzitivkraft für die Zwecke der Bildspeicherung herzustellen“ – was ohne Kenntnis der Ampex-Spezifikationen jedoch vor allem als Absichtserklärung zu verstehen ist.³⁷²⁸

Doch mit Videoband 50,8 mm, kurz 2-Zoll-Video, hatte die BASF-Magnetbandproduktion keinen Erfolg: seit 1960 beherrschte 3M diesen zunehmend lukrativeren Markt zu 80 – 90 %, war also faktisch der einzige Hersteller, der als Lohn für teure Forschungsprojekte über das entsprechende technische know-how verfügte.³⁷²⁹ Allerdings befand sich BASF mit ihrem Typ FV 35 in guter Gesellschaft: das IRT bemerkte 1961, „daß von einem guten Dutzend Tonbandherstellern bis heute erst zwei ein einigermaßen brauchbares Videoband zu liefern imstande sind.“³⁷³⁰

Nach einer BASF-Abschätzung von 1968 lag der Weltumsatz bei professionellem Videoband bei etwa DM 105 Mio, davon entfielen allein auf die USA DM 60 Mio. Unter den Herstellern dominierte immer noch eindeutig 3M mit geschätzten 80 % Weltmarkt-Anteil, gefolgt von Memorex mit 15 %, der schmale Rest verteilte sich auf Ampex, RCA, Reeves Soundcraft und Sony.³⁷³¹

Nach einer wechselvollen Geschichte zwischen gut beurteilten Musterlieferungen (z.B. 1962 an das IRT) und entmutigenden Rückschlägen³⁷³² brach man das Projekt nach gut 16 Jahren vergeblicher Bemühungen endgültig ab, denn als 1976 die 2-Zoll-Videorecorder auf dem Höhepunkt ihrer Verbreitung standen, war das BASF-Videoband FV 35 noch immer nicht marktreif.³⁷³³ Das gleiche Schicksal teilten die beiden seit 1962 gefertigten Typen BASF Videoband 3504 für Querspuraufzeichnung und Videoband 3501 für Längsspuraufzeichnung auf Loewe-Opta Optacord 500, jeweils 35 µm dick, ebenso auch die 1971 vorgestellten Eisenoxid-Videobänder FV 26 AE (½ Zoll-Band 730 m auf Spule 18 cm; 360 m auf Spule 13 cm; dazu 1 Zoll und ¼ Zoll³⁷³⁴) beziehungsweise FV 26 R (Breiten ¼“, ½ Zoll und 1 Zoll); sie spielten im Vergleich zu den Wettbewerbsprodukten von 3M, Agfa, Philips, EMI, TDK, Sony und Memorex nur eine untergeordnete Rolle.³⁷³⁵ Warum BASF auf diesem technisch ebenso anspruchsvollen wie kommerziell bedeutenden Magnetbandsektor keinen Erfolg hatte, ist nur zu mutmaßen. Die Gründe werden wohl in einem unglücklichen Zusammenwirken von entwicklungsbedürftiger Technologie, unzulänglichen Komponenten und begrenzter Entwicklungskapazität zu finden sein. Glücklicherweise hat BASF seit etwa 1974, als sie die Chromdioxid-Technologie beherrschte, beim Videomagnetband (in den Breiten 1 Zoll, ¾ Zoll und ½ Zoll) eine auskömmliche Position erworben und lange Jahre auch gehalten.

Professionelles Zwei-Zoll-Videomagnetband von Agfa-Gevaert

Früheren (wenn auch gegenüber 3M bescheidenen) Erfolg mit Video-Magnetband hatte Agfa. Zur Photokina 1960, also bald nach dem deutschen Erstauftakt der Ampex-Maschinen, stellte sie das 2-Zoll-Videomagnetband PEV 387 vor,³⁷³⁶ das aber vermutlich erst 1964 / 1965 in größeren Stückzahlen verfügbar war. Hergestellt wurde es nämlich nicht in Leverkusen, sondern auf einer kleinen Gevaert-Anlage im belgischen Mortsel, so dass monat-

lich nur etwa 200 Bänder anfielen, das 1-Zoll-Band PEV 385 (für Schrägspur-Videorecorder wie Philips EL 3400) bereits mitgerechnet.³⁷³⁷ Gegen die Konkurrenz von 3M, Reeves Soundcraft, EMI, Ampex und Memorex legte das IRT 1966 das PEV 387 als „Normalbandtyp für die Messung von Video-Magnetbändern“ fest,³⁷³⁸ was ihm den Markt der deutschen Rundfunkanstalten sicherte, wenn es auch, was Drop-out-Freiheit angeht, noch nicht ganz mit den 3M-Produkten mithalten konnte, die ihrerseits gegen die neuen Memorex-Produkte abfielen. 1968 folgte dann das Agfa-Video-Magnetband PEV 4000, eine Weiterentwicklung für die Farbbildaufzeichnung,³⁷³⁹ das wieder in Deutschland, aber auch in den Niederlanden und bei der BBC reüssieren konnte. Nicht zuletzt die „Tageschau“-Redaktion arbeitete bevorzugt mit den Agfa-Bändern.

Im Zuge der weiteren Entwicklung konzentrierte sich Agfa auf die 1-Zoll-Bänder, wie sie z.B. auf den B-Format-Recordern der Bosch Fernseh GmbH liefen, und bediente als führender Hersteller Abnehmer im Verbreitungsgebiet dieser Maschinen. Wieder stellte Agfa das 1-Zoll-Referenzband (B-Format), das den Anforderungen von IRT, der ARD, des ZDF und anderer europäischer Anstalten entsprach. Im Sektor C-Format konnte Agfa, ähnlich wie BASF, allerdings auch nicht viel gegen die Konkurrenz von Ampex, Fuji, 3M und Sony ausrichten.³⁷⁴⁰

Video-Magnetbänder für Helical-Scan-Recorder

Mit Eisenoxid-Video magnetbändern hatte BASF, wie beschrieben, keine glückliche Hand gehabt. Erst dank des „neuen“ Magnetpigments Chromdioxid gelang 1974 der Durchbruch mit dem Typ CV 26 AE.³⁷⁴¹ Der richtige Aufschwung kam 1975 mit dem rückseitenmattierten 1-Zoll-Chromdioxid-Video band CV 26 R, das zunächst für die BCR-Serie von Bosch (Seite 552) entwickelt worden war. Auch beim Entwurf der neuen, überaus erfolgreichen Geräteserie BCN arbeiteten Bosch und BASF eng zusammen, so dass das ganze System auf CV 26 R optimiert wurde (insbesondere die Arbeitspunkteinstellung). Die Speicherdaten des BASF-Chromdioxidbandes konnte damals kein CoFe-Typ des Wettbewerbs einstellen. – Agfa-Gevaert bot mit dem in München seit etwa 1986 gefertigten Typ PEV 291 B ein gleichwertiges Produkt an.



Abbildung 690 (LINKS):
Prüfen eines 1-Zoll-Video-
bandes für das C-Format



Abbildung 691 (RECHTS):
BASF Videoband VT 26 C, ein
für das C-Format optimiertes
CoFe-Band, Breite 1 Zoll, mit
seinem typischen Archivkof-
fer (ca. 1988)

Für beträchtliche, wenn auch unerwünschte Publizität sorgte das Videoband CV 26 R Mitte Oktober 1984, als eine „Leere Bänder“ betitelte 35-Zeilen-Meldung des „bekannten Hamburger Nachrichtenmagazins“ ein erhebliches Desaster vorhersagte:³⁷⁴² beim ZDF Mainz seien bis zu 12.000 auf BASF-Video magnetband aufgezeichnete Programmstunden wegen eines Produktionsfehlers beschädigt und angeblich nicht mehr zu retten; „astronomische“ Schadensersatzforderungen kämen auf BASF zu. In dem Bericht steckte, wenn auch robust überzeichnet, ein wahrer Kern. Ende August, Anfang September 1984 hatte die Video-Qualitätskontrolle Willstätt festgestellt, dass Wochen nach dem Beguss aus der Rückseitenmattierung einiger CV 26 R-Chargen Komponenten austraten, die die Schichtseite der anliegenden Bandlagen verschmutzten und, mit der Folge schwerer Bildfehler, beim Abspielen die Video-Magnetköpfe zusetzten. In der zweiten Septemberwoche informierte BASF alle CV 26 R-Käufer per Rundschreiben, und zwar bevor zumindest das ZDF den Fehler selbst bemerkt hatte. Anfang Oktober bot BASF den Technischen Betriebsleitern europäischer Fernsehgesellschaften technische Hilfe und, wie sich versteht, einwandfreies Ersatzmaterial an.

So aufwendig die notwendige Bandreinigung und Überspielung auch sein mochte: verglichen mit den eigentlichen Produktionskosten war die Rettung der Programm-Inhalte relativ preiswert und technisch einwandfrei (bekanntlich war beim damaligen Stand der Technik selbst die fünfte bis siebente Kopien-Generation professioneller Videoaufzeichnungen noch sendefähig). Das aufgeregte Medienecho – als Reaktion erkundigte sich sogar eine deutsche Großbank nach möglichen Auswirkungen auf den Kurs der BASF-Aktien – flaute rasch wieder ab, insbesondere nach dem Hinweis, es seien schließlich keine Endverbraucher-Video kassetten betroffen.³⁷⁴³

Mit dem Übergang zur BASF Magnetics GmbH verbunden war die Umbenennung des bisherigen CV 26 R zu VT 26 B (das PEV 291 B aus der Agfa-Gevaert-Produktion entfiel ersatzlos). Eine Spezialfertigung VT 26 B Maxima für das ZDF Mainz waren Videobänder in besonderen, mit Trockenmittel ausgerüsteten Containern, für die BASF Magnetics GmbH eine Langzeit-Lagergarantie abgeben musste.

CV 20 R, ein seit 1982 angebotenes Video-Langspielband für Spielzeiten von 90 min pro Spule, geht auf einen Wunsch der Firma Bosch und auf Umfragen bei Fernsehanstalten zurück. Das recht dünne Band entwickelte oft eine Neigung zum Hochlaufen, das heißt, wegen minimaler Ungleichheiten der Bandkanten baute sich der Bandwickel tellerförmig auf, bis er an den Spulenflanschen festlief. Je mehr Windungen pro Spule, desto kritischer das Hochlaufen; beim CV 20 R war es nicht verlässlich zu beseitigen. – CV 20 R dürfte dafür gesorgt haben, dass einige Tausend ZDF-Zuschauer den Jahreswechsel 1982 / 1983 mit fünf bis zehn Minuten Verspätung feierten, so sie sich denn allein auf das Fernsehen verließen. ZDF-Techniker hatten drei Stunden des Silvester-Programms auf zwei Bänder CV 20 R überspielt; kurz vor Mitternacht hatte sich das zweite Band so weit aufgewölbt, dass es die Abspielmaschine blockierte. Kein guter Jahresanfang für die BASF-Produzenten, die sich gegenüber dem ZDF verantworten mussten. Die CV 20 R-Produktion wurde drastisch zurückgefahren; 1987 figurierte das Band zum letzten Mal in den Preis- und Lieferlisten der BASF.

C-Format: BASF VT 26 C

BASF lieferte für Video-Recorder des C-Formats (Seite 552) zunächst die für das B-Format entwickelten Bänder, die sich aber nicht bewährten. Das C-Format war für Kobalt-Ferrit (CoFe)-Magnetbänder ausgelegt, so dass auch BASF gehalten war, einen CoFe-Bandtyp zu entwickeln. Es dauerte jedoch recht lange, bis genügend Verarbeitungserfahrung mit diesem Material erworben war, so dass sich die Produkteinführung des VT 26 C hinauszog. Die (BASF-interne) Produktionsfreigabe wurde schließlich im Juli 1987 erteilt. In den ersten, nur zögerlich anlaufenden Produktionsphasen waren immer wieder Rezepturänderungen notwendig, und bald war klar, dass VT 26 C kein so großer Wurf wie VT 26 B werden würde. Doppelt bedauerlich, weil das C-Format weltweit deutlich größere Erfolge verzeichnen konnte als das B-Format, und daher die C-Format-Bänder ungleich höhere Marktanteile und -volumina hatten.

Um und nach 1989 machte VT 26 C-Format größere Probleme: Bindemittel-Anteile der Magnetschicht setzten die Videoköpfe zu. Schwierig war die Fehlersuche auch deshalb, weil nicht alle Chargen betroffen waren, der Fehler also nur sporadisch auftauchte, bekanntlich der Alptraum jedes Reklamations-Sachbearbeiters. Da zu diesem Zeitpunkt dem 1-Zoll-Band aber schon Kassettensysteme zusetzten, übte sich BASF eher in praktischer Schadensbegrenzung. Die fehlerhaften Bänder wurden gereinigt und dann überspielt, und zwar seit dem Aufkommen dieses Kassettens-Formats auf Digital Betacam.

Produktion professioneller Video-Kassetten bei BASF

Als erstes Heim-Videokassetten-System gedacht, musste **U-matic** schon bald nach seiner Einführung (nahezu buchstäblich) Platz machen für das Betamax-System. BASF war an U-matic nur unwesentlich beteiligt, denn bereits 1975 lagen die Fertigungskosten in Fernost so niedrig, dass eine eigene Produktion in Deutschland nicht rentabel sein konnte. Erste BASF U-matic-Kassetten kamen 1979 auf den Markt, als sich das für Amateur-Hände etwas zu klobige System im semiprofessionellen Bereich einen profitablen Rückzugsmarkt gesichert hatte. 1987 verschwand das Produkt aus den Preis- und Lieferlisten der BASF

Die bisher BASF-üblichen Dispergiervverfahren konnten die Pigmente im Bindemittelsystem nicht so dicht wie gefordert packen, aber effizientere Verfahren wie das Kneten waren bisher nicht praktiziert worden. Bei Chromdioxid nicht notwendig und deshalb unerprobt war auch die feindosierte Zugabe von nichtmagnetischen Stützpigmenten, was vor allem dem mechanischen Verschleiß der Bandoberfläche vorbeugen sollte. Hatte BASF bisher von der leichten Verarbeitbarkeit des Chromdioxids profitiert, fehlten ihr jetzt die Erfahrungen ihrer Mitbewerber mit kobaltdotierten Eisenpigmenten. Als Konsequenz wurde Pigment in Japan (Hersteller vor allem Toda) zugekauft, gleichzeitig eine Anlage zur Metallpigment-Fertigung reaktiviert. Diese lieferte aber nur Pigmente, die nicht voll kompatibel mit Konkurrenzprodukten waren. – Die Metallpigment-Produktion in Ludwigshafen lief 1998 aus.

Als **Betacam SP** 1986 auf dem Markt erschien, hatte sich BASF zwar rechtzeitig auf dieses System vorbereitet, stieß aber mangels eigener Erfahrungen beim Verarbeiten der sehr feinteiligen Magnetpigmente auf erhebliche Probleme, insbesondere bei Metallpigmenten, so dass die Markteinführung der Betacam-SP mehrmals verschoben werden musste. Als Konsequenz wurde auch hier Pigment in Japan zugekauft. Betacam SP-Kassetten des BASF Magnetics-Nachfolgers EMTEC erzielten gute Erfolge auf dem europäischen Markt; noch 2003 lief die Produktion auf hohem, stabilen Niveau.

BASF-Videobänder für den professionellen Einsatz: Ein Fazit

Sachkundige Zeitzeugen vertreten die Ansicht, BASF habe bei allen professionellen Videobändern keine allzu glückliche Hand gehabt. Der missglückte Einstieg in den Zwei-Zoll-Sektor führte leider nicht zu dem Schluß, das professionelle Gebiet besonders zu forcieren, vielmehr setzte man bald auf das vermeintlich viel rentablere Geschäft mit Chromdioxid-Videoband für den Duplizierer- und Endverbraucherbereich. Hier war BASF dann voll dem letztlich ruinösen Preis- und Erlös-Verfall beziehungsweise dem (zumindest *de facto*) Preis-Dumping fernöstlicher Hersteller ausgesetzt, die Überkapazitäten fragwürdigsten Umfangs aufgebaut hatten. Die Schwächen der BASF-Videoproduktion bei den marktkräftigen CoFe-Bändern für das C-Format, vor allem die zeitweise Abkopplung von der zukunftssträchtigen Metallpigmentband-Entwicklung, machte sie von Pigment-Zulieferern abhängig. Damit war der Starttermin nahezu verpasst, als neue, sowohl vom Innovationsgrad

der Verfahren wie den (zumindest anfangs) realisierbaren Erlösen her interessante neue Produkte auf dem Markt erschienen, insbesondere für Digital-Videosysteme wie DV, DVCam und DVC-pro. Die schließlich nicht mehr aufbrechbare Fixierung auf den „vergifteten“ Video-Rohwickel- und VHS-Markt dürfte erheblich zu den wirtschaftlichen Problemen beigetragen haben, denen sich BASF Magnetics GmbH in ihren fünf kurzen Lebensjahren gegenüber sah, sie hat auch die Startbedingungen ihrer Nachfolger belastet.

Semiprofessionelle Spulen-Videorecorder

Natürlich engagierten sich die führenden USA-Hersteller wie Ampex, RCA und IVC (International Video Corporation) im helical-video-Sektor, aber auch kleinere Firmen wie Machtronics aus Kalifornien, die 1962 einen kompakten Recorder MVR-10 mit 1-Zoll-Band (USD 10.300) vorstellte, der mit 19,05 cm/s lief, 90 Minuten Spielzeit erlaubte und einen eingebauten Monitor besaß.³⁷⁴⁴ Ampex bot, ebenfalls 1962, als ersten Helical-scan-Recorder den Typ VR-1500 an, ein mit ca. 50 kg recht leichtes Gerät für den Bereich Industrie-, Wissenschafts- und Unterrichtsfernsehen. Sein Nachfolger von 1963 nannte sich VR-660, der wiederum 1965 von der VR-7000-Serie abgelöst wurde, einem Ein-Kopf-System für 1 Zoll breites Band.³⁷⁴⁵



Abbildung 692 (LINKS):
Loewe Optacord 500
(1961), das erste semi-
professionelle Bild-
bandgerät aus deut-
scher Fertigung.



Abbildung 693
(RECHTS): Loewe-Opta-
cord 600 (1965). Das
Gerät wurde auch in
eine der seinerzeit be-
liebten „Fernsehrut-
hen“ zusammen mit ei-
nem Loewe-Fernsehge-
rät eingebaut.

Europa wollte und sollte auch bei helical scan video nicht zurückstehen: Loewe-Opta präsentierte zur Funkausstellung 1961 die bemerkenswerte Konstruktion Optacord 500 mit alpha-Bandführung und 2 Zoll breitem Band, „das erste Video-Bandaufzeichnungsgerät aus deutscher Entwicklung“.³⁷⁴⁶ Die Bandgeschwindigkeit betrug nur 19 cm/s und die mit 3.000 Upm rotierende Kopftrommel zeichnete pro Spur ein Halbbild auf. Der Ton wurde in den Vertikal-Austastlücken aufgezeichnet.³⁷⁴⁷ Das Gerät war nicht studiotauglich, sondern für wissenschaftliche und technische Anwendungen gedacht.³⁷⁴⁸ Dem kamen der Preis – rund DM 30.000 – und seine, freilich nur im Vergleich mit Quadruplex-Maschinen, bescheidenen Abmessungen entgegen. Bei seiner Premiere in Berlin lief das Gerät mit einem Video-Versuchsband 3504 von BASF.³⁷⁴⁹

1964 zeigte Philips das noch röhrenbestückte 1-Zoll-Gerät video-recorder 3400 für DM 7.000 (1 Kopf, Omega-Bandführung, Bandgeschwindigkeit 19 cm/s³⁷⁵⁰), Grundig brachte das Bildbandgerät BK 100 heraus (alpha-Bandführung mit 350° Umschlingung, 19 cm/s, Bandbreite 25,4 mm).³⁷⁵¹ 1965 zeigte Loewe-Opta das Optacord 600 mit 1-Zoll-Band und der Bandgeschwindigkeit 15 cm/s, auch dieses mit alpha-Bandführung. Es wurde als Koffergerät und in verschiedenen Kombinationen mit Fernsehempfängern und Monitoren angeboten (ca. DM 6.900, Gewicht ca. 15 – 20 kg; in farbtüchtiger Ausführung als Optacord 600 C 1967,³⁷⁵² Nachfolger: Optacord 602 und 603 S, 1968³⁷⁵³). Ein Fachbericht moniert, dass seinerzeit die Aufzeichnungen nicht austauschbar waren, nicht einmal innerhalb der jeweiligen Gerätefamilie; mit anderen Worten: Videobänder konnte nur dasjenige Gerät wiedergeben, das sie auch bespielt hatte.³⁷⁵⁴

Diese Beispiele aus einer kaum überschaubaren Entwicklungs-Vielfalt müssen hier genügen. Ihren Markt fanden die semiprofessionellen, fast durchweg nur für Schwarz-Weiß-Aufzeichnung ausgelegten Geräte vorwiegend im Bereich Erziehung, Ausbildung und Wissenschaft, insbesondere in der medizinischen Forschung und Lehre sowie in der innerbetrieblichen Aus- und Weiterbildung. Um welche Größenordnungen es hier ging, zeigt eine Meldung von Anfang 1969: die Firma National Cash Register Company (NCR) bestellte bei Ampex 248 Videorecorder VR-5000 und ebenso viele Videokameras für Schnellschulungen ihrer Mitarbeiter. 1972 orderten die deutschen Sparkassen bei „Sony 600 AV-Anlagen mit Fernsehkameras, Video-Rekorder ... und Fernsehmonitore.“³⁷⁵⁵

Bildkonserven für den Hausgebrauch

Erste Heim-Bildbandgeräte

Die Grenze zum Heim-Videogerät, in erster Linie natürlich vom Preis gezogen, durchbrachen Grundig und Philips im Frühjahr (Hannover-Messe) und Sommer 1969 (Funkausstellung Stuttgart) mit der Gemeinschafts-Entwicklung Videorecorder BK 100 beziehungsweise LDL 1000 (2-Kopf-Gerät, Bandgeschwindigkeit 16,84 cm/s, Videospurbreite 170 µm; Breite des Rasens 50 µm); mit 480 m Band Spieldauer 45 min, Gewicht 12 kg).³⁷⁵⁶ Die Videosignale wurden frequenzmoduliert aufgezeichnet. Es konnte nur schwarz-weiß aufgezeichnet werden, was damals allerdings auch keine Einschränkung bedeutete, da das öffentliche Fernsehen noch ganz überwiegend in Schwarz-Weiß-Darstellung sendete.

Die Aufzeichnung erfolgte auf einem – hier erstmals eingesetzten – Chromdioxid-Videoband mit nur ½ Zoll Breite (Crolyn von duPont³⁷⁵⁷) und zwar „reel to reel“, d.h., ohne Kassette. Das Band musste von Hand eingefädelt werden; die Bedienungstasten funktionierten rein mechanisch.

„Der erste Videorecorder für weniger als 2000 DM“, 1968 bei Philips Wien entwickelt und gebaut, kostete ab DM 1.850 und machte damit das Aufzeichnen von Fernsehsendungen somit erstmals auch für Heimanwender erschwinglich. LDL 1000 hatte, von der Kopftrommel abgesehen, in Design, Größe und Gewicht eine gewisse Ähnlichkeit mit einem Heim-Tonbandgerät.³⁷⁵⁸ Die Aufzeichnung erfolgte im helical scan Verfahren (Schrägspur) mit zwei rotierenden Videoköpfen. Dieses Format gilt als erstes kommerziell erfolgreiches Video-(Spulenband)-Format für den Heimgebrauch. Die Geräte waren die technischen Vorgänger des ersten VCR-Videorecorders mit Kassette – des Philips N 1500 –, der 1971 auf den Markt kam. Bis 1979, so hoffte man, sollten allein in der BRD 500.000 Stück abgesetzt sein – was sich bald als nur eine von vielen Fehlprognosen herausstellte.³⁷⁵⁹

Systemvergleich: LDL 1000 – U-matic

	LDL 1000	U-matic
Jahr der Einführung	1969	1970
Systemträger	Philips	Sony
Bandtransport in	Spule	Kassette
Bandgeschwindigkeit	16,84 cm/s	9,53 cm/s
rel. Geschwindigkeit	8,08 m/s	8,54 m/s
Farbaufzeichnung	nein	nein
Auflösung	160 Linien	250 Linien
Azimuth Recording	nein	nein
Spurbreite, Luminanz	170 µm	85 µm
Rasen	50 µm	52 µm
Bandbreite	12,67 mm	19,05 mm
Banddicke	50 µm (?)	26 µm
Bandtyp	CrO ₂	Fe ₂ O ₃
Bandverbrauch	4,57 m ² /h	6,84 m ² /h
Spieldzeit (S / L-Kass.)	45 min	60 min



Abbildung 694: Der Philips Videorecorder LDL 1000 (hier in Holzzarge als LDL 1002) für ½ Zoll breites Chromdioxid-Magnetband (Hersteller: duPont), gebaut ab 1969.

Die „nichtmagnetischen“ Konkurrenten des Videomagnetbandes

Ende der 1960er Jahre versuchten nicht weniger als vier konkurrierende, nicht-magnetband-basierte Video-Systeme, das in leuchtenden Farben ausgemalte Eldorado „Kassettenfernseh-Markt“ zu erobern: EVR, Selecta-vision, der Super-8-Film mit Tonspur sowie diverse Bildplatten-Systeme, von denen TED aus dem Hause AEG-Telefunken (Seite 575) zunächst die besten Chancen zu haben schien. Begleitet wurde diese eher technisch-kommerziell orientierte Auseinandersetzung um die „Audiovision“ von Diskussionen über Sinn, Zweck und Aus-sichten des privaten „Kassettenfernsehens“, gekoppelt an eine weitere, gleichzeitig und überschneidend geführ-te Debatte um den „programmierten Unterricht“, also den sinnvollen Einsatz der neuen Medien für Unterricht und Weiterbildung.³⁷⁶⁰ Um die Lage vollends unübersichtlich zu machen, kamen Mitte 1970 noch das Satelliten-beziehungsweise Kabelfernsehen ins Gespräch,³⁷⁶¹ und, unvermeidlich, auch Copyright- beziehungsweise Urheberrechtsschutz-Fragen.³⁷⁶²

Hinter Electronic Video Recording and Reproduction (EVR), angekündigt Ende 1967 und erstmals öffentlich gezeigt 1969,³⁷⁶³ standen der international angesehene Entwickler Peter Goldmark (1948: 33¹/₃-Upm-Langspielplat-te), die größte US-Radio-und -Fernsehgesellschaft CBS und die potenten Konzerne Motorola,³⁷⁶⁴ 3M (ungeachtet ihrer bemerkenswerten Position bei Magnetbändern), die Bosch-Tochter Bauer, die schweizerische Ciba und, mittelbar, ICI und Ilford. EVR arbeitete mit 8,75 mm breitem, unperforiertem Spezial-Fotofilm, der im Vakuum mittels eines Elektronenstrahls (nicht Laser!) belichtet wurde (Bildpunkt-Durchmesser 5 µm). Neuartig war eben-

falls, dass zwei Bildstreifen nebeneinander aufgezeichnet waren. Bei Farbaufzeichnung trug eine Spur die Helligkeits-, die andere die Farbinformation; bei Schwarz-Weiß-Material ergab das doppelte Spieldauer, nämlich 2 x 30 Minuten. Der EVR-„Begleitton“ war auf einer Magnettonspur aufgezeichnet, ein Widerspruch zu den zugesicherten kurzen Taktzeiten beim Duplizieren. Abspielgeräte zu etwa DM 1.000, direkt an das Fernsehgerät anschließbar, und DM 30 – 65 als Kaufpreis für eine halbe Stunde Farbprogramm oder eine Stunde schwarz-weiß-Aufzeichnung (Filmlänge: 225 m) konnten Heim-Videorecorder damals nicht bieten.³⁷⁶⁵ – 1970 kündigte Bosch ein EVR-Farbgerät an, das rund DM 2.000 kosten sollte,³⁷⁶⁶ Mitte 1971 kam Motorola mit einem Gerät auf den Markt; schließlich soll es im Oktober 1973 in Europa 3.000 EVR-Geräte gegeben haben. Hersteller hofften, bis Ende 1973 weltweit 20.000 Geräte absetzen zu können.³⁷⁶⁷ Hier spielt offenbar der japanische Markt eine wichtige Rolle, nachdem die Häuser Teijin, Hitachi, Mitsubishi, Ciba Geigy und ICI die Nippon EVR, Ltd. gegründet hatten.³⁷⁶⁸ CBS verabschiedete sich im Dezember 1971 aus der EVR-Gruppe und schloss ihr eigenes Kopierwerk,³⁷⁶⁹ das Engagement der anderen Mitglieder schlief ein, und spätestens 1976 war vom hochgelobten EVR nichts mehr zu hören.

Tabelle 15: Systemeigenschaften der Bildspeicherverfahren (Stand Anfang 1970) ³⁷⁷⁰

Parameter	Magnetband	EVR	Selectavision	Super-8-Film	Bildplatte
Bildschärfe*	250 Linien / 3 MHz	300 Linien / 4 MHz	250 Linien / 3 MHz	250 Linien / 3 MHz	250 Linien / 3 MHz
Störabstand	>40 dB	>40 dB	>40 dB	>40 dB	>40 dB
Ton	getrennte Tonspur	getrennte Tonspur	getrennte Tonspur	getrennte Tonspur	gemeinsame Spur für Bild und Ton
Spieldauer	≈ 60 min	2 x 25 min s/w 25 min Farbe	≈ 60 min	≈ 30 min	21 cm: 5 min 30 cm: 12 min
Speicherart	Magnetband	Spezial-s/w-Film	Kunststoff-Band	Super-8-Film	Kunststoff-Folie
Spiel- / Kopier-Zeit	<50	<50	<50	<50	>1.000
Speicherkosten je Stunde Spielzeit	≈ 100 DM	≈ 100 DM s/w ≈ 200 DM Farbe	≈ 20 DM	≈ 200 DM	<10 DM
Art der Abtastung	Magnetkopf	Punktlichtröhre	Laser und Vidikon	Punktlichtröhre	Druckabtaster
Gerätepreis	≈ 2.000 DM	≈ 3.000 DM	≈ 1.500 DM	≈ 2.000 DM	≈ 500 bis 1.000 DM

* Erläuterung des Begriffs „Linienzahl“: Seite 554

Auf den konventionellen Super-8-Farbfilm setzte vor allem Nordmende in Bremen mit dem **Colorvision-System**,³⁷⁷¹ bei anderen Systempartnern auch Vidicord teleplayer genannt.³⁷⁷² Um Herstell- und Kopierkosten niedrig zu halten, war Lichtton vorgesehen (ein technischer Parforce-Ritt), alternativ auch Magnetton. Wer anstelle eines herkömmlichen, optischen Projektors oder Betrachters einen Filmabtaster zum Anschluss ans Fernsehgerät suchte, war auf ein elektronisches Modell (DM 2.300) angewiesen.³⁷⁷³ Zur Funkausstellung Stuttgart 1969 zeigte Nordmende eine Kombination aus 8-mm-Schmalfilmabtaster und Farbfernsehgerät.³⁷⁷⁴ Kodak, weltweit bedeutendster Filmhersteller, führte Ende 1971 einen solchen Filmabtaster vor, nahm aber die Produktion nicht auf.³⁷⁷⁵ Nordmende zeigte 1969 als Spectra-Colorvision ein Gerät, das in eine Farb-Fernsehrtruhe eingebaut war und nicht weniger als DM 4.700 kosten sollte.³⁷⁷⁶ Die optische Auflösung des 8 mm-Films – sie soll 4 MHz betragen haben – hätte wohl die Leistung damaliger Videorecorder erreicht, wenn nicht übertroffen, dafür sind zum Tonteil nur Angaben zu finden wie „*der Frequenzbereich reicht bis 6,5 kHz und der Rauschabstand ist hinreichend klein*“.^{<sic> 3777} Von diesem System finden sich nach 1972 keine Spuren mehr.

Schließlich gab es ja auch noch das 8 mm-Schmalfilm-Gebiet mit seiner Weiterentwicklung **Super-8**, das in den 1970er Jahren sein Qualitätsmaximum erreichte und teils sehr handliche Kameras zu bieten hatte. Sein entscheidendes Handikap war, dass ein Schmalfilm-Amateur hohe technische Hürden zu überwinden hatte, wenn er zum stummen Bild auch den Original-Ton haben wollte. Allein das Filmmaterial kostete pro Rolle beziehungsweise Kassette für 3½ min Aufnahmedauer ca. DM 10, kam erst nach Tagen vom Entwickeln zurück, und im Gegensatz zum Fernsehgerät musste die Projektionseinrichtung immer wieder aufgebaut und außerdem der Vorführraum verdunkelt werden. Im Prinzip bot gerade Super-8 bessere Qualität (einmal abgesehen von Staub, Kratzern und der Bildwechselfrequenz 18 Hz) und vor allem größere, farbige Bilder als das „Fernsehen“, aber der Aufwand wog diese Vorteile in den Augen der Anwender nicht auf. Mitte der 1980er Jahre hatten die Camcorder den 8 mm-Film verdrängt.

Wie einem Science-Fiction-Film nachempfunden las sich seinerzeit die Beschreibung des im September 1969 vorgestellten **Selectavision**-Verfahrens: ein Laserstrahl zeichnet ein Hologramm, das die Bild- und Toninformation trägt, reliefartig als eine Art Gittermuster auf einem PVC-Band auf. Hinter Selectavision stand die bedeutende Radio Corporation of America (RCA), die aber ihr Engagement ebenfalls schon 1971 deutlich zurückfuhr.³⁷⁷⁸ 1972 war noch kurz über die Umstellung von Selectavision auf eine Magnetband-Version namens Magtape (Selectavision magnetic tape cartridge system) zu lesen,³⁷⁷⁹ dann verschwanden Namen und Verfahren.³⁷⁸⁰

AEG-Telefunken und die Schallplattengesellschaft Decca setzen große Hoffnungen auf die zur Funkausstellung 1970 vorgestellte Bildplatte **TED** (*Television Disk*), an deren Entwicklung neben anderen auch Eduard Schüller und Horst Redlich beteiligt waren. So verblüffend elegant die technische Realisierung und der anfangs genannte Gerätepreis – DM 500 – attraktiv waren, löste die auf zunächst 5 min (und s/w-Bild), seit 1972 auf 10 min (Farbbild) begrenzte Spielzeit der TED-Platte doch eher Kopfschütteln als Kaufwünsche aus.³⁷⁸¹ Im Mai 1976 ließ die AEG das Projekt auslaufen.³⁷⁸² – Siehe dazu auch Seite 575.

Allen „nichtmagnetischen“ Systemen (Super-8 ausgenommen) war gemeinsam, dass sie nur vorbespielte Aufzeichnungsträger *abspielen*, aber nicht individuell *bespielen* konnten. Eben dies war ihr entscheidender Nachteil gegenüber jedem magnetband-basierten System gleicher Preislage, so dass sie rasch untergingen.

Auf falscher Spur zum Heim-Bildbandgerät

Telefunken-Anläufe zum hauseigenen Magnetband-Videosystem

Es ist unter ehemaligen Telefunken-Mitarbeitern bekannt, dass Ampex angeboten hatte, Telefunken könne die Quadruplex-Maschine technisch an die in Europa üblichen Normen anpassen und dann europaweit vertreiben.³⁷⁸³ Das wurde von Telefunken nicht genutzt, und damit verzichtete das Haus auf den gesamten Bereich professioneller Videoaufzeichnung. Stattdessen nahm Siemens das Ampex-Angebot an. Weshalb Telefunken die Ampex-Technologie nicht übernehmen wollte, konnte nicht geklärt werden. War es einfach eine unternehmerische (Fehl-) Entscheidung, oder spielte die geographische Nähe zwischen Baden-Baden (Hans Joachim von Braunmühl beim SWF) und Siemens (Klangfilm-Werk Karlsruhe) eine Rolle? War den Entscheidungsträgern das Verfahren zu aufwendig? Oder hoffte Telefunken auf eine eigene, bessere Lösung – vielleicht sogar auf ein Schrägspurgerät nach Schüllers Patent?

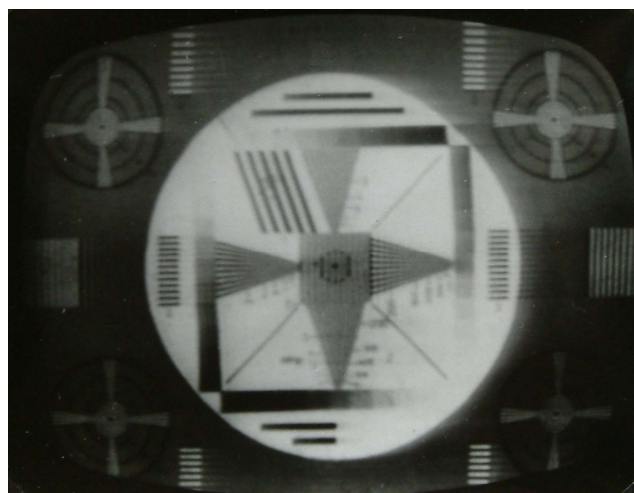


Abbildung 695: Vom Bildschirm abfotografiertes Standbild, wiedergegeben von einem mit einer Bandgeschwindigkeit von ca. 12 m/s laufenden Magnetband (Linearaufzeichnung), etwa 1959 / 1960.

Abbildung 696: Als Muster für die erreichbare Qualität unter gleichen Bedingungen wie Abbildung 695 fotografiert, zeigt das seinerzeit allgegenwärtige Testbild die Schwachstellen der Telefunken-Versuche im Forschungsinstitut Ulm in aller Deutlichkeit.

Bei Telefunken wurde gerade diese naheliegende Lösung – die Schrägspuraufzeichnung – offensichtlich von den Entscheidungsträgern in den Führungsebenen nicht verfolgt. Im Gegenteil: sie scheint nach allen bekannten Fakten untersagt worden zu sein. Wie ist es etwa sonst zu erklären, dass Eduard Schüller als technischer Leiter der Magnetophonwerks in der Wedeler Hafenstraße zusammen mit seinem Konstrukteur Bruno Röder zweimal pro Woche in das Wedeler Telefunken-Service-Center in der Rissener Straße „schlich“ und dort ein Mustergerät nach seinen Vorstellungen baute?³⁷⁸⁴ An der Hafenstraße hatte er doch ganz andere Möglichkeiten! Mit diesem Gerät hatte es auch noch eine spezielle technische Bewandnis (siehe unten).

Dass man sich im Werk Wedel trotzdem intensiv mit der Bildaufzeichnungstechnik befasste, belegen Patente und Veröffentlichungen aus jener Zeit. So beschrieb im damaligen (deutschsprachigen) Standardwerk „Technik der Magnetspeicher“ der Entwicklungsleiter Heinz Wehde 1960 sehr fundamental die „Verwendung der Magnetspeichertechnik für Fernsehaufzeichnung“.³⁷⁸⁵ Er weist im einzelnen auf die erhöhten Forderungen der Bildspeicherung gegenüber den Tonaufzeichnung hin und vergleicht anschließend die Ampex-Lösung mit weiteren, damals schon „praktisch durchgeführten“ Verfahren, etwa dem schon genannten von Bing Crosby und den aufwendigen RCA-Experimenten, allerdings ohne das Schüller- oder das Masterson-Patent auch nur zu erwähnen.

Und so wurden in Europa zu ihrer Entstehungszeit weder das Masterson-Patent noch Schüllers Erfindung näher untersucht, geschweige denn realisiert. Masterson wechselte nach Einreichen der Patentschrift zur Electronic Controls Co. in Philadelphia, wo J. P. Eckert und John Mauchly am ersten Univac-Computer arbeiteten.³⁷⁸⁶

Videoaufzeichnung bei Telefunken: Voraussetzungen und Anläufe

Die Probleme der Bildaufzeichnung waren so fundamental, dass es naheliegend war, zur Klärung der einzelnen Fragen auch in Deutschland zunächst die Linearaufzeichnung einzusetzen, Lösungen zu suchen und die Ergebnisse mit Patenten abzusichern. Freilich erzielte AEG-Telefunken noch 1955 kaum mehr als einen Achtungserfolg: man versuchte, bestenfalls experimentell-orientierend, mit einer hochgetrimmten Studiomaschine Videobilder aufzuzeichnen (76,2 cm/s, Ferritköpfe, obere Grenzfrequenz bei 50 kHz). Das Ergebnis schildert ein Bericht-

erstatter etwas süffisant: „Geschickte Auswahl des Bildinhalts zauberte trotz der noch immer unzureichenden Bandbreite ein erkennbares Bild.“³⁷⁸⁷ Fairerweise sei erwähnt, dass Ende 1952 der Ampex-Chef Alexander M. Poniatoff eine frühe Video-Aufzeichnung seines Teams so kommentierte: „Wonderful! Is that the horse or the cowboy?“³⁷⁸⁸

Weitere Entwicklungsarbeiten fand in mehreren Forschungszentren statt, bei Telefunken sogar an zwei Stellen gleichzeitig – allerdings wussten die Gruppen wohl anfangs nicht voneinander: unter Eduard Schüller im Telefunken Magnetophon-Werk in Wedel³⁷⁸⁹ und im Ulmer Forschungsinstitut Prof. Wilhelm Runges.³⁷⁹⁰ In Ulm wurden diese Arbeiten mindestens vier Jahre lang (bis 1960) in der Gruppe „Fernsehkonserven“ unter Richard Andrieu durchgeführt. Führender Kopf der Gruppe war Gerd Kauzmann,³⁷⁹¹ dessen Ideen in Experimenten umgesetzt wurden. Mit etwa 12 m/s erreichte man schwarz-weiße Standbilder (!) mit der in Abbildung 695 gezeigten Qualität. Dem Fachmann fällt auf, dass dieses Bild für eine Demonstration gut geeignet ist: eine kontrastreiche Nahaufnahme ohne komplizierte Details. Die Aufnahme des damals üblichen Testbildes (Abbildung 696) ist für Fachleute aussagefähiger: Die vertikalen Streifen am rechten Bildrand etwa sind die sogenannten 2 MHz-Streifen, die hier anzeigen, dass diese Technologie noch 2 MHz auflöste, aber nicht durchmodulierte. Sie erreichte also nicht den maximalen Kontrastwert, der nach der Überschlagsrechnung bei dieser Bandgeschwindigkeit längst erreicht sein sollte. Als, wie zu erwarten, auch in Ulm die untere Video-Grenzfrequenz Probleme machte, wurde bei den Versuchen ein Kombinationsverfahren eingesetzt, welches das Analogsignal bei niedrigeren Frequenzen mittels Frequenzmodulation (FM), bei hohen Frequenzen direkt aufzeichnete. Der Übergang zwischen beiden Bereichen wurde mit einfachen Filtern (RC-Gliedern) realisiert.

Von den Wedeler Linearaufzeichnungsversuchen sind keine Fotos mehr vorhanden. Allerdings berichten die damaligen Experimentatoren von verschiedenen Laboraufbauten.³⁷⁹² So wurde ein Magnetophon M 10 vom Entwickler Rudolf Bormann auf 5 m/s Geschwindigkeit „hochgezüchtet“, den dazugehörigen Spezialkopf entwickelte Werner Dziekan. Das Gerät erreichte knapp 3 MHz als obere Grenzfrequenz; der Kopf muss also knapp 1 µm wirksame Spaltbreite gehabt haben. Eine weitere Steigerung der Geschwindigkeit wurde erzielt, indem man das Band nicht ab- und aufwickelte, sondern in einer endlosen Schleife unter der Labordecke führte und so bis auf 40 m/s beschleunigen konnte. Eingesetzt wurde ein nur 2 mm breites Magnetband, um bei den hohen Geschwindigkeiten den Bandverbrauch und den Platzbedarf beim Wickeln zu minimieren. Man erhielt so auch in Wedel akzeptable Standbilder, gab allerdings auf, als das Aufwickeln nicht zufriedenstellend zu lösen war.

Man hatte auf den Einsatz eines Wickelverfahrens gehofft, das Lagenwicklungen erzeugt, wie sie etwa bei Transformatoren oder Bandspulen in der Textilindustrie üblich sind. Heinz Wehde rechnete 1959 in einem entsprechenden Patent vor (Abbildung 697), dass sich bei einer Magnetbandbreite von nur 1/16 Zoll (etwa 1,6 mm) und einer Bandgeschwindigkeit von 20 m/s rechnerisch für eine Stunde Spieldauer 72 km Bandlänge ergeben; die könnten mit einer Vorrichtung auf einem Wickel von 200 mm Durchmesser und 200 mm Breite (bei 100 mm Kerndurchmesser) gespeichert werden. Er wies vor allem auf die Nachteile der Schrägspuraufzeichnung (also des Ampex-Verfahrens und auch der Schüller-Masterson-Patente) gegenüber der Linearaufzeichnung hin, die in den Trigger- und Synchronisier-Aufgaben liegen, oder – wie er schreibt: „Nachteilig ist jedoch der große elektronische Aufwand, der erforderlich ist, um die Magnetköpfe nur auf der Breite des Magnetbandes wirksam werden zu lassen, in der die Aufzeichnung erfolgen soll und um den Abtastvorgang synchron zu den bei der Aufzeichnung vorliegenden Verhältnissen durchführen zu können. Es ist weiterhin ungünstig, dass das Gerät von der Zeilenstruktur, d.h. von der Norm des Videosignals abhängig ist. Große Schwierigkeiten ergeben sich ferner für die Schneidetechnik. Ein Lesen über Band ist nicht möglich.“ Die genannten Probleme waren natürlich auch Eduard Schüller bekannt; und der versuchte deshalb andere Lösungen (siehe unten).

Aus Sicht eines Bandherstellers warf Wehdes Verfahren ein ganzes Bündel voller Fragen auf. Um nur eine zu nennen: wie hätten sich Klebestellen im Band ausgewirkt? Beim damaligen Stand der Bandbießtechnik, die kaum über 1.000 m Länge hinauskam, wären nämlich allein für 1 Stunde Aufnahmezeit 72 Klebestellen notwendig gewesen. Wehde gibt auch nicht an, welche Schichtdicke oder welche Koerzitivfeldstärke das 2 mm-Band – halb so breit wie in der Compact-Cassette! – hätte haben sollen. Und schließlich: hätte nicht Schüllers, vermutlich vergessenes, Kontaktwickel-Prinzip (Seite 169) hier eher Erfolg versprochen?

Bei Linearaufzeichnungen ist im allgemeinen der Magnetkopf fixiert und das Band wird an diesem vorbeigeführt – genau wie bei der Tonaufzeichnung. Bei der Bildaufzeichnung ging man aber bekanntlich immer mehr zu schnell bewegten Magnetköpfen und langsam transportierten Band über, um die Oberfläche des Magnetbandes möglichst vollständig zu nutzen und so den Bandverbrauch zu minimieren. So führte Schüller ab 1958/59 parallel zu den Linearaufzeichnungen weitere Entwicklungen zu seinem Schrägspurpatent von 1953 aus. Die Geometrie des Schüllerschen Schrägspurverfahrens zielte darauf, dass der rotierende Kopf seine Spuren unter einem wesentlich flacheren Winkel auf das Band „zeichnete“ als das bei Ampex der Fall war (vergleiche dazu Abbildung 655). So konnte er die Strecke eines einzelnen Durchlaufes von einer Kante des Bandes zur gegenüberliegenden lang genug machen, um ein Halbbild auf diesem einen Durchgang unterzubringen. Die Umschaltung von einem Zeilendurchlauf zum nächsten erfolgte dann während der Dunkelschaltung in der Bildrücklaufzeit, ergab also keine im Bild sichtbaren Störungen.

Die unterschiedlichen Trigger- und Synchronisationsaufgaben waren mit der damaligen Technik ungleich schwerer (und voluminöser) zu lösen als mit der späteren Halbleitertechnologie oder gar mit der dann folgenden IC-Technologie inklusive Mikroprozessortechnik. Das muss der Grund gewesen sein, weshalb Eduard Schüller

um 1960 zusammen mit dem Sonderentwickler Bruno Röder eine abgeänderte Variante seines Patent³⁷⁹³ realisieren wollte, auf die er weitere Patente anmeldete.³⁷⁹³ Der Magnetkopf des Recorders sollte in geprägten Rillen eines speziellen Magnetbandes laufen, womit eine der Triggeraufgaben gelöst war (Abbildung 698, Abbildung 699). Wie so oft, bevorzugte Schüller auch hier mechanische Lösungen gegenüber (röhren-) elektronischen.³⁷⁹⁴ Diese mechanische Magnetkopfführung in Rillen war damals – allerdings in wesentlich größerer Form und aus anderen Gründen – bei Magnetplatten-Diktiergeräten üblich. Die Auslegung des geplanten Bildband-Gerätes ist in einer Skizze von Bruno Röder (Abbildung 697) entsprechend den genannten Patenten festgehalten. Leider ist dies das einzige Bild, das von diesem Gerät noch aufzufinden war. Die in den Dokumenten skizzierten Führungsrillen des Bandes wurden erst nach 1960 in Hannover von dem Chemiker Harald Schulz-Benkendorff in 2 Zoll (50,8 mm) breite PVC-Magnetbänder unter einem Winkel von 55° zur Längsrichtung eingeprägt (Abbildung 701), so dass für jeden Kopfdurchlauf eine Führungsrinne von knapp 70 mm Länge entstand. Die senkrechte Dichte der Rillen war 13 pro cm, das ergab in Bandrichtung etwa 11 Rillen pro cm. 50 Halbbilder fanden also auf 4,55 cm Bandlänge Platz; in Sachen Band(vorschub)geschwindigkeit wäre das „Rillenvideo“ allen damaligen Video-Aufzeichnungsverfahren deutlich überlegen gewesen (VHS lief schließlich mit 2,4 cm/s knapp halb so schnell).

Abbildung 697: Heinz Wehde, „Gerät zur magnetischen Aufzeichnung und/oder Wiedergabe breiter Frequenzbänder“, nämlich mittels Längsspuraufzeichnung auf rund 2 mm breitem Magnetband bei einer Bandgeschwindigkeit von 20 m/s. Obere Zeichnung: Draufsicht, untere Zeichnung Seitenansicht. – Das Magnetband wird auf Spindeln (wie schmales Textilband) aufgewickelt, und zwar Windung neben Windung und Lage auf Lage. Der Antrieb des Bandes (Tonmotor 9 über Rolle 4) entspricht dem bekannten Tonwellenantrieb – wenn auch bei wesentlich höheren Geschwindigkeiten. Die Bandstrecke vor dem Magnetkopf (in 6) ist von den beiden Spindeln u.a. durch zwei Unterdruckkammern 7 und 8 entkoppelt, in denen ein gewisser Bandvorrat locker zur Verfügung steht, damit die Spindeln nicht unzulässig stark beschleunigt werden müssen. Die Wickelmotoren 14 und 15 werden geregelt entsprechend den Bandlängen in den Kammern 7 beziehungsweise 8. 10 und 11 sind Bandbremsen, 6 ist der Kopfträger. – Siehe auch Patent DE 1 093 406 (3. Juli 1959).

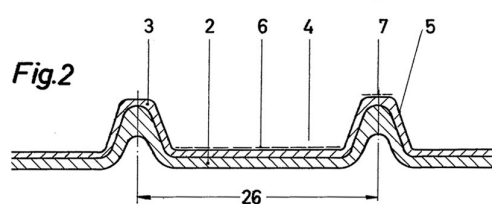
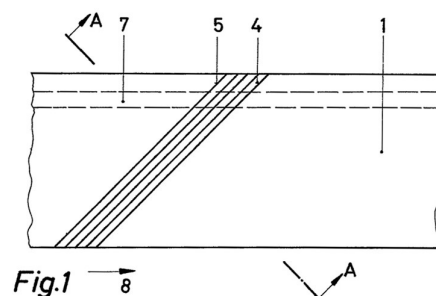
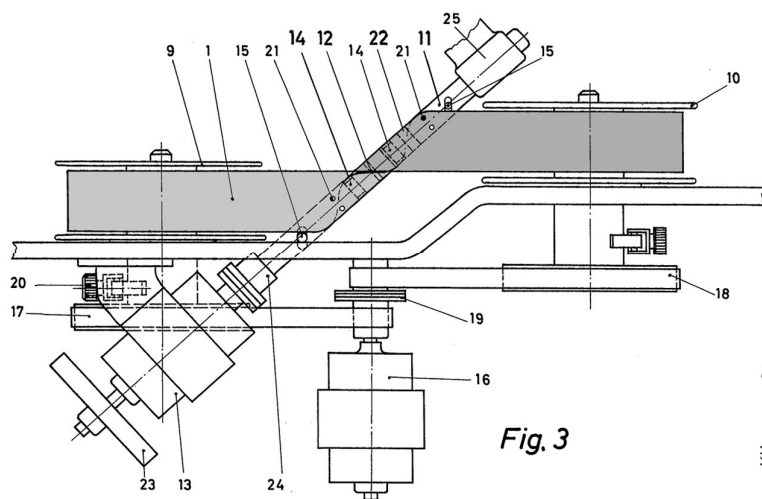
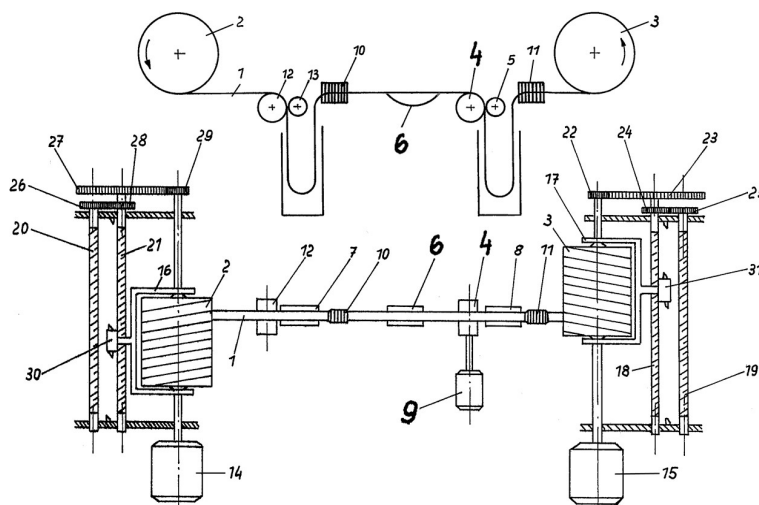


Abbildung 698: Schüllers Ergänzungspatent: Schrägspuraufzeichnung mit geprägtem Magnetband. Das Band wird vom Wickelteller 9 nach 10 transportiert durch Motor 16 über Umsteuerkupplung 19. Dabei wird das Band um 360° um den relativ dünnen Hohlzylinder 11 (Durchmesser 22 mm) geschlungen. Der Kopf rotiert im Schlitz bei 12, angetrieben vom Motor 13 und der Schwungscheibe 23. Bemessung der Geometrie und der Geschwindigkeiten so, dass der Kopf, der etwas aus dem Hohlzylinder heraus in die geprägte Rille hineinragt, bei jeder Umdrehung in der nächsten Bandrille läuft. Der Tonkopf bei 21 ist fest mit der (stehenden!) Achse verbunden, gleitet also kontinuierlich über den Rand des Bandes, ähnlich wie beim Tonbandgerät. Gewinnegänge (14) unterstützen den Bandtransport.

Abbildung 699: Das geprägte Band für Abbildung 698 (Fig. 1 Draufsicht, Fig. 2 Querschnitt durch das Band entlang der Linie A – A). Auf der Fläche 6 sollte das Videosignal aufgezeichnet werden, auf der Fläche 7 das Tonsignal, den Hohlzylinder aus Abbildung 698 muss man sich oberhalb des Bandes denken. In der Rille 4 sollte also der Bildkopf laufen.³⁷⁹⁵

Der rotierende Kopf war angepasst so konstruiert, dass er entsprechend der Rillentiefe aus dem Schlitz des Zylinders herausragte und so in der Bandrille geführt wurde; genauer: das Band in Grenzen transportierte, denn schneller oder langsamer als der Kopf vorgab, konnte das Band natürlich nicht transportiert werden. Mit diesen „Rinnen“ war die eine der Synchronisationsaufgaben rein mechanisch gelöst, dass nämlich der Kopf bei

der Wiedergabe mittig auf die bei der Aufnahme magnetisierte Spur trifft. Die Tonspur sollte parallel zur Bandkante auf den „*ebenen Oberflächen der Stege*“ aufgezeichnet werden. Schüller zitiert noch weitere Vorteile für diese Technik in Bezug auf das Schneiden der Bänder: Würde der Schnitt längs einer Rille geführt, wäre beim Abspielen ein schlagartiger Wechsel einer Szene in Bild und Ton zur nächsten realisiert. Bei einem Schnitt senkrecht zum Band würde der Übergang von Bild und Ton kontinuierlich – wenn auch nur kurzzeitig – erfolgen. Auch eine „leicht zu realisierende“ Standbild-Lösung schlug er vor: Da die Abtastgeometrie so ausgelegt war, dass der Abtastkopf normalerweise nach jeweils einer Umdrehung in der nächsten Rille weiterlief, könnte sogar eine Standbildschaltung mit mechanischen Maßnahmen realisiert werden, wenn der Zylinderdurchmesser geringfügig soweit vergrößert würde, dass der Kopf seinen Umlauf nach einer Umdrehung in der gleichen Rille fortsetzt.

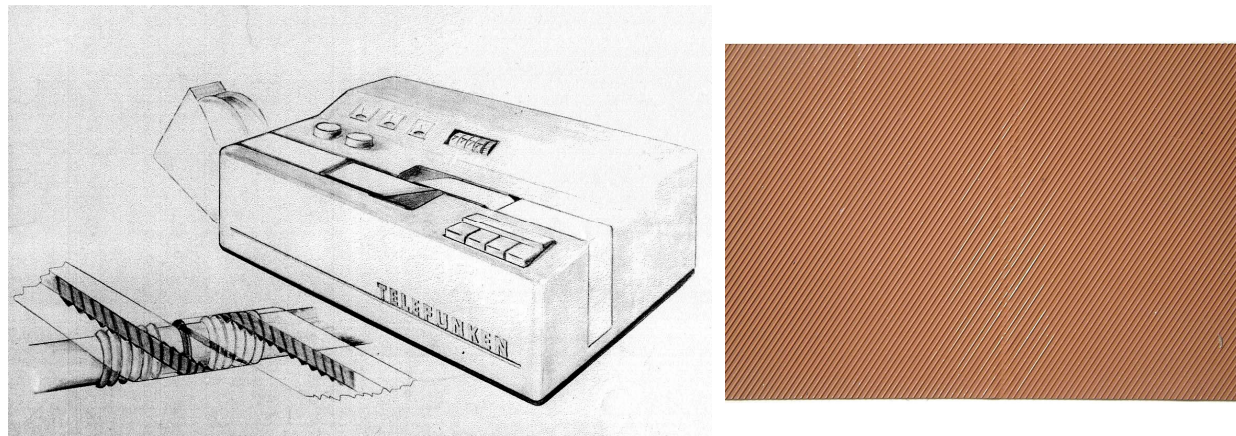


Abbildung 700: Geräteskizze des Bildbandgerätes für geprägtes Band nach der Beschreibung zu Abbildung 698 und Abbildung 699. Vorn links zwei der „Gewindegänge“ als Transporthilfe für das Magnetband (vergleiche Pos. 14 in Abbildung 698). Das Gerät wurde vom Telefunken Service gebaut und erhielt von Mitarbeitern den Spitznamen *Feldschmiede*. Es wurde später „ausgeschlachtet“ – irgendwelche Fotos davon waren nicht mehr aufzufinden.

Abbildung 701: Musterstück aus dem realisierten geprägten Bildband. Originale Breite 50,8 mm, 13 Rillen pro cm, Rillenkante 55°, damit ergeben sich als Spurlänge knapp 70 mm.

In zwei Punkten bleibt das „Rillenvideo“-Patent unbestimmt, nämlich beim Magnetband selbst und bei der Tonaufzeichnung. Rillen lassen sich nur in PVC-Trägerfolien prägen; ob sie bei den bekannten Eigenschaften dieses Materials (das ja nicht ohne Grund von der ungleich stabileren PE-Folie verdrängt wurde, die aber nicht zu prägen ist) formstabil geblieben wären, scheint fraglich. Die Mindestdicke des Bandes, das wegen der vielen „Versteifungssicken“ effektiv dicker und ungleich steifer wird als glattes, bedingt entweder uninteressant kurze Spielzeiten oder vergleichsweise große Spulen und (auch wegen des 5 cm breiten Bandes) unhandliche Behälter – ganz zu schweigen vom schwierigen Herstellungsprozeß, vor allem beim Auftrennen breiterer „Blöcke“ in Einzelbänder (bezeichnend, dass kein Patent eines Magnetbandherstellers für diesen Bandtyp bekannt ist). Zumindest unkonventionell ist auch die Tonaufzeichnung: „*Die ebenfalls ebenen Oberflächen der Stege werden zur Aufzeichnung der Toninformation 7 ausgenutzt, wobei eine Spur quer zu den trapezförmigen Stegen parallel zur Bandkante beschrieben wird*“, denn die „effektive“ Spurbreite wäre etwa um das Verhältnis Stegbreite zu Rillenbreite kleiner als die tatsächliche, und dass das Tonsignal hörbar mit 50 Hz moduliert wird, ist fast als sicher anzunehmen.

Das skizzierte Gerät aus Abbildung 697 wurde tatsächlich 1960/61 gebaut – in der Werkstatt des Telefunken Service-Zentrums in Wedel.³⁷⁹⁶ Es spricht für sich, dass Wilfried von der Ohe, der von Ulm zu der Entwicklergruppe in Hannover stieß, auf seine Bitte hin, den Prototypen einmal sehen zu dürfen, „*geheimnisvoll in das Wedeler Service-Zentrum über einer Kaffeerösterei geführt wurde*“.³⁷⁹⁷ Schüller nahm das Gerät 1961 mit nach Hannover, als er dort seine neue Stellung als Leiter der Grundlagenentwicklung im Fachbereich Phono- und Magnetbandgeräte im AEG-Telefunken-Konzern an der Göttinger Chaussee antrat. Dort arbeiteten in der sogenannten Leichtmetallhalle auch Walter Bruchs Entwickler am PAL-Verfahren und Dr. Fritz Bergtolds Gruppe an ELA-Aufgaben. Schüller hatte offensichtlich die Freigabe bekommen, mit einer Entwicklergruppe ein Video-Bandgerät nach seinen Patenten von 1953 und 1961 zu entwickeln. Dabei galt allerdings die Vorgabe, dass alles so preisgünstig wie möglich entwickelt werden sollte; für Schüller Anlass genug, auf die damals modernen, aber „teuren“ integrierten analogen Schaltkreise zu verzichten und ihre Funktionen mittels diskreter Bauelemente zu realisieren.

Über Wilfried von der Ohe, der von Rudolf Goetze nach Hannover „abgeworben“ worden war, standen in Hannover auch die Erfahrungen aus dem Ulmer Forschungsinstitut zur Verfügung. Gerd Kauzmann wechselte zur selben Zeit zu Grundig, die Gruppe „Fernsehkonserven“ in Ulm war damit praktisch aufgelöst. Aus der Ulmer Erfahrung war bekannt, dass eine 7 cm lange Kopfspur nicht reichen würde, ein Halbbild mit akzeptabler Qualität abzuspeichern: In der obigen Überschlagsrechnung war zwar für eine niedrige Amateurqualität (2 MHz) eine minimale Relativgeschwindigkeit des Kopfes gegenüber dem Band von 4 m/s geschätzt worden, so dass theoretisch 8 cm für jedes Halbbild zur Verfügung stehen sollten (übrigens genau die Spurlänge des erfolgreichen professionellen B-Formats, Seite 553) – und diesen Wert erreichten die realisierten 7 cm annähernd. So schätzte auch Schüller die Möglichkeiten ein, während die Experimentatoren gelernt hatten, dass unter realen

Bedingungen die theoretische Qualität bei weitem nicht erreicht wurde. Auch in Hannover wurde zur Klärung wieder eine lineare Aufzeichnungsanlage mit Endlosschleife gebaut – wenn auch diesmal nicht an der Decke, sondern an der Wand. 1962 kam es zu einer Krisensitzung zum weiteren Vorgehen, auf der Schüller von Wilfried von der Ohe und dem Elektroniker Heinz John überzeugt wurde, von der Sonderlösung seiner „Feldschmiede“, wie das Gerät hinter vorgehaltener Hand genannt wurde, abzugehen und sich mit Hilfe modernerer Techniken wieder der ursprünglichen Schrägspurversion des 1953er Patentes zu nähern.³⁷⁹⁸ Die „Feldschmiede“ wurde in den folgenden Jahren für andere Projekte so gründlich „ausgeschlachtet“, dass nicht einmal mehr ein Foto davon überliefert ist.



Abbildung 702 (LINKS): Dr. Helmut Batsch und Hans Westpfahl, langjährige Mitarbeiter Schüllers (5.10.1973, Batschs letzter Arbeitstag).
Abbildung 703 (RECHTS): Eduard Schüller (Mitte) und zwei seiner Mitarbeiter bei einem Festessen mit japanischen Gastgebern, um 1965.

Für die Experimentatoren galt damals noch der Erfahrungswert aus der Tonspeicherung, dass ein Kopfspalt möglichst 3 mm, besser 6 mm hoch sein sollte. Werte dieser Größe führen aber bei hohen Relativgeschwindigkeiten zu einem Luftpolster zwischen Kopf und Band, das die obere Grenzfrequenz untragbar herabsetzt. Erst im Laufe der weiteren Experimente lernte man schrittweise bis zu den moderneren „Messerspitzenköpfen“ (Abbildung 661), dass der Spalt wesentlich kürzer werden darf, wenn nur das gesamte Signal frequenzmoduliert wird. Man wählte dann FM mit Trägerfrequenzen von 2 bis 3 MHz und moduliert zu tieferen Frequenzen. Dabei traten neue Probleme auf, weil die Trägerfrequenz so dicht an der oberen genutzten Modulationsfrequenz lag, dass im Bild Moiré-Figuren auftraten, die dann wieder mit speziellen Verfahren (Frequenzverdopplung bei der Demodulation) zu unterdrücken waren.

Auf dem weiteren Weg zu einem Telefunken-Videorecorder wurde in Hannover ein normales, also ungeprägtes, 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ Zoll) breites Band verwendet, wie es bei Video-Heimgeräten üblich wurde.³⁷⁹⁹ Die Trommel hatte etwa 10 cm Durchmesser (gegenüber 2,2 cm beim geprägten Band und 6 cm bei modernen Recordern). Der Umschlingungswinkel der Trommel durch das Band betrug 180° – damit standen etwa 15 cm Spurlänge für ein Halbbild zur Verfügung, also mehr als doppelt so viel wie beim geprägten Band. Wegen der 180° -Umschlingung wurden in der Grundausführung zwei rotierende Köpfe eingesetzt.

Gespeichert wurde ein frequenzmoduliertes Bildsignal. Des weiteren hatte man inzwischen Verfahren zur Datenreduktion entwickelt. Leider standen dafür damals noch nicht die heute in großem Umfang eingesetzten, hoch effektiven Mikroprozessortechnologien mit Halbleiterspeichern zur Verfügung. Aber auch mit rein elektromechanischen Techniken bei Aufnahme und Wiedergabe waren gute Erfolge zu erzielen. So war bekannt, dass (nicht-professionelle Ansprüche angenommen) die Bildqualität kaum reduziert wird, wenn – bei unveränderter horizontaler Auflösung – nur eines von zwei oder sogar drei aufeinander folgenden Halbbildern abgespeichert wird. Es muss allerdings sichergestellt werden, dass bei der Wiedergabe anstelle der fehlenden Halbbilder das abgespeicherte Halbbild beispielsweise ein- beziehungsweise zweimal dazu gemischt wird. Dadurch entsteht eine Bildänderungsfrequenz von 25 beziehungsweise 16,6 Hz anstelle 50 Hz – aber selbst der niedrigere Wert entsprach durchaus noch der damaligen 8-mm-Schmalfilm-Bildwechselfrequenz von 16 Hz. Das störende Flackern des Amateurfilms wurde beim Videorecorder sogar durch die eingemischten Halbbilder vermieden. Natürlich führt der Zeitgewinn, den man durch das Nichtspeichern von Halbbildern hat, nur dann zu einer Qualitätsverbesserung, wenn man die gewonnene Zeit nutzt, um das ausgewählte Halbbild langsamer und damit detailreicher abzuspeichern. Wie das mit den damals bekannten Speicher- und Wiedergabetechniken realisiert werden konnte, beschreibt ein Patent von Wilfried von der Ohe,³⁸⁰⁰ das dann auch von Eduard Schüller ausgewählt wurde. Seine Version speicherte allerdings nur eins von zwei Halbbildern ab.

Telefunken entwickelte in Hannover zuerst einen Prototyp, der noch mit Röhrentechnik arbeitete. Selbst die Aufgaben der Drehzahlbeeinflussung von Spaltpolmotoren realisierte Günter Cieschinger mit niederohmigen

Röhren, die einen Gleichstrom regelten, mit dem man die Hilfsphase des Motors beaufschlagte.³⁸⁰¹ Da die Magnetkopfspezialisten den Wechsel von Wedel nach Hannover nicht mitgemacht hatten, entwickelte, baute und vermaß jetzt eine Gruppe von drei Mitarbeitern die Spezialköpfe auf Ferritbasis für den Videorecorder: Dr. Helmut Batsch, Hans-Dieter Hermann und ein Herr Koch.³⁸⁰²

1965 stand der nächste Umzug an: Die Entwicklungsabteilung unter Schüller wurde in die Berliner Schwedenstraße verlegt – die Stadt soll mal wieder mit Subventionen gelockt haben.³⁸⁰³ Und wieder einmal machte nur ein Bruchteil der Erfahrungsträger den Wechsel mit: Eduard Schüller und Helmut Batsch, die beide an den Ausgangspunkt ihrer Karrieren zurückkehrten; Batsch hatte 1936 bei der Realisierung der Olympischen Spiele in Berlin mitgewirkt: bei der Beschallung des Stadions.³⁸⁰⁴ Einige Berliner Mitarbeiter waren vor dem Umzug zur Einarbeitung in das neue Thema nach Hannover geschickt worden, außerdem stellte Schüller seinen getreuen Partner aus der Magnetophon-Frühzeit, Hans Westpfahl, in seiner Abteilung ein (Abbildung 702).



Abbildung 704: Erstes „Bildbandgerät für den Heimgebrauch“ („open reel“) von Telefunken für 12,7 mm breites Magnetband, auf der IFA 1967 in Berlin der Öffentlichkeit vorgestellt.

Noch in Hannover gab es allerdings eine nicht sehr erfreuliche Überraschung:³⁸⁰⁵ Der von den Entwicklern realisierte Videorecorder wurde als Labormuster Prof. Dr. Werner Nestel, Leiter der Entwicklung bei AEG Telefunken (und gleichzeitig Technischer Direktor des NDR) vorgeführt. Dabei wurde beschlossen, dieses Gerät in Berlin serienreif zu machen. Zur gleichen Zeit hatte sich eine Delegation der japanischen Firma Sony bei Telefunken angekündigt. Die Zusammenarbeit mit japanischen Firmen war gut; so hatte Schüller noch 1960 die Lizenzfertigung von Magnetophonen des Typs KL 65 TS durch Japan Radio Corporation organisiert.³⁸⁰⁶ Außerdem hatte er mit Telefunken-Delegationen mehrmals japanische Firmen besucht (Abbildung 703). Jetzt, im Jahr 1965, stellte die Delegation von Sony einen Videorecorder nach Schüllers Schrägspurpatent – in einem serienreifen Entwicklungsstadium – vor und fragte an, ob man dieses Gerät nicht gemeinsam unter dem

Namen von Telefunken vermarkten wolle. Der Schock saß tief, und es tröstete die Betroffenen wenig, dass Sony für dieses Projekt 80 Entwickler zur Verfügung gestellt hatte – zehnmal so viele wie Telefunken.³⁸⁰⁷ Erst etwa zehn Jahre später kam es auf dem Video-Sektor wieder zu einer Zusammenarbeit zwischen Telefunken und einer japanischen Firma, doch da war JVC der ausgewählte Partner, als es um die Nutzung der VHS-Patente ging. Ab 1965 wurde in Berlin dann doch das in Hannover entwickelte Muster in einer Abteilung unter Dr. Hans-Joachim Thuy in kurzer Zeit serienreif gemacht. Die Elektronik wurde auf Halbleitertechnik umgestellt, die Regelung entwickelte Dr. Fritz Habel. Walter Bruch steuerte für den Recorder eine spezielle Variante seines PAL-Verfahrens namens Tri-PAL mit geringem Speicherbedarf bei, das später auch für die TED-Platte (Seite 575) eingesetzt wurde.³⁸⁰⁸ 1967 konnte Telefunken dann zwei der neuen Videorecorder für den Heimgebrauch auf der IFA (Internationale Funkausstellung) in Berlin vorstellen (Abbildung 704).³⁸⁰⁹

Diese ersten Seriengeräte verlangten noch das Einlegen des Bandes, wie man es von klassischen Tonbandgeräten gewohnt war – die erforderliche Umschlingung der Kopftrommel machte den Betrieb natürlich komplizierter. Auch wegen der relativ hohen Gerätepreise ließ der Durchbruch der Videotechnik auf dem Markt auf sich warten. Im Laufe der folgenden Jahre wurden dann von mehreren Firmen und internationalen Konsortien verschiedene Kassettensysteme entwickelt, mit denen auch das Problem der automatisierten Trommel-Umschlingung gelöst wurde. Für beide denkbare Möglichkeiten, die Alpha- ebenso wie die Omega-Umschlingung, wurden auch bei Telefunken Lösungen gefunden.³⁸¹⁰ Doch diese Entwicklungen spielten, international gesehen, so gut wie keine Rolle: japanische Firmen dominierten nicht nur die Entwicklung, sondern auch den Endverbraucher-Weltmarkt, wie noch beschrieben wird. Doch alle Videokassetten-Systeme – VHS war das am weitesten verbreitete, andere erschlossen auch den Markt kleiner, handlicher „Camcorder“ für den Amateur (siehe Abbildung 665) – arbeiteten mit Kassetten und Schrägspuraufzeichnung. Die Grundlagen dazu waren fast 30 Jahre früher in den USA und in Deutschland ausgearbeitet worden.

Eduard Schüllers Lebensabend

Ende 1969 schied Eduard Schüller offiziell aus dem Berufsleben aus, am 18. Januar 1970 verabschiedete ihn seine Abteilung in Berlin (Abbildung 705). Als die Familie Schüller im Laufe des Jahres 1970 wieder in ihr Haus nach Wedel zog, konnte er endlich seinen Hobbys Gartenarbeit und Spaziergänge frönen. Allerdings hatte er sich schon für ein neues Projekt gewinnen lassen, so dass er noch mehrere Jahre lang einmal pro Woche nach Berlin flog. Bei diesem Projekt handelte es sich um die TED-Platte, Abkürzung für Television Disk. Die ursprünglichen Ideen und Überlegungen hatte Horst Redlich entwickelt, der damals bei TELDEC, Telefunken Decca, also dem bekannten Schallplattenhersteller, in Berlin arbeitete. Nach seinen Erfahrungen und Berechnungen sollte es mit „Hi Tec“ möglich sein, Filme mit Fernsehqualität auch auf „Bildplatten“ – analog zu Schallplatten – zu speichern. Als Vorteil sah er die Möglichkeit, diese Bildplatten mechanisch schnell und preisgünstig wie Schallplatten zu pressen, als Nachteil war der reine Abspielbetrieb zu sehen, der Eigenaufnahmen nicht zuließ. Als Markt hatte man besonders die Möglichkeit aktueller Zeitungsbeilagen – etwa zu den Sportereignissen des Wochenendes – ausgemacht. Eduard Schüller und sein Nachfolger Gerhard Dickopp sowie außer Horst Redlich auch Hans-Joachim Klemp von der TELDEC arbeiteten federführend an diesem Verfahren.



Abbildung 705 (LINKS): Eduard Schüller bei der Verabschiedung durch seine Abteilung in den Ruhestand, 18. Januar 1970, in Berlin.



Abbildung 706 (RECHTS): Beim Besuch Eduard Schüllers in Braunschweig am 22. Oktober 1975 anlässlich technikgeschichtlicher Klärungen im AEG-Telefunken-Museum in Braunschweig, zugleich das letzte Zusammentreffen mit seinem langjährigen Mitarbeiter Hans Westpfahl. Schüller trug zu dieser Zeit einen Schnurrbart. Aufnahme vor dem Gewandhaus.

Zunächst plante man, die Aufzeichnung magnetisch abzutasten, wechselte dann aber zu einer mechanischen Abtastung. Mitte 1970 wurde die Schwarz-weiß-Aufzeichnung, 1972 die Farbaufzeichnung von 10 Minuten Farbfilm mit Ton realisiert. Da dies die weltweit erste Realisierung einer entsprechenden Aufzeichnungstechnologie war, nahm der damalige Bundespräsident Gustav Heinemann die Erfindung zum Anlass, die vier Erfinder mit dem Bundesverdienstkreuz auszeichnen zu lassen (Abbildung 707). Trotz allen Medienrummels konnte sich dieses Verfahren unter anderem wegen der fehlenden Möglichkeit zu eigenen Aufnahmen nicht durchsetzen – besonders auch nicht in Konkurrenz zu dem von Schüller 1953 erfundenen Schrägspurverfahren, das sich inzwischen zusammen mit der Video-Kassetten-technik weltweit gegen alle anderen Verfahren durchzusetzen begann (Abbildung 676). Die vor nun mehr als 30 Jahren entstandenen Kurzfilme auf TED-Platten stellen aber heute noch eine hochinteressante zeitgeschichtliche Dokumentation dar. Wichtig ist insbesondere das Umkopieren auf andere Träger, weil nur noch wenige TED-Abspielgeräte einsetzbar sind.

Schüller arbeitete in seiner freien Zeit zusammen mit Hans Westpfahl und dem Kustos des Braunschweiger AEG-Museums Reinhold Hahn an der Aufarbeitung der Magnetophongeschichte. Diese Arbeit konnte er nicht mehr abschließen; er starb am 19. Mai 1976 am Morbus Hodgkin, an dem er schon länger litt. Er ruht auf einem der Wedeler Friedhöfe. Noch am 22. April 1976 hatte er an Hans Westpfahl im Nachgang zu einem gemeinsamen Besuch in Braunschweig (Abbildung 706) unter anderem geschrieben: „... *ich komme mir richtig wie ein Versuchskaninchen vor ... Jetzt – also nächste Woche, wollen sie es mit Röntgenstrahlen versuchen* ...“³⁸¹¹

Was ist von Eduard Schüllers Erfindungen geblieben? Von etwa 1935 bis 1990 war die magnetische Aufzeichnung zuerst von Schall, dann auch von Bild und Film ohne Schüllers etwa 100 Patente nicht denkbar – damit aber auch die ganze damalige Kulturgeschichte, soweit sie Rundfunk-, Fernseh-, Film und Schallplattentechnik betraf. Um 1990 sah es so aus, als ob die Magnetontechnologie überholt werde durch optische Speichermedien wie CD und DVD sowie durch die direkte Aufzeichnung auf Computer-Festplatten. Als Konsequenz gab AEG-Telefunken die Herstellung von Magnetophonen auf. Da optische Speicher nach neueren Erkenntnissen wohl eine kürzere Lebensdauer haben als magnetische Speicher, verhalten sich zumindest die meisten Rundfunkanstalten reserviert gegenüber Versuchen, die vorhandenen Archive vom Band auf optische Träger umzuspielen. Allerdings kann es passieren, dass auch hier eines Tages die Wiedergabegeräte nicht mehr zur Verfügung stehen. Ungebrochen ist dagegen die Aufzeichnung von beliebigen digitalen Daten – also auch von Bild und Ton – auf Computer-Festplatten. Diese Speichertechnik ist auch heute noch ein magnetisches Verfahren, für das sehr kleine Schreib-Lese-Kopf-Kombinationen eingesetzt werden, wobei zumindest der Anteil des Schreibkopfes einen Ringkopf im Sinne von Eduard Schüllers Patent von 1933 darstellt (Abbildung 74). Und die Hersteller möchten die Datendichte auf diesen Platten nochmals erhöhen – mit dieser „alten“ Ringkopf-Technologie.

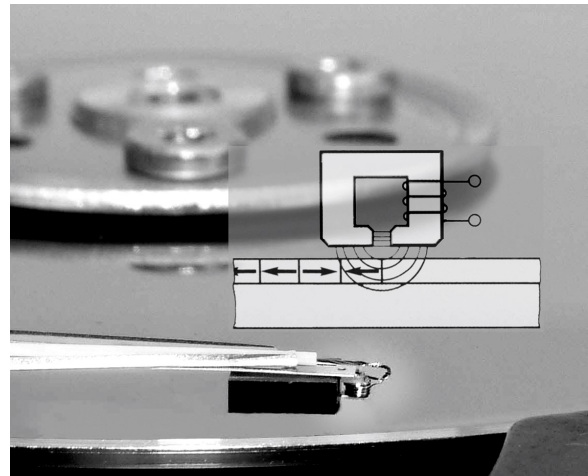
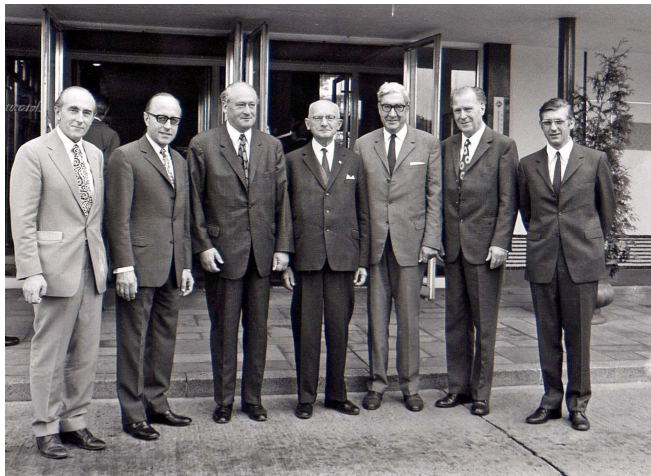


Abbildung 707 (LINKS): Nach der Verleihung des Bundesverdienstkreuzes an das TED-Team stellten sich die Laureaten zusammen mit verdienten AEG-Telefunken-Erfindern dem Fotografen: von links Hans-Joachim Klemp und Horst Redlich von TELDEC sowie von rechts Dr. Gerhard Dickopp und Eduard Schüller. Zwischen den Laureaten: Walter Bruch (3. von links), Erfinder des PAL-Verfahrens, Fritz Schröter, Fernsehponier der Anfangszeit (Einsatz viereckiger Braunscher Röhren, Zeilensprungverfahren), und Prof. Dr. Werner Nestel, Leiter der Entwicklung bei AEG Telefunken und gleichzeitig Technischer Direktor des NDR.

Abbildung 708 (RECHTS): Der Ringkopf als „Schreibelement“ für digitale Informationen auf einer Festplatte der Angangsjahre. Der Schreibkopf schwebt bei modernen Ausführungen 10 nm (10 Nanometer entsprechen 10 tausendstel Mikrometer – Licht hat etwa 500 nm Wellenlänge) über der Festplatte. Zumindest der Schreibkopf zeigt immer noch die typischen Merkmale eines Ringkopfes nach Schüllers Patent von 1933. Ansonsten sind die Aufzeichnung und das Auslesen von digitalen Informationen in vorgegebenen Arealen einer Festplatte nicht in allen Punkten mit der kontinuierlichen Aufzeichnung von Tönen beziehungsweise von Video-Signalen zu vergleichen.

LVR (Longitudinal Video Recording)

Ansatz zur europäisch-amerikanischen Alternative

Die bald aufgegebenen Anläufe der AEG Mitte der 1930er Jahre, eine einfache, preisgünstige Version des Magnetophons auszuarbeiten, nicht zuletzt als Ergänzung ihres Rundfunkempfänger-Angebots, führten kaum weiter als zu Eduard Schüllers Patentschrift „Antriebsvorrichtung für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung“ vom Mai 1936³⁸¹² – beschrieben auf Seite 169.

Dreißig Jahre später hatte, wenn man so will, Schüllers Lösung ihr Problem gefunden. Unter der Typbezeichnung VR-303 brachte Ampex einen Videorecorder mit feststehendem Kopf heraus, dessen 6,3 mm breites, etwa 12 µm dickes Spezialvideoband mit nicht weniger als 100 ips, also 2,54 m/s, durch die etwa USD 4000 teure Maschine schoss und dabei, Clou der Sache, beim ersten Durchlauf auf der einen Hälfte der Bandbreite bespielt wurde, dann flink die Laufrichtung wechselte und auf der anderen Hälfte der Bandbreite weitere 25 min aufzeichnete³⁸¹³ – die Wiedergeburt des Kontaktwickel-Prinzips als Bandantrieb. Die Videobandbreite war mit 250 Hz – 1,5 MHz durchaus bescheiden, aber dafür kostete der Recorder auch nur die Hälfte der bisherigen Geräte, ein Band immerhin noch USD 58. Dass dieser kurzlebige „Schnellläufer“³⁸¹⁴ noch im gleichen Jahr wieder aus dem Angebot verschwand,³⁸¹⁵ dürfte Chester W. Newell, bis etwa 1966 *senior engineer* bei Ampex, Redwood City, CA, veranlasst haben, eine eigene Firma, Newell Associates, in Sunnyvale, Kalifornien, aufzubauen, ohne von der für die Magnetbandtechnik so typischen Doppelerfindung Kontaktwickel zu wissen. (Bekanntlich hatten sich mit der Video-Längsaufzeichnung schon zehn, fünfzehn Jahre früher reihenweise Ingenieure von BCE (Bing Crosby Enterprises, John T. Mullin) bis RCA und BBC (VERA) erfolglos abgemüht.)

Einen ersten Erfolg konnte Newell 1967 mit einem „high-speed“-Kontaktwickel-Recorder verbuchen: Bandgeschwindigkeiten bis zu 25,4 m/s und 10 MHz Frequenzbandbreite, die er erforderlichenfalls auf 100 m/s und 50 MHz erweitern wollte.³⁸¹⁶ Allem Anschein nach ist dieser Newell-Erstling der Nachfolger des VR-303 von 1965. Newell verstand es aber, die technischen Errungenschaften des Jahrzehnts zu nutzen: höherkoerzitive und wesentlich dünnere Bänder (die C 120 brauchte 9 µm-Bänder mit 3 µm Schichtdicke), Magnetköpfe mit Spaltbreiten um und unter 1 µm, vor allem aber Scheibenläufermotoren für die Antriebs-Reibrolle.³⁸¹⁷ Sein Endziel war, aufwendige Feinmechanik durch (in Großserien) preiswertere Elektronik zu ersetzen. Er verfeinerte das Kontaktwickel-Prinzip so, dass es schnell und zuverlässig dünne Bänder mit 6 – 3 m/s transportieren konnte. Damit hatte er die Elemente für einen Videorecorder mit den beiden Hauptmerkmalen *feststehender* (zwar über die Bandbreite verschiebbarer, aber eben nicht rotierender) *Magnetkopf* und *zentrales Antriebsrad* beieinander. Um mit handgerechten Wickeldurchmessern auszukommen, sollte das Magnetband auf vielen parallelen Spuren, sozusagen im Zickzack hin- und herlaufend, bespielt sein. Das war aber nur mit einem Kraftakt zu erreichen: am Ende musste das Band seine Laufrichtung innerhalb von 80 – 100 Millisekunden umkehren, ohne dass es, über die

unvermeidliche kurze Pause hinaus, zu Bild- und Tonstörungen kommen durfte. Wie der Projektstand von 1970 zeigt, glaubte Newell, mit einem 360 m langen Band auszukommen, das in 30 Spuren aufgeteilt war und mit 3 m/s laufen sollte; das heißt, innerhalb der 1-Stunden-Spielzeit wären Ton und Bild alle zwei Minuten für 100 ms ausgefallen – bei Kassetten mit kürzeren Spielzeiten entsprechend häufiger. Es ist fraglich, ob ein System mit solchen *periodischen* Drop-outs vor den Ohren anspruchsvoller (Musik-)Kritiker Bestand gehabt hätte; zu entsprechenden Praxisversuchen ist es, soweit bekannt, nicht gekommen. Dieses Handicap außer Acht gelassen, bot LVR dank frequenzmodulierter Aufzeichnung vorzügliche Tonqualität, die erst VHS-HiFi überbieten sollte. Mit 3 MHz Video-Bandbreite (beziehungsweise einer Auflösung von 240 Linien) konnte LVR in der Theorie konkurrenzfähige Bildqualität bieten, was damals aber noch an Band-Kopf-Kontaktproblemen scheiterte.

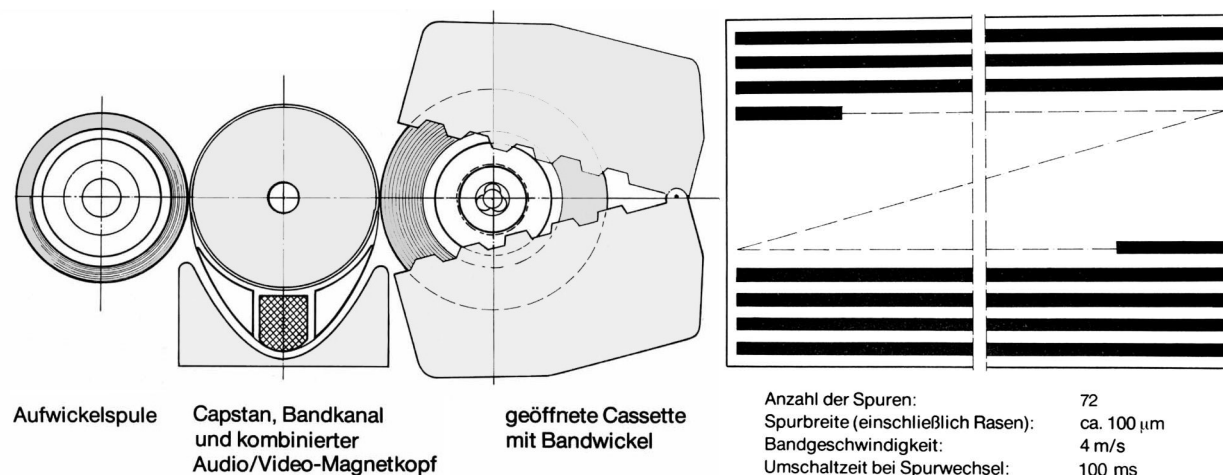


Abbildung 709 (LINKS): Das LVR-Antriebsprinzip und -Wickelf Verfahren, Stand 1979. Auch hier läuft das Band von „rechts“ nach „links“!
Abbildung 710 (RECHTS): Das Spurschema der LVR-Längsaufzeichnung.

BASF engagiert sich in Sachen LVR

Etwa um diese Zeit (1970), nach einem ersten, bald vertieften Kontakt zwischen Newell und BASF in Sachen LVR, reiste eine Delegation aus Ludwigshafen nach Kalifornien, um Ergebnisse der bisherigen Entwicklung zu erörtern und den Umfang der weiter notwendigen Arbeiten abzuschätzen, sollte LVR zu einem marktfähigen Produkt werden. Was reizte BASF an diesem Projekt? Hoffte sie, wie fünfunddreißig Jahre früher, noch einmal die Geräte-Entwicklung und -Produktion maßgeblich beeinflussen zu können, bei der Videoaufzeichnung gewissermaßen die Rollen der AEG (die zu dieser Zeit ihre Ambitionen auf ein hauseigenes Bildband-Verfahren schon aufgegeben hatte) und I.G. Farben gleichzeitig zu spielen? Sah man einen attraktiven Markt für das Chromdioxid-Band, das damals in der Entwicklung war? Wollte man die bisherige relative Erfolglosigkeit auf dem Videoband-Gebiet überspielen? Es war wohl eher eine Mischung aus Pioniergeist und Unbekümmertheit, stimuliert von der glänzenden Entwicklung des Magnetspeicher-Geschäfts und den ebenso glänzenden Aussichten der Videoaufzeichnung. Jedenfalls erwarb BASF von Newell eine Exklusiv-Lizenz und gründete die Entwicklungs-Firma Video Systems, Inc., in Anaheim, CA, die 1971 in Betrieb ging. Als Newells Unternehmen 1972 in wirtschaftliche Schwierigkeiten geriet, konnte BASF alle Rechte am LVR-Verfahren erwerben und führte die Entwicklungsarbeiten mit dem kalifornischen Betrieb Video Systems International fort.

LVR wird angekündigt (1974)

Gegen Mitte 1974 (einem Jahr ohne Funkausstellung) galt LVR als öffentlich präsentabel: erstmals eine Spielzeit von 90 min (statt allzu kurzer 60 min bei VCR und U-matic) mit 580 m ¼-Zoll-Band (Dicke 9 µm) in einer 110 x 118 x 16 mm großen, also fast quadratischen Kassette LV-90,³⁸¹⁸ wobei eine LV-120 mit 780 m Band von nur 6 µm Dicke in Aussicht stand. Eine VCR-Kassette (340 g) hatte das dreieinhalbfache, eine U-matic (285 g) sogar das fünffache Volumen einer LV mit ihren ganzen 140 Gramm Gewicht. Dem Antriebs-Prinzip entsprechend kam nur eine Ein-Loch-Kassette in Frage, die sich zwar erst nach komplettem Rückspulen aus dem Gerät entnehmen ließ, was aber nicht mehr als drei Minuten bei LV-90, 4 min bei LV-120 dauern sollte. Ein gezahnter, steifer Vorspannband-Streifen fädelt das Band selbsttätig durch den bemerkenswert schnörkellosen Bandpfad und auf die Aufwickelscheibe. Große Fortschritte zeigten auch weitere Details, etwa der Magnetkopf mit seiner Spaltbreite von nur 0,3 µm, der für eine Video-Bandbreite von 3 MHz mit immerhin 40 dB Signal-Rauschabstand bei der Bandgeschwindigkeit 3 m/s auf 28 Spuren sorgte (Spurbreite 140 µm mit 65 µm Schutzstreifen beziehungsweise „Rasen“). Das Presse-Echo auf die Vorstellung der ersten LVR-Labormodelle Ende Juli 1974 war durchweg positiv (Tenor: „Ein vielversprechendes neues Video-Kassettensystem“³⁸¹⁹), selbst die 80 ms-Reversierlücke sah man einer laufenden Entwicklung ebenso nach wie die fehlende Standbild- und Zeitlupen-/Zeitraffer-Wiedergabe.

Man muss sich vor Augen halten, dass im Sommer 1974 als (nichtprofessionelle) Videorecorder nur recht ungefüge Maschinen wie die VCR und U-matic mit maximal 1 Stunde Spielzeit bekannt waren (und von der Beta-

max-Entwicklung allenfalls Insider wussten), neben denen sich das LV-Recorder-Modell geradezu zierlich ausnahm, und dass die 1-Stunden-VCR etwa DM 140 kostete, während LVR, rund gerechnet, Band für eine Minute Laufzeit zu DM 1 versprach. BASF konnte in der Tat einen eindrucksvollen Katalog von Systemvorteilen präsentieren, zu dem die potenziell ausgezeichnete Tonqualität gehörten, das – im Prinzip – technisch anspruchslose Schnellkopieren von Videoaufzeichnungen (eine hypothetische 28-Spuren-Anordnung versprach anstandslos 28-fache Kopiergeschwindigkeit!), und schließlich sollte der Gerätepreis, DM 3.000, im üblichen Bereich liegen. In Aussicht stand eine Miniaturausgabe: „Hier gibt es z.B. bereits Vorarbeiten, ein Magnetbandlaufwerk in eine handliche Video-Kamera zu integrieren. ... Sofortige Wiedergabe möglich; einfaches Aufnehmen des Originaltons, ... billiges und wiederverwendbares Bandmaterial.“³⁸²⁰

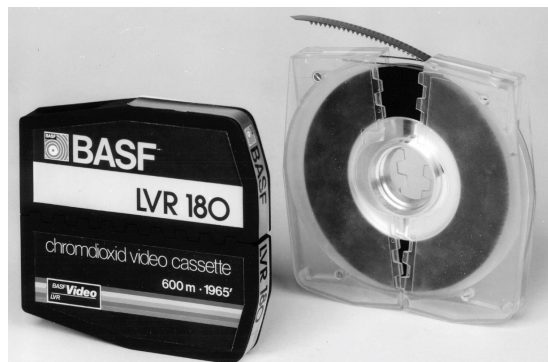


Abbildung 711: LVR-Kassette (mit geöffnetem, transparentem Gehäuse)



Abbildung 712: LVR-Recorder-Tuner-Kombination, Sommer 1979.

Wenn etwas die weitere Entwicklung von LVR – Risiken und Kosten eingeschlossen – rechtfertigte, waren es solche Publikations-Erfolge und die Überzeugung, an einem aussichtsreichen System zu arbeiten. Der renommierte amerikanische Hersteller Bell & Howell, Chicago, brachte im Juni 1977 seine optischen und feinmechanischen Kenntnisse in ein Entwicklungsabkommen ein,³⁸²¹ im September des Jahres konnte BASF mit der Robert Bosch GmbH und deren Tochtergesellschaft Blaupunkt-Werke GmbH einen Lizenzvertrag abschließen.³⁸²² Die LVR-Markteinführung sollte dank dieser Abkommen eine „möglichst breite internationale Basis“ bekommen.

LVR wird vorgestellt (1977 – 1979)

Während der Funkausstellung Berlin 1977 demonstrierte BASF, wie sich LVR seit 1974 weiterentwickelt hatte: das jetzt 8 mm breite 6 µm-Band trug 48 Spuren, lief mit 4 m/s und erreichte zwei Stunden Spielzeit, stand damit aber schon hinter Philips VCR Longplay zurück, das bereits 2½ Stunden bot, allerdings nicht die hochwertigen LVR-Stereo-Tonkanäle. Die Abmessungen der LVR-Kassette blieben unverändert. Ungünstig war, dass BASF als frühesten Marktstart-Termin Ende 1979 / Anfang 1980 nannte: „So ist fraglich, ob die Vorteile des BASF-Systems gegenüber herkömmlichen Videorecordern – Steuerung durch Mikroprozessoren, Verzicht auf teure Mechanik, dadurch handliche Spielgeräte <sic> und kleine Kassetten – den Vorsprung der japanischen und europäischen AV-Systeme am Markt wettmachen können.“³⁸²³

Die positiven Meldungen der nächsten Zeit übertönten solche Bedenken. Anfang August 1978 begann der Bau eines LVR-Produktionsgebäudes in Fountain Valley, CA. Im September verlautbarte die österreichische Unternehmensgruppe Eumig (Wiener Neudorf), „dass sie sich bei ihren Aktivitäten auf dem Video-Sektor auf das LVR-System konzentrieren will“, ohne jedoch einen regelrechten Vertrag abzuschließen. Eumig (5.600 Mitarbeiter), bekannt als Hersteller von Kameras, Projektoren und optischen Messgeräten, hätte den LVR-Vertrieb über Fotofachgeschäfte anbahnen können.³⁸²⁴ Im November 1978 deuteten Siemens³⁸²⁵ und Grundig³⁸²⁶ Interesse für LVR an.

Immer noch entschlossen, Ende 1979, spätestens Anfang 1980 mit LVR auf den Markt zu kommen, demonstrierte BASF zur Funkausstellung 1979 fertigungsreife Vorserien-Muster einer Recorder-Tuner-Kombination, die den technisch höchsten LVR-Stand repräsentierte. Das 8 mm-Band trug jetzt 72 parallele Spuren, jede einschließlich Rassen „ca. 100 µm“ breit, lief mit 4 m/s, war 600 m lang und 8,5 µm dick. Der Video-Signal-Rauschabstand mit 42 dB und die Video-Bandbreite mit 3 MHz (240 Linien) waren zwar nicht über den 1974 genannten Wert hinaus gediehen, ließen aber akzeptable Bildqualität erwarten. Der Frequenzgang der beiden Audio-Kanäle, angegeben mit 40 Hz – 12.500 Hz, sowie der Geräuschspannungsabstand von 56 dB bildeten Spitzenwerte bei Videorecordern, auch die Gleichlaufschwankungen von 0,01 % ließen eher an ein Studio- als an ein Endverbrauchergerät denken.³⁸²⁷ Die LVR-Kassette hatte ihr Äußeres leicht verändert und maß jetzt 114 x 106 x 17 mm; der Bandpreis war von (1974 angenommenen) DM 1.- pro Minute auf DM 0,20 gefallen, und die Recorder-Tuner-Kombination sollte rund DM 2.000 kosten. Angekündigt war weiter eine Einröhren-Farbkamera, die mit dem zwar tragbaren, aber netzgebundenen Recorder eine mobile Einheit bilden sollte.

LVR wird eingestellt (1980)

Doch BASFs LVR war inzwischen in schweres Fahrwasser geraten. Toshiba hatte im Februar 1979 einen ebenfalls LVR betitelten „longitudinal recorder“ vorgestellt, der auf ein „endloses“, ½ Zoll breites und 100 m langes

Band nicht weniger als 220 Spuren schrieb. Die Bandgeschwindigkeit von 264 Zoll pro Sekunde (6,7 m/s) bedeutete Spurwechsel jeweils nach etwa 17 s, was aber nur etwa 20 ms dauern sollte, und beschränkte die Spielzeit auf eine knappe Stunde.³⁸²⁸ Zu mehr als einem kurzfristigen Aufmerksamkeitserfolg hat es die Toshiba-Entwicklung nicht gebracht, aber mit der medien- beziehungsweise publikumswirksamen Ausnahmestellung des BASF-LVR war es vorbei. Kräftigere Schläge gegen das LVR-Projekt folgten: Siemens optierte im Februar 1980 für Video 2000 ³⁸²⁹ (... Grundig war einer der größten Bauelemente-Kunden von Siemens ...³⁸³⁰). Nur drei Wochen später zeigte sich, dass Eumig auf eine finale Krise zusteuerte, die 1981 zum Konkurs führte,³⁸³¹ und das bedeutete für BASF den Verlust eines wichtigen Kooperationspartners. Auch Bell & Howell verzichteten bald auf ihre LVR-Ambitionen.

Im Oktober 1979 nahm die LVR-Fabrik in Fountain Valley (im Umland von Los-Angeles) mit 170 Mitarbeitern die Produktionsvorbereitungen auf.³⁸³² Bei der offiziellen Einweihungsfeier am 17. Dezember 1979 ertönten zwar noch unverdrossen Loblieder auf LVR, aber dann wurde es sehr still um das Projekt, bis am Dienstag, 13. Mai 1980, in der Presse eine dürre Meldung erschien. BASF teilte mit, die wirtschaftliche Produktion eines LVR-Recorders sei wegen der internationalen Währungsentwicklung nicht mehr sichergestellt, eine endgültige Entscheidung sei in den nächsten Monaten zu erwarten, die Arbeiten am Mini-LVR sollten aber weiterlaufen.³⁸³³

Trotz dieses Euphemismus' war klar: ungeachtet der enormen Entwicklungskosten würde LVR, bei Herstellkosten um DM 2.500,³⁸³⁴ nicht an den Start gehen. „Der stille Tod des BASF-Video recorders“³⁸³⁵ inspirierte den immer gut informierten Wirtschaftsredakteur einer lokalen Zeitung zu einem herzhafte gewürzten „Bandsalat“:

Ohne Zweifel hätte die Entwicklung an der Währungsfront den LVR-Start erschwert. Der japanischen Konkurrenz, die rund siebzig Prozent des Video-Weltmarktes beherrscht, sind in letzter Zeit durch die Währungsturbulenzen weitere Vorteile zugespielt worden. Dennoch: die Ludwigshafener Begründung ist offensichtlich zu vordergründig und einseitig. Es ist nur allzu bekannt, daß auch technische Schwierigkeiten nach wie vor den LVR-Markteintritt behinderten. Offensichtlich sind die Probleme beim Transport des Aufnahmepkopfes nach wie vor nicht zufriedenstellend und endgültig gelöst. Je länger getüfelt wurde, desto mehr zeichnete sich wohl ab, daß den LVR-Geräten der ersten Generation drohte, von den Konkurrenzprodukten technologisch überspielt zu werden. Dieser Gefahr wollte die BASF mit ihrer Entscheidung, vorerst nicht zu produzieren, wohl entgegen.³⁸³⁶

Um es kurz zu machen: intern wurde noch ein wenig an LVR weitergearbeitet (Untersuchungen liefen in Richtung digitale Tonaufzeichnung, für den Fall, dass die notwendigen Speicherelemente zum Überbrücken der Reversierzeit erschwänglich würden), aber bald ging LVR in die Technikgeschichte ein als technisch zweifellos elegantes, vielversprechendes System. Wäre es 1975 marktreif gewesen, hätte es eine gute Chance gehabt, aber 1980, angesichts der robusten Marktdurchsetzungskraft von VHS, war die Zeit an ihm vorbeigegangen.

Sonderfall: Video-Zeitlupe in Magnetspeicher-Technologie

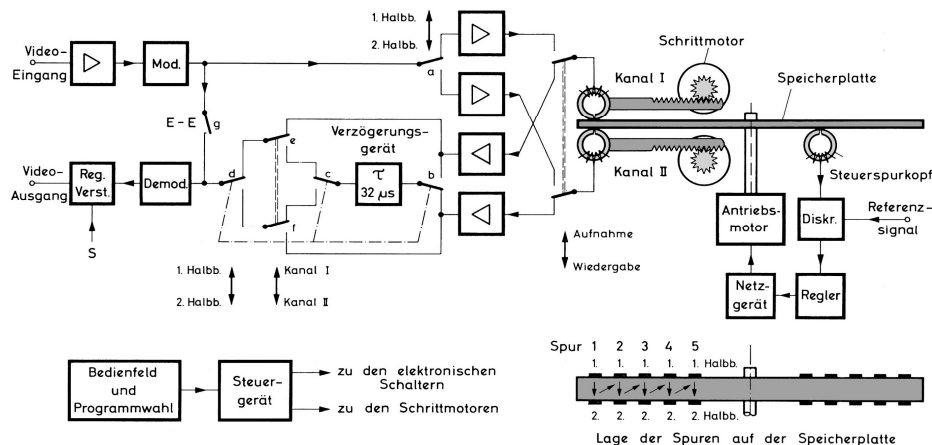
Zeitlupen-Verfahren sind in der Medientechnik ein beliebtes und daher häufig eingesetztes Hilfsmittel, etwa bei Fußballreportagen oder beim Skispringen: eine schnelle, vielleicht unübersichtliche Szene wird möglichst unmittelbar – aber in Zeitlupe, eventuell sogar in Standbildern – wiederholt. Um dies zu realisieren, wurden mehrere Verfahren erarbeitet. Durchgesetzt hat sich Ende der 1960er Jahre ein Verfahren des IRT, das nicht nur die Zeitlupe in fast beliebiger Verlangsamung bis hin zum Standbild erlaubte, sondern auch beschleunigte Wiedergabe, also Zeitraffer-Effekte und sogar Rückwärtswiederholungen von Szenen. Es wurde so perfektioniert, dass selbst Übergänge zwischen den Geschwindigkeiten kontinuierlich und störungsfrei möglich wurden.³⁸³⁷ Technisch ist dieses rein analoge IRT-Verfahren auch deshalb interessant, weil es einen Übergang zwischen beziehungsweise eine Kombination aus der Schrägspur-Aufzeichnung auf Bändern und der aufkommenden Magnetplattenspeicherung darstellt, die sich zur selben Zeit in der Computertechnik durchsetzte und seither als Hard Disk (HD) als wichtigste digitale Speichereinheit in nahezu jedem PC anzutreffen ist.

Gegenüber der Aufzeichnung auf Video-Bändern hat die rotierende Magnetplatte, zentrales Bauteil des Zeitlupengeräts, den grundsätzlichen Vorteil, dass innerhalb kürzester Zugriffszeiten jede gespeicherte Information angesteuert werden kann, sofern man ihren Speicherort kennt und den Magnetkopf schnell und präzise genug dort positionieren kann – ein Regelungsproblem, das Transistorsteuerungen und Mikroprozessoren optimal lösen können. Auf alle Fälle sind keine zeitaufwendigen Umspulvorgänge erforderlich, wie bei Bändern üblich. Allerdings war zur fraglichen Zeit – im Jahr 1968 – die Speichertechnik noch nicht soweit fortgeschritten, dass man längere Bildsequenzen auf solchen Magnetplatten hätte aufnehmen können; Speicherdichte beziehungsweise -kapazität waren noch weit von den heute üblichen Werten entfernt. Man griff auf einen kommerziellen Plattenspeicher zurück, der maximal 18 Sekunden lang Videobilder speichern konnte (das dürfte vergleichsweise einer Kapazität von 750 MB entsprechen).

Das Funktionsprinzip der Zeitlupe zeigt Abbildung 713. Das Video-Signal wird, wie bei der MAZ üblich, frequenzmoduliert (Baustein Mod). Die Speicherplatte ist beidseitig beschichtet und wird auf der Ober- und Unterseite in konzentrischen Spuren beschrieben, und zwar von je einem Video-Magnetkopf, den ein Schrittmotor mechanisch positioniert (in der Abbildung sind die Ringköpfe zwecks besserer Darstellung um 90° gedreht dargestellt). Zu Beginn der Aufzeichnung stehen beide Köpfe auf der äußersten Spur 1 der Platte (rechts unten in Abbildung 713). Der elektronische Umschalter a legt das Signal abwechselnd so an den oberseitigen beziehungsweise unterseitigen Kopf, dass das erste Halbbild (bei 50 Hz Halbbildfrequenz 20 ms lang) auf der Oberseite (Kanal I), das zweite auf der Unterseite gespeichert wird. In den 20 ms, in denen der jeweils eine Kopf sein

Halbbild ablegt, wird der jeweils andere Kopf auf die nächste Schreibspur in Richtung Plattenmitte verfahren. Nach 18 Sekunden ist die Platte mit 450 Halbbildern oben und 450 Halbbildern unten vollständig beschrieben. Aus den technischen Daten der Plattendrehzahl (3.000 U/min) und der Halbbilddauer (20 ms) ergibt sich, dass ein Halbbild 360° einer Magnetspur belegt. Um den Anfang jeder Spur bei der Wiedergabe zu finden, schreibt ein dritter Kopf auf der Platten-Unterseite eine einzige Steuerspur für Synchronimpulse (speichern bei Aufnahme, triggern bei Wiedergabe).

Abbildung 713: Übersichts-Darstellung des IRT-Fernseh-Zeitlupengeräts mit magnetischem Plattenspeicher, Stand von 1968.



Bei der Wiedergabe können mit den gespeicherten 18 Sekunden Bildmaterial alle möglichen Zeitdehnungen und Zeitraffungen realisiert werden. Vereinfacht gesprochen, kann man etwa durch fortgesetzte Wiedergabe einer einzelnen Spur das entsprechende Bildsignal als Standbild realisieren. Wenn jede Spur zweimal abgespielt wird, bevor weitergeschaltet wird, hat man die Geschwindigkeit halbiert. Das ist natürlich mit fast beliebig anderen Verhältnissen auch möglich (erfahrungsgemäß sind für die meisten Sendungen Zeitdehnungen im Verhältnis 1:2 bis 1:5 wichtig). Wenn bei der Wiedergabe Spuren übersprungen werden, hat man eine Zeitraffung realisiert; je mehr Spuren ausgelassen sind, desto stärker die Raffung. Für sprunghafte Übergänge zwischen den Wiedergabeeffekten sorgte eine relativ komplizierte, jedoch sehr effektive Steuerung des Gesamtgeräts.

Wie gesagt, ist diese Betrachtungsweise vereinfacht. Das erste Problem entsteht schon durch das Halbbild-Verfahren: Beim Dehnen und Raffen kann man nicht einfach das Vollbild dadurch realisieren, dass man das erste Halbbild und das zweite Halbbild nacheinander zum Vollbild zusammensetzt, denn ein im Bild schnell bewegtes Objekt, etwa ein Fußball, kann in den 20 ms zwischen erstem und zweitem Halbbild eine durchaus beachtliche Strecke zurücklegen. Auf dem Bildschirm würden bei Einzelbildschaltung zwei Fußbälle nebeneinander flackernd zu sehen sein. Liefße man dagegen das zweite Halbbild fallen, würde das als verringerte vertikale Auflösung stören. Als Lösung hat sich bewährt, das zweite Halbbild identisch mit dem ersten zu machen, wobei man die Zeilen des ersten Halbbildes um eine Halb-Zeile – also 0,032 ms beziehungsweise 32 μs – verzögert wiederholt und anstelle der Zeilen des zweiten Halbbildes einspielt (625 Zeilen/Bild mal 25 Bilder/s ergibt 15.625 Zeilen/s. Daraus ergeben sich 0,064 ms/Zeile beziehungsweise 0,032 ms/Halbzeile). Technisch wird dies durch ein Verzögerungsgerät im Wiedergabekreis bewirkt.

Die zweite Komplizierung tritt auf, wenn das Verfahren bei Farbaufnahmen eingesetzt wird. Da beim PAL-Verfahren die Signale aufeinanderfolgender Zeilen gegenphasig verwendet werden, um Laufzeitfehler, also Farbfehler, zu kompensieren, würden bei der beschriebenen Nutzung der gespeicherten Daten Farben, wenn sie denn verfälscht sind, nicht richtig korrigiert werden können. Das IRT setzte deshalb eine erprobte Burst-Regenerator-Schaltung ein, die das Farbsynchronsignal, das von der Platte kommt, unterdrückt, weil es ja fehlerhaft sein könnte. Die Schaltung erzeugt aus den vorliegenden Informationen ein normgerechtes Farbsynchronsignal, welches dann in das Ausgangssignal wieder eingemischt wird. Die Erfahrungen mit der beschriebenen IRT-Technologie zeigten, dass das Auge praktisch keinen Qualitätsverlust zwischen dem Bild bei realer Aufnahme-Geschwindigkeit und bei veränderter Wiedergabe-Geschwindigkeit feststellt. Dabei kommt dem Verfahren zugute, dass das Auge kleine Farbfehler „verzeiht“, kritischer wäre eine Unschärfe, die hier zu vernachlässigen ist.

Das Verfahren würde – so wie beschrieben – etwa beim Skispringen bestens arbeiten: da leicht zu erkennen ist, wann die interessante Phase des Sprunges beginnt, wird dann auf der Platte die Aufzeichnung gestartet, die bei der anschließenden Wiedergabe gedehnt werden kann. Bei anderen Sportarten, etwa beim Fußball, ist meist nicht vorhersagbar, ab wann eine Zeitdehnung interessant sein könnte. In diesem Fall wird man entweder das Ereignis „normal“ aufzeichnen und Zeitdehnungen mit dem aufgenommenen Material zu einem späteren Zeitpunkt durchführen (wobei natürlich der Vorteil der Aktualität verloren geht), oder man könnte, parallel zu einer konventionellen Aufnahme, während des ganzen Spieles auf der Platte aufnehmen und nach jeweils 18 s wieder von vorne beginnen, wobei die zuvor bespielten Spuren gelöscht werden. Mit den jeweils letzten 18 s könnte jederzeit eine Zeitlupe realisiert werden, wenn auch im Allgemeinen nicht mit der ersten Zeile auf der Platte begonnen werden dürfte.

Das Steuergerät erlaubt die unterschiedlichsten Zeitdehnungen und Raffungen, sogar den Rückwärtslauf. Im Normalbetrieb wird man allerdings das Eingangssignal direkt auf den Ausgang schalten (Schalter g), also das Zeitlupengerät überbrücken. Unabhängig davon und parallel dazu kann das Signal auch auf der Magnetplatte aufgenommen werden, so dass bei interessanten Szenen sofort das Signal der letzten 18 s verfügbar ist, zum Beispiel für eine gedehnte Darstellung.

Welterfolg: Helical Scan plus Magnetband-Kassette

Was hatten Video-Systeme auf Basis Magnetband (außer ihrem „Geburtsvorteil“, der Fähigkeit zur Aufnahme wie zur Wiedergabe), den „nichtmagnetischen“ Systemen entgegenzusetzen? Der Konstruktionswirrwarr der „open reel video recorder“, dem auch ein Konsens-Beschluss der japanischen Industrie Anfang der 1970er Jahre kein Ende machte, zeigte nur zu deutlich, dass die Elektronik-Industrie zwar im Videorecorder den Milliardenmarkt der Zukunft erkannt hatte, sich aber zu keiner gemeinschaftlichen Lösung durchringen konnte:

Und hier geht der Partikularismus der firmeneigenen Normen, die phantasiereiche Abgrenzung gegen die technische Konkurrenz, bereits bis zur Absurdität. Eine „Patentlösung“ jagt die andere, wird lautstark propagiert – aber auf welchem Gleis sich der „Video-Kassetten-Zug“ nun wirklich und endlich in Bewegung setzt, weiß noch keiner.³⁸³⁸

Das Schlüsselwort dieses Zitats, „Video-Kassette“, besagt nicht nur, dass das Videoband in einem schützenden Behälter untergebracht ist. Es bedeutet vielmehr, gemeinverständliche Prinzipien auf die Videoaufzeichnung zu übertragen, denen schon die Compact-Cassette ihren Erfolg verdankte. Gefordert ist ein handgerechtes, (zumindest faktisch) genormtes, also austauschbares Produkt, augenscheinlich problemlos zu benutzen dank unaufdringlicher ergonomischer Gestaltung und ausgereifter Technik (bei Video nicht zuletzt, um das Band automatisch aus der Kassette herauszuziehen und um die Kopftrommel herumzulegen). Vom Endverbraucher-Produkt Videokassette wurde nicht zwingend die Aufzeichnungsqualität professioneller Geräte erwartet, vielmehr akzeptierten die Anwender, zugunsten preiswerter Recorder und Kassetten, „sichtbare“ Kompromisse (bezeichnen derweise gab es im Video-Bereich keine Entsprechung für den strapazierten Begriff „HiFi“ der Tonaufzeichnung). Das lief darauf hinaus, die Band(vorschub)geschwindigkeit zu Gunsten geringer Trägerkosten möglichst niedrig zu wählen, was wiederum zu kurzen Wellenlängen der Bandaufzeichnung und damit zu der Notwendigkeit führte, jeglichen Staub und dergleichen fernzuhalten, um die Drop-out-Zahl in erträglichen Grenzen zu halten, ganz zu schweigen von Fingerabdrücken.

Die wichtigste Voraussetzung für den Erfolg eines neuartigen Geräts – ein dem Käufer unmittelbar einleuchtender Gebrauchsvorteil – erfüllte der Videorecorder gewissermaßen doppelt: das eingebaute Empfangsteil (Tuner) machte ihn vom Fernsehgerät unabhängig, die Schaltuhr vervollständigte ihn zur „time shifting machine“, einem Gerät zum zeitversetzten Aufzeichnen und Wiedergeben von Fernsehprogrammen, das seinen Besitzer vom starren Fernsehprogrammablauf unabhängig(er) machte.

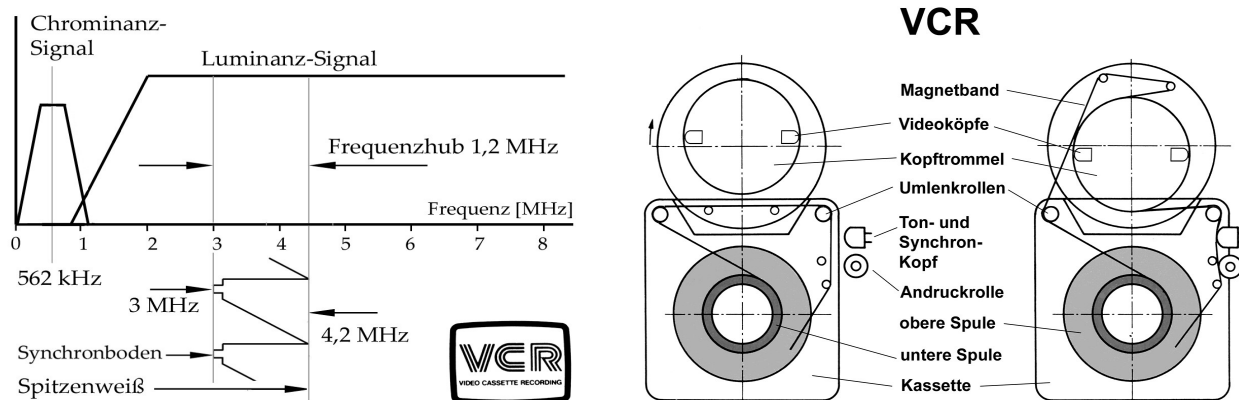


Abbildung 714: Das Frequenzschema (LINKS) und die Bandführung des VCR-System (RECHTS).

Philips und Partner: Video Cassette Recorder (VCR, 1971)

Das erste endverbraucher-gerechte, „wohnzimmerkompatible“ Bildbandgerät kündigten Philips und Grundig am 22. Juni 1970³⁸³⁹ unter dem schlichten Namen *Video Cassette Recorder* (VCR) für das Jahr 1971 an, unverkennbar als Antwort auf Sonys U-Matic-System. Das erste farbtüchtige Heim-Aufzeichnungssystem nach der Einführung des Farbfernsehens (in Deutschland zur Funkausstellung 1967) bot, lange bevor es in Deutschland Stereo-Ton im Fernsehen gab, zwei Tonkanäle in Längsspuraufzeichnung. Die beiden Entwickler konnten eine ganze Firmengruppe ins Boot holen, deren Aufzählung sich heute wie ein „who is who“ der damaligen Elektrobranche liest: Blaupunkt, Grundig, Loewe Opta, Nordmende, Saba, Telefunken, die englische Thorn Electrical, Revox <sic> und Lenco in der Schweiz sowie Zanussi (Italien)³⁸⁴⁰ – gewissermaßen in Fortsetzung der erfolgreichen Lizenz-Strategie, die Philips beim Compact-Cassetten-System verfolgt hatte. Damit schaffte VCR den Sprung

zum ersten kommerziell erfolgreichen Video-Kassetten-Format für den Heimgebrauch. Zeitweise war sogar von einem Beitritt von Sony, Matsushita und der Norelco (North American Philips Corporation) die Rede, was eine stabile Basis für einen Weltstandard abgegeben hätte.³⁸⁴¹

Prototypen des VCR-Recorders N 1500 zeigte Philips zur Funkausstellung in Berlin 1971, Grundig, in enger Kooperation mit Philips, sekundierte mit dem Recorder VR-2000 Color.³⁸⁴² Gemeinsam war beiden Modellen die Spieldauer von 1 Stunde, das eingebaute Fernseh-Empfangsteil und eine Schaltuhr als wichtigsten Voraussetzungen für das „time shifting“.



Abbildung 715
(LINKS):
BASF-VCR- und
SVC-Videokasset-
ten, etwa 1979.



Abbildung 716
(RECHTS):
VCR-Kassette
„long play“, 1977.

In der VCR-Kassette, mit den Abmessungen 126 x 148 x 35 mm fast quadratisch und leidlich handlich, lagen koaxial übereinander zwei Flanschspulen für das 12,7 mm breite Magnetband, das mit der Bandvorschub-Geschwindigkeit 14,29 cm/s lief.³⁸⁴³ Zu den mechanischen Feinheiten aller seitherigen Videokassetten-Recorder gehört die komplizierte Bandführungs-Automatik, die das Magnetband selbsttätig aus der Kassette herauszieht und um die Kopftrommel samt den notwendigen Bandführungen einfädelt. Was Preise angeht, brachte die VCR-Ankündigung freilich nicht den großen Durchbruch: die Seriengeräte sollten DM 2.800 kosten und die unbespielte 1-Stunden-Kassette mit 1/2-Zoll-Chromdioxidband DM 140 (Crolyn von duPont, wie schon beim LDL 1000). Die ersten N 1500 gingen überwiegend an Industrieunternehmen, Schulen und Universitäten; ab 1972 erschienen sie auch im Handel, nach und nach in ganz Europa, als die Sonderversionen für England und Frankreich entwickelt waren. Bis zum Sommer 1973 hatte Philips 40.000 Geräte produziert,³⁸⁴⁴ darunter auch wesentliche Komponenten für die Geräte der Systempartner Blaupunkt (Videotronic), Loewe-Opta (Optacord 700 Color), Nordmende (Videovision), Saba (VCR-Saba) und Telefunken (VR 40).³⁸⁴⁵

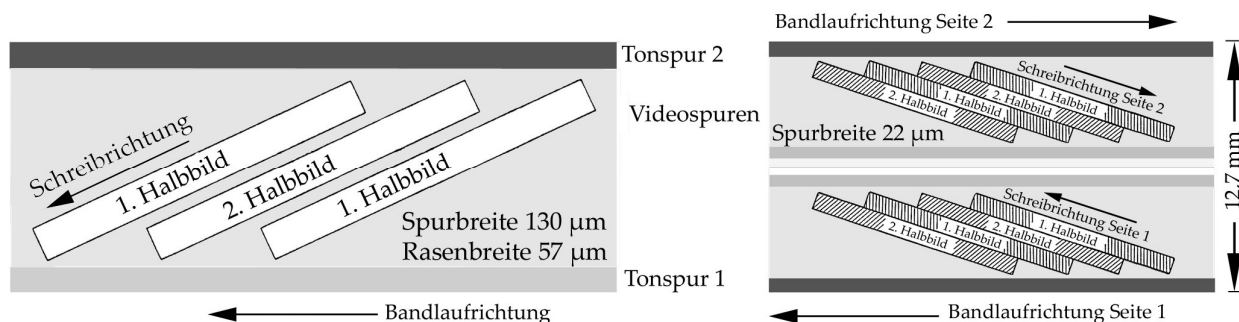


Abbildung 717: Spurbilder der Grundig-Philips-Systeme VCR (LINKS) sowie Video 2000 (RECHTS) – Ergebnis neunjähriger Entwicklung.

Wenn die Geräte der verschiedenen Hersteller auch in Sachen Kassette, Bild- und Spurformat kompatibel waren, zeigten sie firmentypische Ausstattungs-Unterschiede ebenso wie generelle Gemeinsamkeiten. Dazu gehörten vor allem eingebaute Tuner, womit die Recorder unmittelbar von der Antenne aufnehmen konnten, sowie entsprechende Demodulatoren. Zur Wiedergabe wurde das aufgezeichnete Videosignal am Ausgang des Recorders von einem Modulator in ein sendefähiges Fernsehsignal umgewandelt, das, über den Antenneneingang in das Fernsehgerät eingespeist, über seinen Tuner angewählt wurde. Damit konnte Programm 1 angeschaut und gleichzeitig Programm 2 aufgezeichnet werden – ein neuer, jedermann unmittelbar einleuchtender Gebrauchsvorteil, der natürlich bei allen zukünftigen Heimvideo-Aufzeichnungssystemen beibehalten wurde.

Die wesentlichen Lauffunktionen waren automatisiert. Die größte konstruktive Leistung war wohl das selbständige Ein- und Ausfädeln des Bandes, denn anders als bei der Audio-Compact-Cassette muss aus der Video-

Kassette ein Bandstück so weit herausgezogen werden, bis es (bei VCR) die rotierende Kopfscheibe um 180° umschlingt, und in dieser Position ist es während Aufnahme und Wiedergabe zu führen.

Die ersten Grundig- als auch bei Philips-VCR- Geräte hatten ausnahmslos mechanische Laufwerksteuerung. Grundig führte im Laufe der Marktentwicklung das vollelektronisch gesteuerte Bandlaufwerk ein. Diese Automatik ermöglichte die Aktivierung des Recorders sowie das Ein- und Ausfädeln des Bandes elektronisch unter anderem mit Stellmotoren. Eine weitere attraktive Innovation: VCR-Geräte wurden dadurch fernbedienbar. Je nach Recordertyp waren sie mit elektronischen Schaltuhren ausgerüstet, mit deren Hilfe zu beliebiger Zeit aufgezeichnet werden konnte. Auch dieses Novum wurde von allen nachfolgenden Systeme in mehr oder weniger abgeänderter Form übernommen. Die Bildqualität der VCR-Geräte war etwa vergleichbar mit denen der Nachfolger-Systeme Betamax und VHS. Die Aufzeichnung erfolgte auf einem ½ Zoll (12,67 mm) breiten Chromdioxid-Magnetband. Die Bandspulen waren übereinander angeordnet; dies ermöglichte recht große Spulen in einem relativ kompakten Format.

Das VCR-System wurde ab 1978 von den neuen Systemen Betamax, VHS und Video 2000 unter anderem wegen der handlicheren Kassetten vom Markt verdrängt. Die Geräte des ursprünglichen Systems waren jedoch bis 1989 lieferbar, um die oft umfangreichen Schulfernseh-Archive, die in diesem System angelegt worden waren, abspielbar zu halten. – Zu den Systemkennzeichen des VCR-Systems und seinen Weiterentwicklungen siehe auch Tabelle 18, Seite 589).



Abbildung 718: Die Videokassette Betamax.



Abbildung 719: Im Größenvergleich: VHS- (LINKS) und Betamax-Kassette (RECHTS).

Sony Betamax: Vorhut der japanischen Offensive gegen Grundig / Philips VCR

Um 1970 lag Japan für Europa und USA noch in weiter Ferne, eben *Fern-Ost*, und so lösten sich die japanischen Firmen unbemerkt nach und nach von ihrem Image der zwar geschickten, aber ziemlich robusten „Nachmacher“, deren Produkte sich allerdings – und damit begann der Aufstieg der japanischen Industrie – durch stetig angehobene Qualität auszeichneten. Was im Westen, also Europa und USA, niemand rechtzeitig erkannte, war die konsequent ausgebaute Qualitätsstrategie der Fernost-Hersteller. Hier verband sich ein gewisses nationales Ethos mit weitsichtiger Planung, denn ein hoher, sozusagen „institutionalisierter“ Qualitätsstand ist nicht nur Garant für anhaltende Markterfolge, sondern auch und vor allem für eine rationelle, gewinnträchtige Fertigung. Europas Hersteller hätten gut daran getan, diesen Aspekt der japanischen Produktion ihrerseits nachzustellen – und das Geschick einiger führender japanischer Firmen in Marketingfragen nicht zu unterschätzen.

Philips hatte mit dem VCR-System eine solide Innovation erreicht, die dem holländischen Unternehmen einen technischen Vorsprung von zwei, drei Jahren gab und hoffen ließ, den Compact-Cassetten-Erfolg auf dem noch gewinnträglicheren Video-Gebiet wiederholen zu können. Doch der Absatz ließ mehr als zu wünschen übrig:

Den naheliegenden Versuch, den neuen Recorder in Ländern mit mehr Farbfernseh-Zuschauern abzusetzen, hatten sich die Philips-Manager durch eine eindrucksvolle Fehlleistung verbaut [...] Mit Sony, ihrem einzigen, halbwegs ernsthaften Konkurrenten auf dem Video-Markt, hatten die Holländer eine Art Gebietsschutz vereinbart. Danach war Philips gehalten, das seinerzeit einzigartige Video-System VCR [...] nur in Europa zu vertreiben. Sony hatte sich bei der Absprache Amerika und Japan reserviert. Den Japanern verschaffte die freiwillige Selbstentlebung der Konkurrenten wertvollen Zeitgewinn. [...] Das Gentlemen's Agreement mit den Europäern lief Mitte der Siebziger ab.³⁸⁴⁶

Natürlich arbeitete auch die japanische Industrie um 1971 / 1972 an Video-Kassetten-Geräten, z.B. für die Einloch-Kassette EIA-J Type I Cartridge, in die das Band vor dem Herausnehmen erst wieder zurückgespult werden musste, und dem Koaxial-Spulen-System VX-2000 von Matsushita. Nach diesen erfolglosen Ansätzen kam ein Durchbruch in Sicht, als Sony das U-matic-System für den Endverbrauchermarkt so weit verkleinern konnte, dass die Kassette für 1 h Spielzeit nur 15,6 x 2,5 x 9,6 cm maß³⁸⁴⁷ und mit ½-Zoll-Chromdioxid-Band auskam.

Mittlerweile war die „*slant azimuth method of video recording*“ zum Standard geworden, und da die Videospulen hierbei ohne Schutzstreifen „dicht an dicht“ liegen, nannte Sony das 1975 eingeführte System Betamax (meist Beta abgekürzt; was im Japanischen „dicht“ bedeutet; als Produkt-Symbol diente nichtsdestoweniger der Klein-

buchstabe beta, β , des griechischen Alphabets). So war der Systemname ein dauernder Hinweis darauf, dass Sony mit Betamax das *azimuth recording* im Heim-Videosektor eingeführt hatte. Mit den zueinander schräg gestellten Kopfspalten wird Spur an Spur ohne trennenden Rassen aufgezeichnet (siehe Abbildung 662, Seite 542) – eine bahnbrechende Neuerung. Das Übersprechen von den benachbarten Spuren wird dank der Schrägstellung entsprechend gedämpft. Es muss durch eine zuverlässige Regelung erreicht werden, dass beim Schreiben und Lesen der Kopf mit gleicher Schrägstellung des Spaltes die ihm zugehörige Spur durchläuft. Betamax erreichte eine horizontale Bildauflösung von 260 Linien, im Super-Beta-Pro-Mode sogar mit 280 Linien, während der Hauptkonkurrent VHS lediglich 240 Linien schaffte. Das neue System erschien 1975 erstmals in den USA – hier wurden zwischen Mai und Jahresende 1975 stolze 30.000 Betamax-Recorder ³⁸⁴⁸ abgesetzt – und Japan auf dem Markt; die Einführung in der Bundesrepublik Deutschland folgte 1978. Betamax-Anbieter waren neben Sony als Systementwickler die Firmen Fisher, NEC, Sanyo, Toshiba, Wega und Zenith.

Tabelle 16: Die Hauptstufen der Entwicklungsgeschichte von VHS und Betamax

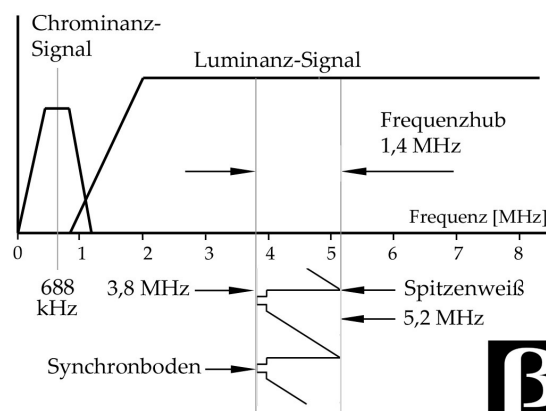
Jahr	1975	1976	1977	1979	1983	1985	1987
B	Betamax	Betamax	Beta II	.-	Beta HiFi	Super Beta	ED-Beta
VHS	.-	VHS	VHS LP-Mode	VHS EP-Mode	VHS HiFi	VHS HiQ	S-VHS

Die Tabelle zeigt, wann und wie sich die Standardtypen Betamax und VHS zu den „high-end“-Standards ED-Beta und S-VHS – unter Beibehaltung des Kassetten- und Laufwerktyps – entwickelt haben.

Betamax-Typ	Spielzeit (min)	Bandlänge (m)
L-125	30	39
L-250	65	76
L-370	95	113
L-500	130	152
L-750	195	229
L-830	215	253

Die Zahl hinter dem „L“ gibt die Bandlänge in feet an (1 ft = 0,3048 m).

Abbildung 720: Das Frequenzschema des Betamax-Systems – die etwas höhere Qualität gegenüber VHS ist vor allem dem größeren Frequenzhub zu verdanken (1 MHz bei VHS / 240 Linien gegenüber 1,4 MHz / 260 Linien bei Betamax).



Die Betamax-Kassette bildet den Urtyp aller von Sony später auf den Markt gebrachten Systeme (in der Entwicklungs-Reihenfolge Betamax – Super-Beta – ED-Beta – Betacam – Betacam SP – Digital Betacam und schließlich Betacam SX); sie enthält die entscheidenden konstruktiven Elemente der U-matic-Kassette. Das Standardformat war die L-750-Kassette mit einer Spielzeit von 195 Minuten. Weniger verbreitet war die L-830 mit einer Maximal-Laufzeit von 215 Minuten. Und trotzdem: im Formatkrieg gegenüber VHS konnte sich Betamax nicht durchsetzen. Daran konnte auch die technisch erfolgreiche Weiterentwicklung des Formats nichts ändern.

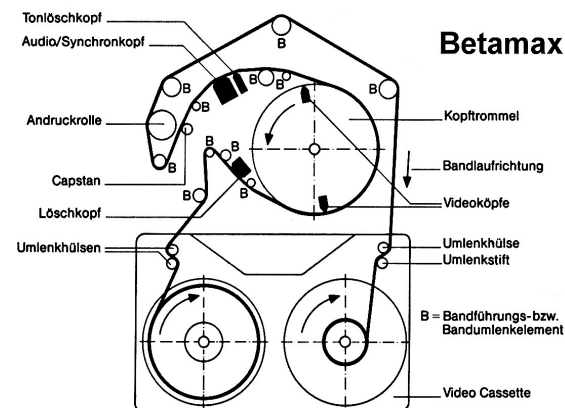


Abbildung 721: Bandführung bei Betamax-Videokassetten

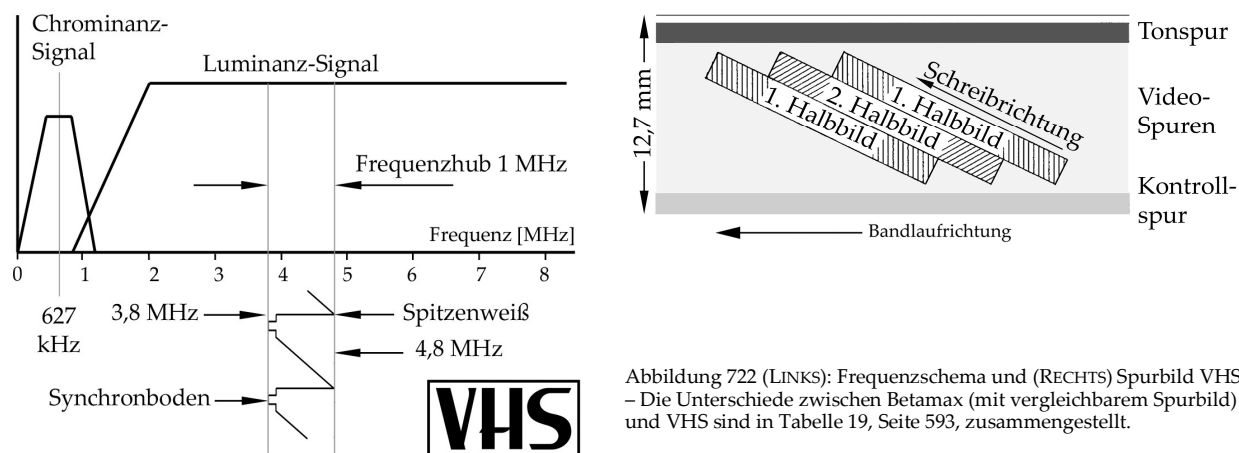
gen für bessere Störabstände und höhere Auflösung. Den Jitter minderten beide Systeme mit zusätzlichen Bandberuhigungsrollen.

Abgesehen von **Betamax HiFi** (1983), eine Parallele zur HiFi-Tonaufzeichnung im VHS-System (Seite 586), machte Sony mit **Super Beta** (1985) den ersten entschlossenen Entwicklungsschritt zu einem Heim-Video-Recorder mit bisher nicht gekannter Bildauflösung. Dabei handelte es sich um den Vorläufer von ED-Beta, das Sony 1987 (zwei Monate nach der JVC-Ankündigung von S-VHS) auf den Markt brachte, und zwar zeitgleich als Heim- wie auch als Camcorder. **ED-Beta** lieferte die beste bis dahin gekannte Bildqualität und wies zudem auch alle anderen Kennzeichen der *high-end* Recorder-Generation auf.

Die Voraussetzungen für den Qualitätssprung von Beta zu ED-Beta (wie von VHS zu S-VHS) sind dieselben: Komponentenaufzeichnung, breiterer Frequenzbereich für den Helligkeitsträger und größerer Hub sorgen

Sony ging allerdings entschlossener vor als JVC: hatte der Helligkeitsträger von S-VHS eine Breite von 7 MHz, gut für eine Auflösung von 400 Linien, setzte ED-Beta auf 9,3 MHz und erreichte 500 Linien (zum Vergleich: VHS bietet ca 250 Linien). Das FBAS-Signal wurde eingangseitig, wie bei S-VHS, in den Luminanz- und Chrominanz-Anteil gesplittet, die beiden Signale werden in getrennten Kanälen weiterverarbeitet und auch getrennt aufgezeichnet. Diese „Extended Definition“ war allerdings auch nicht mehr mit eher preiswertem Hochleistungsband wie bei S-VHS zu erreichen, vielmehr verlangte die hohe FM-Trägerlage von ED-Beta Reineisenmaterial, hier eine Variante des Betacam SP-Bandes, in der Betamax-Kassette. Und: anders als bei den VHS-Abkömmlingen konnte das ED-Beta-Kamera-Format nicht in die normale Form des Beta-Formates geschaltet werden („ED-only“). Wie S-VHS, bot auch ED-Beta zusätzlich zum Analog-Längsspur-Tonkanal zwei HiFi-Tonkanäle.

Ende 2015 kündigte Sony an, im Frühjahr 2016 würden die letzten Betamax-Kassetten verkauft; das System hatte also immerhin ein Alter von 40 Jahren erreicht und zumindest in dieser Hinsicht mit VHS gleichgezogen. Nach dem Ende der Betamax-Videorekorder-Produktion für „Endverbraucher“ im Jahr 2002 überlebten professionelle Betacam-Systeme noch für einige Zeit als letzte Fahnenträger des Systems, aber auch hier war gegen die digitalen Systeme kein Kraut mehr gewachsen. Wie so oft in ähnlichen Fällen, wüsste man gern, was aus den Millionen Betamax-Kassetten in den Archiven der Fernsehanstalten geworden ist, nachdem die Inhalte auf digitale Medien überspielt worden waren.



Generaloffensive: Video Home System (VHS)

Noch im Dezember 1974 hatte Sony versucht, Matsushitas Tochtergesellschaft JVC (Victor Co. of Japan Ltd) für ihr „Ein-Stunden-System“ Betamax zu gewinnen, doch hatte dieses Unternehmen bereits aus Marktanalysen gefolgert, dass ein Videosystem mindestens zwei Stunden Spielzeit bieten müsse, etwa um Spielfilme und Sportübertragungen aufzeichnen zu können. Bei JVC, einer damals relativ kleinen Firma, arbeite ein hochmotiviertes Entwicklungsteam neben den offiziellen Aufträgen, weitgehend ohne Kenntnis der Firmenleitung, seit längerem an einem Projekt, das im September 1976 vorgestellt wurde: dem „Video Home System“, VHS, das schon im Oktober 1976 auf den Markt kam.³⁸⁴⁹ Hatte Sony das Betamax-Gerät im November 1975 in den USA für USD 2300

angeboten, konterte JVC mit einem Gerätepreis von knapp USD 900, was nur möglich war, weil JVC mit aller Konsequenz auf übersichtliche Fertigung und einfachen Service hin konstruiert hatte. Was geschicktes Marketing angeht, sollte JVC dem Riesenkonzern Sony in Sachen Videorecorder immer eine Nasenlänge voraus sein. Da spielte es auch keine Rolle, dass Betamax etwas bessere Messwerte zu bieten hatte, weil kein (Laien-) Anwender die Unterschiede hätte feststellen können.

VHS-Typ	Bandlänge	SP	LP
E-120	173 m	2 h	4 h
E-180	259 m	3 h	6 h
E-240	348 m	4 h	8 h
E-300	435 m	5 h	10 h

Weil die Zwei-Stunden-Kapazität anfangs der Hauptvorteil des VHS-Systems war, zog das Betamax-Lager sogleich mit einer Drei-Stunden-Version nach. Als die JVC-Muttergesellschaft Matsushita 1977 die RCA (Radio Corporation of America) zum VHS-Systempartner gewinnen wollte, RCA aber auf drei, besser noch vier Stunden Spielzeit bestand und innerhalb kürzester Zeit eine entsprechende VHS-Modifikation entwickelt war, verlor Betamax mehr und mehr an Boden, obwohl auch dieses System schließlich z.B. mit der Betamax-Kassette L-750 Spielzeiten bis zu 215 Minuten (PAL), im Langspielmodus mit L-830 schließlich 300 min erreichte (Betriebsart NTSC, Beta III).³⁸⁵⁰ 1981 war Betamax in den USA auf einen Marktanteil von 25 % zurückgefallen; 1987 beherrschte VHS den Markt zu 95 %.³⁸⁵¹ Als Konsequenz nahm Sony 1988 die Produktion von VHS-Recordern auf, fertigte aber Betamax-Recorder für den japanischen Markt bis zum Jahr 2002 weiter.³⁸⁵²

In Europa, wo die PAL-Versionen von Betamax und VHS gleichzeitig erschienen (Vorstellung: Funkausstellung Berlin 1977, Markteinführung: Mai 1978), hatte Betamax von Anfang an die geringeren Chancen. Die Magnetköpfe der PAL/SECAM-Betamax-Maschinen mit 195 min Spielzeit mussten den fertigungstechnisch bedenklichen Winkel von 180° 17' 17" einschließen; außerdem sahen Techniker der Lizenz-Interessenten beim Farbsignal Probleme (obwohl es in der Praxis damit kaum Schwierigkeiten gab),³⁸⁵³ und so ging die europäische Industrie, Grundig und Philips vorerst ausgenommen, ins VHS-Lager über, das heißt, sie ließ die Geräte im jeweiligen Haus-Design überwiegend in Japan, später auch in Süd-Korea, fertigen.

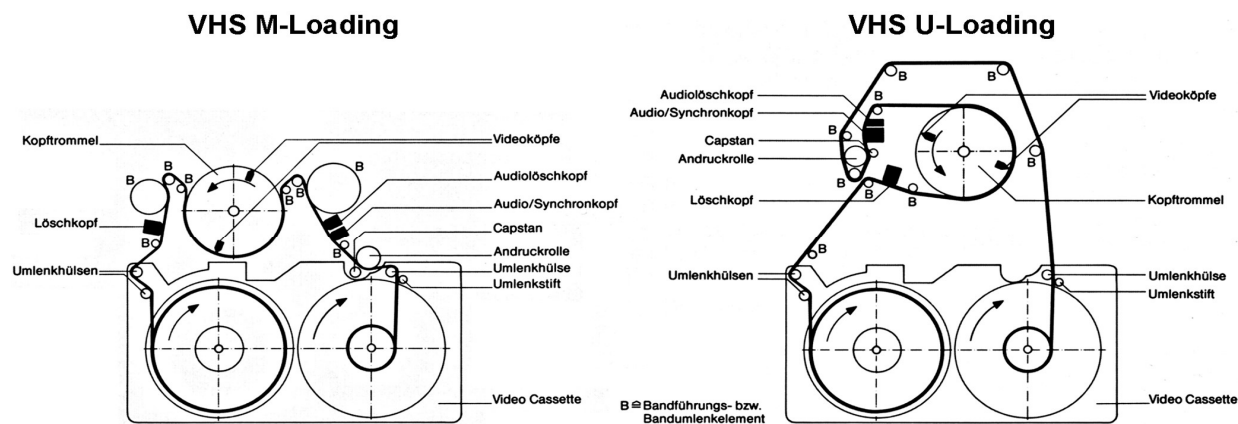


Abbildung 724: Bandführung im VHS-System, M- und U-Loading.

Neue Töne: HiFi-Tonaufzeichnung auch bei Heimvideo-Systemen

Das VHS-System bot für monofone Tonaufzeichnung zunächst nur eine Längsspur am oberen Bandrand. Hier wurde der „Begleitton“ konventionell mit Vormagnetisierung aufgezeichnet, der aber nur bescheidene Dynamik und Frequenzumfang – vor allem wegen der relativ niedrigen Bandgeschwindigkeit – zu bieten und zudem unter der empfindlichen Bandkante zu leiden hatte. Abhilfe schaffte Matsushita 1983 mit den ersten „hifi-tauglichen“ VHS-Videorecordern. Sie konnten zwei stereotüchtige Tonkanäle mit bemerkenswertem Störabstand und Frequenzumfang in die Videospur schreiben (so dass, angesichts stets fallender Kassettenpreise, ein HiFi-Videorecorder mit vier Stunden Spielzeit der E 240 auch ein Spulentonbandgerät hätte ersetzen können). Zusätzlich zu den Videomagnetköpfen wurden dazu zwei Audioköpfe mit relativ breitem Kopfspalt auf das Kopfrad montiert, die – so die modellhafte Erklärung – zuerst die frequenzmodulierte Audioaufzeichnung in die Tiefe der Magnetschicht schrieben; darüber kam danach die eigentliche Videoaufzeichnung zu liegen. Wegen der Frequenzmodulation brauchte die Audioaufzeichnung keine Vormagnetisierung; Tonhöhenchwankungen waren nicht zu bemerken.

S-VHS, die analoge „high end“-Version des Video Home System

S-VHS, die 1987 von JVC vorgestellte Weiterentwicklung des VHS-Standards, nutzte konsequent die seit 1975 erzielten Technologie-Fortschritte bei Magnetbändern und Magnetköpfen. Der S-VHS-Standard wurde bewusst auf Aufwärtskompatibilität ausgelegt, das heißt, S-VHS-Recorder konnten „normale“ VHS-Kassetten wiedergeben und auch im VHS-Standard bespielen (VHS-Recorder können jedoch S-VHS-bespielte Kassetten nicht wiedergeben). Damit lagen so wesentliche Parameter wie Spurbild und Kassetten-Design fest.

Die Fortschritte brachte das weiterentwickelte Videosystem. Dazu wurden die Trägerfrequenz des Luminanzsignals und der Modulationshub angehoben, womit im Helligkeitskanal höhere Auflösung und größerer Störabstand erreicht wurden, was sich in einer gegenüber VHS deutlich verbesserten Bildqualität niederschlug: 250 Linien Auflösung bei VHS, 420 Linien bei S-VHS. So liegt die kleinste nutzbare aufgezeichnete Wellenlänge bei S-VHS bei $0,68\text{ }\mu\text{m}$, im Vergleich bei VHS bei $1,01\text{ }\mu\text{m}$ (PAL), was jedoch Kassettenbänder mit höherer Koerzitivfeldstärke verlangte (VHS-Band: ca. $47 - 60\text{ kA/m}$ ($600 - 750\text{ Oe}$), S-VHS ca. 72 kA/m (900 Oe)). S-VHS-Recorder können VHS-Kassetten abspielen und auch im VHS-Standard bespielen.

Um die Qualitätsverbesserungen der Aufzeichnung tatsächlich zu realisieren, war es notwendig, am Eingang wie am Ausgang eines S-VHS-Recorder das Luminanz- vom Chrominanz-Signal konsequent zu trennen. Also war es ratsam, diejenigen Video-Ausgänge zu benutzen, deren Signale direkt in den AV-Eingang eines Fernsehgeräts eingespeist wurden. S-VHS-Geräte besaßen daher einen „Hosiden“-Stecker, bei dem Luminanz- wie Chrominanz-Signal an getrennten Kontakten liegen.

S-VHS konnte natürlich auch den Stereo-Ton in HiFi-Qualität aufzeichnen. Neben den „analogen“ Audio-Längsspuren parallel zur Bandkante waren zwei frequenzmodulierte Tonkanäle in der Frequenzlücke zwischen Chrominanz- und Luminanzkanal installiert. In einer weiteren Version befand sich ein PCM-Audiokanal in magnetischer Tiefschrift unter dem FM-Luminanzsignal, so dass S-VHS, last but not least, über mehrere voneinander unabhängige Stereo-Tonkanäle mit hervorragender Tonqualität verfügte. – S-VHS hat wegen der höheren Geräte- und vor allem Kassettenpreise niemals mit Standard-VHS vergleichbare Marktanteile erobert. Populärer waren die ebenfalls 1987 / 1988 vorgestellten Camcorder für S-VHS-C-Kassetten ³⁸⁵⁴ (Seite 595).

Abbildung 725: HiFi-Stereo-Tonaufzeichnung mittels Frequenzmodulation – hier das gängige Erklärungs-Schema als Tiefen-Multiplexaufzeichnung (danach schreibt der relativ breitspaltige Tonkopf – zeitlich vor der Video-Aufzeichnung – die Tonsignale tiefer in die Magnetschicht als der Videokopf). Die Trägerfrequenzen bei VHS-HiFi-Aufzeichnung sind $1,5\text{ MHz}$ für den linken und $1,8\text{ MHz}$ für den rechten Kanal. Die beiden Kopfspalte sind um 36° (Videokopf -6° , Tonkopf $+30^\circ$) gegeneinander versetzt, was gegenseitige Beeinflussung der Aufzeichnungen praktisch ausschließt.

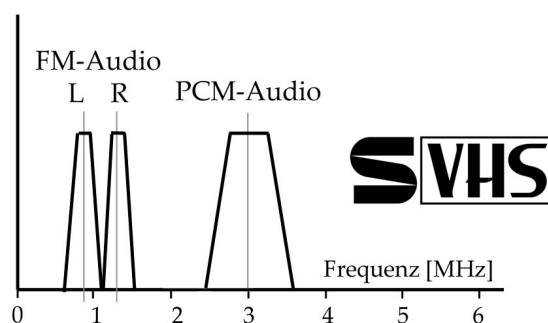
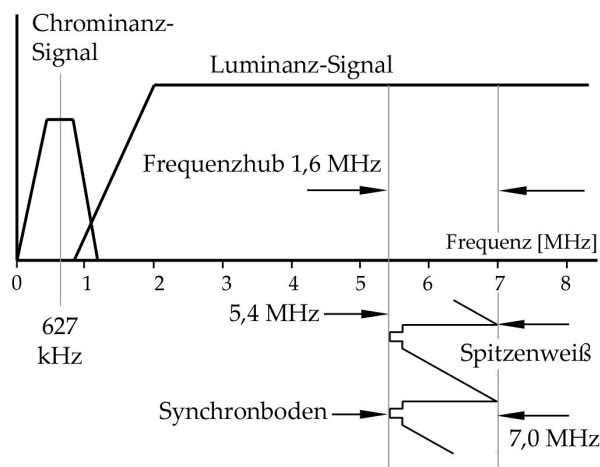
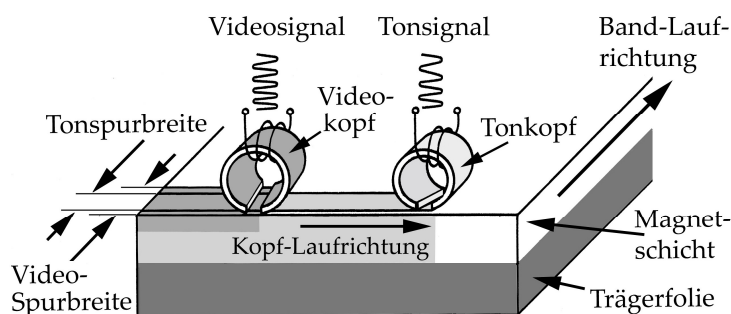


Abbildung 726: Frequenzschema der S-VHS-Aufzeichnung. (LINKS): Videosignale, (RECHTS): Tonsignale in frequenzmodulierter sowie PCM-Aufzeichnung (S-VHS Digital Audio): Sampling-Frequenz bei Zweikanalaufzeichnung 48 kHz , im Vierkanalbetrieb 32 kHz . Trägerfrequenzen für FM-Aufzeichnung wie bei VHS (VHS: Auflösung: ca 250 Linien; S-VHS: ca 420 Linien).

D-VHS und W-VHS: VHS wird digital



Von den über S-VHS hinausgehenden Entwicklungen auf VHS-Basis kam nur D-VHS zu einer gewissen Bekanntheit. Zu den seit 1996 bekannten Parametern des 1998 auf den Markt gelangten Systems zählten, in guter japanischer Tradition, die Rückwärtskompatibilität zu VHS und S-VHS, das heißt, private Archive wurden ebenso wenig entwertet wie der Zugriff zum Markt der vorbespielten Videokassetten versperrt: die Geräte konnten im üblichen analogen VHS- (teils sogar S-VHS) Format aufzeichnen und wiedergeben. Für Digital-Aufzeichnungen verlangte D-VHS ein spezielles Band, das als „besonders gute S-VHS-Qualität“ beschrieben wurde. Das ursprünglich Data-VHS genannte System war zunächst als universeller Speicher für vielfältigste digitale Signale gedacht (daher die Angabe der Speicherkapazität in GB), doch schrumpfte dieser Anspruch schnell auf die reine Videoaufzeichnung – „Digital-VHS“ – mit freilich beachtlicher, durchaus mit DVD konkurrierender Qualität zu hohen Gerätepreisen,

verglichen mit VHS und selbst S-VHS. Die langen Spielzeiten – mit DF 300, einem SE-180-ähnlichen Typ, fünf Stunden, mit dem Langspieltyp DF 420 sieben Stunden – waren der Spurbreite von 29 µm beziehungsweise der Vorschub-Geschwindigkeit von nur 1,667 cm/s zu verdanken.

D-VHS blieb, hierin mit DCC und DAT vergleichbar, der einzige Anlauf, die Vorteile der Digitaltechnik für den Markt der stationären Heimvideogeräte nutzbar zu machen. Wie etwa zehn Jahre vorher die CD, insbesondere die CD-R, den Audio-Digitalkassetten das Wasser abgegraben hatten, konnte sich D-VHS gegen die DVD, und konsequenterweise gegen die DVD-R, nicht behaupten. Preiswerten Festplatte mit Terabyte-Kapazitäten oder gar der Blu-ray Disc (BD) hätte D-VHS ohnehin nichts entgegenzusetzen gehabt.

Nahezu unbekannt blieb W-VHS, das die Aufzeichnung von HDTV-Sendungen erlauben sollte; der Anlauf in den USA und Japan im Jahr 1994 blieb ohne Erfolg.³⁸⁵⁵

Ende ohne Glanz: VHS verdämmt

Um das Jahr 2015 verschwand das VHS-System mit allen seinen Spielarten und Weiterentwicklungen – ein *offizielles* Finale war angesichts der zahlreichen Geräte- und Kassetten-Hersteller genaugenommen auch nicht zu erwarten. Nach und nach lief nach der Jahrtausendwende die Geräte-Produktion aus, immerhin erst Jahre später die Produktion der Kassetten, mit denen kleine Produzenten zuletzt einen Nischenmarkt bedient hatten.³⁸⁵⁶ Was überlebte, waren Klein-Unternehmen, die für Privatpersonen VHS-Kassetten auf DVD überspielten. Unvermeidlich wurde dabei das Gerücht von schwindender Bildqualität der Antiquitäten wieder aufgewärmt – dass hochauflösende digitale Videoformate, zudem auf Bildschirmen vorher nie gekannter Größe, nur schonungslos die *damaligen* technischen Grenzen „vor Augen führen“, wollte mancher partout nicht wahrhaben.

Tabelle 17: Allianzen und Strategien – Systempartner von VHS, Betamax und Video 2000 (Stand 1979) ³⁸⁵⁷

		 (Betamax)	
AEG-Telefunken	Quasar	Aiwa	Bang & Olufsen
Akai	RCA	Bush	Grundig
Blaupunkt	Saba	Geeral	ITT
Eskei	Sansui	Fisher	Körting
Fisher (GB)	Sharp	NEC	Loewe-Opta
GEC	Technics	Palladium (= Neckermann)	Marantz
Graetz	Thomson-Brandt	Sanyo	Metz
Hitachi	Thorn EMI (Ferguson,	Sony	Philips
JVC	Baird)	Toshiba	Pye
Mitsubishi	Trio-Kenwood	Universum (= Quelle)	Siemens
National Panasonic	Universum (= Quelle)	Wega	Uher
Nordmende	Zenith		Universum (= Quelle)

Europas Trümpfe stechen nicht: Philips und Grundig erfolglos

Was hatten Grundig und Philips gegen Betamax und VHS aufzubieten? Die beiden Häuser wollen von 1972 bis 1977 rund 200.000 Videorecorder verkauft haben, etwas bescheiden gegenüber den 300.000 Geräten, die Sony innerhalb von zwei Jahren in Japan und USA absetzen konnte.³⁸⁵⁸ Die Folge:

Für VCR [...] stehen die Chancen nicht mehr so gut. Einerseits hat das System international bislang nur mäßigen Erfolg einheimen können. Andererseits haben die VCR-Kinderkrankheiten europäische Kunden vergrätzt. VCR-Geräte, klagte ein Fachhändler, hätten ihn teilweise an Garantieleistungen bis zum Dreifachen des Einkaufspreises gekostet. Das Abspielen von VCR-Kassetten auf anderen als den Aufnahmegeräten hat sich nicht immer als unproblematisch erwiesen.³⁸⁵⁹

Alarmieren mussten auch Schlagzeilen wie „Akai kommt mit dem Drei-Stunden-Videoband ... Die japanischen Unternehmen setzen auf VHS“ oder „Die Videorecorder-Offensive beginnt zu rollen“.³⁸⁶⁰ Philips und Grundig hatten zur Funkausstellung 1977 eine VCR-Weiterentwicklung, VCR Longplay, vorgestellt, die die ursprüngliche Spielzeit von 65 Minuten auf drei (und mit SVR sogar auf fünf Stunden) erweiterte. Standard-VCR, mehr und mehr in den Ausbildungsbereich abgedrängt, benutzte zwar die gleichen Kassetten, aber die Aufzeichnungen des einen Systems konnten nicht mit Recordern des anderen Typs abgespielt werden.³⁸⁶¹ Die 1978 anstehenden publikumswirksamen Sportereignisse (Ski- und Fußballweltmeisterschaft) sorgten für einen leidlich guten Start der um 2.800 DM teuren VCR Longplay-Geräte.

Grundig überholte im Alleingang Philips (Mai 1978) mit SVR (Super Video Recording, fünf Stunden Spieldauer) und stellte daraufhin die Produktion von VCR Longplay ein.³⁸⁶² Die schwer verständliche Strategie des mittlerweile siebzighjährigen Max Grundig hatte Schwachstellen: Philips zog bei SVR nicht mit, und auch SVR war weder mit Standard-VCR noch mit VCR Longplay kompatibel, das heißt, wie schon bei VCR-Longplay konnte ein SVR-Gerät die – äußerlich gleichen – älteren Video-Kassetten nicht einmal abspielen.³⁸⁶³ Informationen über ein völlig neues System von Philips und Grundig, die schon 1978 durchsickerten,³⁸⁶⁴ taten ein Übriges, um Handel und Verbraucher, irritiert von fünf Systemen im Markt sowie der BASF-Ankündigung des LVR-Systems (S. 577), eher abwartend reagieren zu lassen. Dass die Industrie im Videorecorder das lange gesuchte Anschlussprodukt an den Farbfernsehgeräte-Boom sah und Philips und Grundig hofften, die japanische Konkurrenz mit ihren Systemen auszusteichen und sie, wenn nicht als Welt-, so doch wenigstens als Europa-Standard durchzusetzen,

dürfte der Hauptgrund für solche kurzsichtigen Schwenks gewesen sein (zu den entsprechenden Marketing-Strategien siehe Seite 533). Im striktem Gegensatz dazu stand die kundenbewusste Orientierung in Fernost:

Zur Philosophie der Japaner gehörte es von Anfang an, das einmal gewählte Kassetten-Format unbedingt beizubehalten und nur das Gerät weiterzuentwickeln. Der Grund ist einleuchtend: Jeder Formatwechsel macht bisher verkaufte und vom Kunden bespielte Kassetten mit einem Schlag wertlos, wenn ein neues Gerät angeschafft wird, das andere Bänder verlangt. Oder – aus der Sicht der japanischen Marktstrategen: Eine teure Videothek mit einem schon heute nicht seltenen Materialwert über tausend Mark bindet ans System. Philips und Grundig scherten sich bisher jedoch kaum um solche Rücksichten, sicher ein Grund für ihr schlechtes Abschneiden gegenüber der Fernost-Konkurrenz, die dem Video-Interessenten in diesem Punkt offenbar mehr Vertrauen einflößt. Kein Wunder: VHS und Beta hatten vom Start weg wesentlich kleinere und damit zukunftsichere Kassetten als Philips und Grundig.³⁸⁶⁵

Tabelle 18: Videorecorder-Systeme auf dem deutschen Markt, Stand 1978 / 1980 ³⁸⁶⁶

System	Hersteller	Einführung	Maximale Spieldauer	Bandlänge	Preis für 1 h Aufnahme
VCR (Video Cassette Recording)	Philips, Grundig	Mai 1972	60 min (ab 1978 82 min)	520 m (ab 1978 512 m)	≈ DM 140, ab 1978 ≈ DM 56
VCR-Longplay	Philips, Loewe Opta	Juni 1977	150 min (ab 1978 180 min)	590 m (ab 1978 712 m)	≈ DM 29, ab 1978 ≈ DM 26
SVR, Super Video Recording	Grundig, ITT	Mai 1978	240 min ¹	570 m (ab 1978 711 m)	≈ DM 17, ab 1978 ≈ DM 18
VHS, Video Home System	Panasonic, JVC, Akai, Hitachi, Sharp, RCA, Nordmende, Saba	Japan, USA 1976 Europa Mai 1978	180 min	258 m	≈ DM 18
Betamax	Sony (Wega), Sanyo, Toshiba, Aiwa, Pioneer, Zenith	Japan 1975 Europa Mai 1978	195 min	222 m	≈ DM 17
Video 2000	Grundig, Philips	Juli / August 1979	2 x 240 min	-,-	-,-
LVR, Longitudinal Video Recording	BASF, Blaupunkt	für Herbst 1979 geplant	über 120 min	540 m	Kassette „konkurrenzfähig“

¹ Eine 300-min-Kassette für SVR war angekündigt, wurde aber wegen Instabilität des Bandes nicht ausgeliefert.

Japanische Produkte hatten sich, angefangen bei Fotoapparaten und Hifi-Geräten bis hin zu Autos, ein solides Qualitäts-Image erworben, im Gegensatz zu manchen Produkten europäischer Herkunft und einer hier oftmals arroganten „Kundenbehandlung“ (was sich unter anderem mit dem Erscheinen von Warentest-Zeitschriften seit Mitte der 1960er Jahre besserte). So erntete die japanische Industrie zügig die Früchte ihrer in Europa wie den USA kaum bekannten oder wahrgenommenen Qualitätssicherungs-Maßnahmen, die, wie schon gesagt, auf möglichst enge Toleranzen und deren peinliche Einhaltung abgestellt waren: Japans wirtschaftliche wie produktionstechnische Überlegenheit ist nicht zuletzt die Folge des allzu langsam aufholenden europäischen Qualitäts-Bewusstseins. Illustriert am Beispiel der Videorecorder aus Wien / Eindhoven und Nürnberg / Fürth, lief das so ab:

Zahlreiche Altkunden von Philips und Grundig sind ohnehin verärgert. Denn die Betriebssicherheit ihrer Videorecorder ließ zu wünschen übrig. Die Schadensanfälligkeit war so akut, daß sie zum Verkaufshindernis wurde. „Das ist ganz logisch“, erklärte der in Fachkreisen angesehene [Düsseldorfer Fachhändler] Evertz, „die Verkäufer scheuen die Auseinandersetzungen mit den reklamierenden Kunden und empfehlen dann lieber die weniger störanfälligen Geräte.“³⁸⁶⁷

Und, wie um diese fundamentale Fehlentwicklung eines zunächst führenden europäischen Industriezweigs ein für alle Mal zu dokumentieren, schrieb DIE ZEIT unter der Überschrift „Den Vorsprung verstolpert“ weiter:

Sieben Jahre danach steht Philips vor dem Scherbenhaufen einer verfehlten Marktpolitik. Der Vorsprung von damals ist erstaunlich dürrtig verwertet, und außer einem Schatz an bitteren Erfahrungen steht wenig auf der Habenseite. Denn jetzt, da das Geschäft mit dem neuen Spielzeug Videorecorder auch in Europa interessant zu werden beginnt, die Absatzzahlen sich von einem aufs andere Jahr verdoppeln und fette Gewinne winken, ist nicht Pionier Philips mit seinem VCR-System souveräner Marktführer, sondern ein japanischer Konzern, der viel später startete: Matsushita.

Geräte nach der Matsushita-Norm VHS (Video Home System) haben sich in den drei Jahren seit 1975 nicht nur in den USA zum Bestseller gemausert, sondern nun auch hierzulande die Spitzenstellung errungen, obwohl sie erst seit einem Jahr auf dem Markt sind. Dritter im Kampf der Systeme, die untereinander sämtlich nicht austauschbar sind, ist die zweite japanische Firma Sony mit ihrem System.

Das Ziel des Wettlaufs ist klar: Wem es gelingt, sein System als das Standard-System der Zukunft einzuführen, dem winken die dicksten Rosinen, den Verlierern bestenfalls Lizenzen:

Mag sein, dass Philips zu früh ins Rennen ging, als der Markt noch nicht reif war, möglich auch, dass umgekehrt die Verkaufsstrategien in der Werbung für das seinerzeit konkurrenzlose Gerät nicht den richtigen Ton trafen, fest steht, die Kunden blieben reserviert, der Durchbruch zur Massenproduktion fand bei Philips nicht statt. Pionier Philips ließ sich von den Japanern überholen.“³⁸⁶⁸

Abgang mit fliegender Fahne: Video 2000

Was hatten Grundig und Philips den Attacken des VHS- und des Betamax-Lagers entgegensetzen? Die Antwort war ein vollkommen neues, mit keinem der hauseigenen Vorgänger auch nur im mindesten kompatiblen System, allerdings garniert mit einigen bemerkenswerten technischen Raffinessen.

Als der Artikel „*Den Vorsprung verstolpert*“ erschien (Zitat siehe oben), bereiteten Grundig und Philips gerade die Publikums-Premiere ihres Systems Video 2000 auf der Funkausstellung Berlin 1979 vor (begleitet vom Stoßseufzer eines amerikanischen Journalisten: „*In a move that could add more disorder to the already confused, multi-standard video tape recorder market ...*“³⁸⁶⁹ und der schlichten Weigerung der North American Philips Corporation [Norelco], Video 2000 in USA auch nur einzuführen³⁸⁷⁰). Was die Zahl „2000“ ausdrücken sollte, wurde nie publik (der Millenniums-Rummel lag noch in weiter Ferne), vermutlich sollte sie Zukunftssicherheit suggerieren. In der Tat war Video 2000, eine Weiterentwicklung des VCR-Systems, das technisch bisher ambitionierteste Video-Heimrecorder-Projekt: Seine Kernentwicklung war eine Wendekassette mit nebeneinander angeordneten Bandspulen, ähnlich wie die Compact-Cassette, die in beiden Laufrichtungen genutzt werden konnte und nur minimal größer als der Mitbewerber VHS ausfiel. Somit wurde das eingespulte $\frac{1}{2}$ “-Band *de facto* als $\frac{1}{4}$ “-Band genutzt; jeweils eine Hälfte der Bandbreite wurde beim Hin-, dann beim Rücklauf bespielt. Damit konnten auf einer Video-Compact-Cassette VCC 480 acht Stunden Programm untergebracht werden, mit den langspiel-fähigen Geräten der letzten Video 2000-Generation sogar 16 Stunden.



Abbildung 727: BASF Video 2000-Kassetten, etwa 1981. In der mittleren Spalte das zunächst benutzte (OBEN) und das endgültige Logo



Abbildung 728: Video-Kassette „Video 2000“

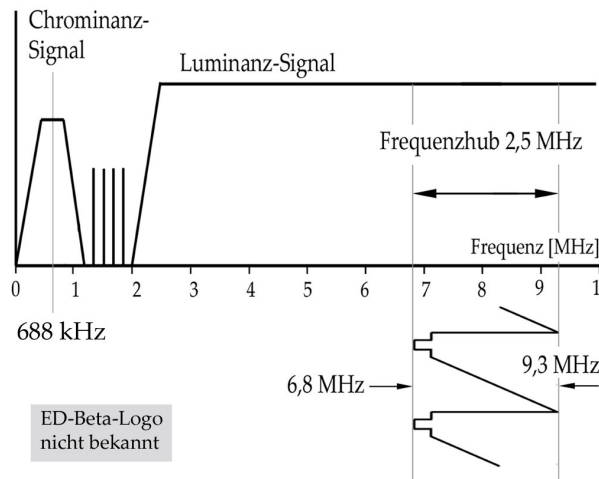


Abbildung 729: Frequenzschema ED-Beta.

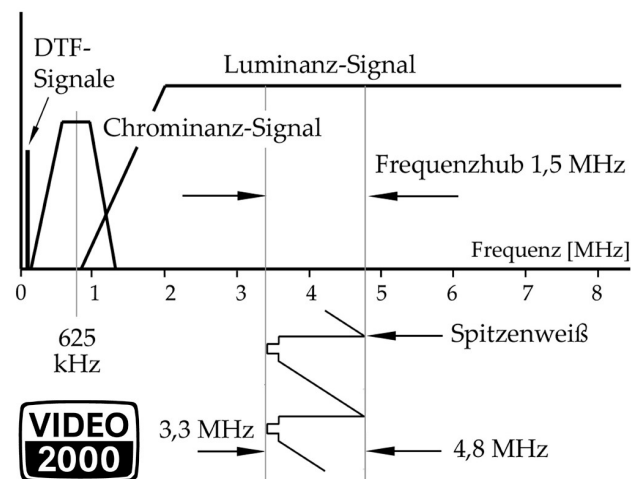


Abbildung 730: Frequenzschema Video 2000 (Spurbild siehe Abbildung 717, Seite 582).

Aber nicht nur in Sachen Bandverbrauch, sondern grundsätzlich war Video 2000 den Systemen VHS und Betamax überlegen. Sein eigentlicher technischer Leckerbissen war die automatische Kopfnachsteuerung DTF (Dynamic Track Following), eine fast revolutionäre Premiere. Während der Aufnahme sorgte DTF dafür, dass die Spuren exakt nebeneinander geschrieben wurden, bei der Wiedergabe führte es die Videoköpfe mit Hilfe einer Spurhaltesignal- oder Trackingfrequenz-Aufzeichnung automatisch exakt der Videospur nach. Zum einen vermied dies Spurlagenfehler, außerdem entfiel die sonst notwendige Synchronspur, auf der bei allen früheren Videorecorder-Systemen Synchronimpulse aufgezeichnet wurden, die bei der Wiedergabe den momentanen Drehwinkel des Kopfrades bezüglich des Bandvorschubs zu steuern hatten. Die freigewordene Bandfläche wurde für eine vollwertige Stereo-Tonaufzeichnung genutzt. Das DTF-Verfahren zur Kopfnachführung, das

sich Grundig patentieren ließ, wurde von der professionellen Aufzeichnungstechnik und 1985 auch in das Camcorder-System Video8 übernommen.

Ein weiteres Novum bei Video 2000 waren die in Grenzen beweglichen Videoköpfe. Sie wurden auf einem piezoelektrischen Träger montiert, der den „Aktuator“ bildet (Abbildung 733). Das Anlegen einer Regelspannung an das Piezoelement verändert unabhängig die Höhenposition des jeweiligen Kopfes zur Kopftrommel, und damit wird die exakte Spurnachführung der Köpfe möglich. Das Ergebnis: die Köpfe konnten (im Zusammenwirken mit den in die Videospuren geschriebenen DTF-Tracking-Frequenzen) abweichende Bandgeschwindigkeiten, also einen dadurch erzeugten Spurversatz, ausgleichen und die Videospuren präzise nachfahren. Aus der Aktuator-Regelung lässt sich nämlich bei Wiedergabe eine weitere Regelspannung ableiten, die man dem Phasenregelkreis des Bandservos zuführt und so den Bandtransport beeinflusst. Damit kann der manuelle Spurregler entfallen. Ebenso lieferte z.B. der schnelle Bildsuchlauf ein streifenfreies Bild.³⁸⁷¹ Auch dies war neu! VHS brauchte für den störfreien Bildsuchlauf zusätzliche Videoköpfe und eine technisch aufwendige Umschaltmatrix für deren Abtastsignale. DTF ist allerdings auch für das verzögerte, schließlich sehr späte Erscheinen von Video 2000 auf dem Markt (Frühjahr 1980 ³⁸⁷²) verantwortlich.

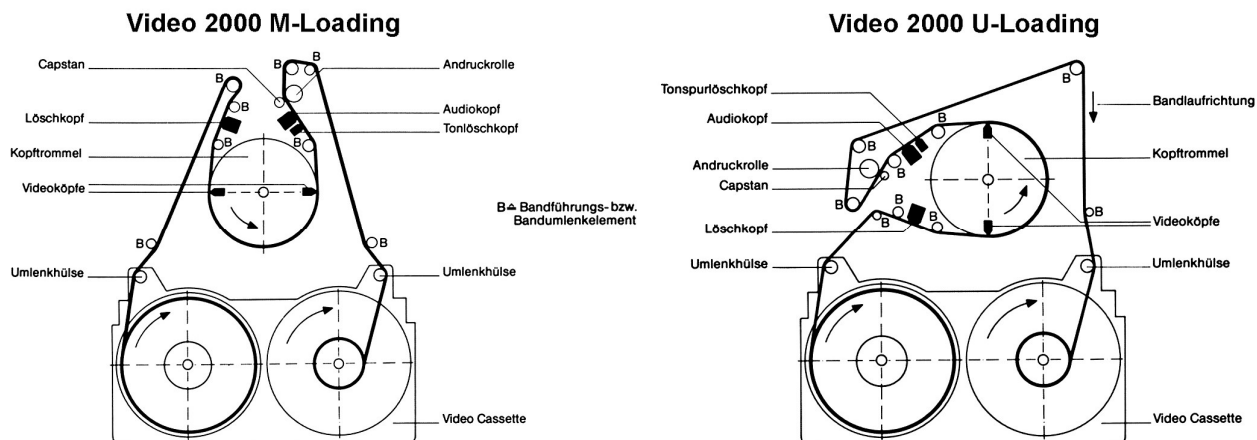


Abbildung 731: Bandführung beim System Video 2000, M- und U-Loading.

Während VHS und Betamax Mitte der 1980er mit HiFi-Stereo-Ton glänzten, war die Video-2000-Tonqualität angesichts der nur 0,25 mm breiten Stereo-Tonspuren bei 2,442 cm/s Bandgeschwindigkeit trotz des Philips-Rauschminderungssystems DNS nur mäßig.³⁸⁷³ – Alle Video 2000-Recordertypen verfügten über Infrarot-Fernbedienung.

Das Gehäuse der „Video-Compact-Cassette“ (VCC) hatte erstmals nur noch Schutzfunktion, also keine Bandführungsaufgabe mehr. Das machte seine Herstellung relativ einfach und billig. Die Kassetten waren auf jeder Seite mit drei nebeneinander angeordneten, fallweise ausgestanzten Löchern codiert, die über Kontakte vom Recorder abgeprüft wurden, so dass er die Kassettenlänge (120, 240, 360 oder 480 Minuten) sofort nach dem Einlegen erkannte. Ab der zweiten Geräte-Generation wurden die Tachoimpulse der beiden Bandteller für die Anzeige eines minutengenauen Bandzählers ausgewertet, den es bei VHS erst Jahre später und bei Betamax niemals gab.

Zusätzlich zur VCC-Standard-Kassette war ein kleineres Modell für tragbare Kamerarecorder geplant. Diese „Baby-Kassette“ bestand aus zwei Hälften, die in einem Adapter auseinandergezogen werden konnten und dann in einem Standard-Video 2000-Recorder abspielbar waren. Im Kamerabetrieb blieb die Kassette zusammengesoben. Die Spielzeit sollte 2 x 60 Minuten betragen. Dieser Kamera-Recorder namens VP 200 kam allerdings nie auf den Markt.³⁸⁷⁴

Bereits vor der Markteinführung von Video 2000 hatten VHS und Betamax große Marktanteile erringen können, außerdem gab es zu dieser Zeit schon Videotheken mit vorbespielten VHS- und Betamax-Kassetten (VHS-Anteil am Verleihgeschäft 1986: 94,5 %). Gerade das Verleihgeschäft hatte VHS so gestärkt, dass nach und nach Video 2000 und auch Betamax aus dem Markt gedrängt wurden.

So konnte auch Video 2000 trotz seiner technischen Feinheiten den Niedergang der europäischen Videorecorder-Systeme nicht aufhalten (zumal auch die Qualitäts-Misere kein Ende nahm: englische Video-2000-Käufer reklamierten 59 % der Maschinen wegen Fertigungsmängeln, bei VHS und Betamax immer noch relativierende 25 % ³⁸⁷⁵). 1981 veröffentlichte das Wochenblatt *DIE ZEIT* erste realistische Angaben für den deutschen Markt, wonach 1980 VHS auf einen Marktanteil von 53 %, Betamax auf 23 % und die ganze VCR / SVC / Video 2000-Gruppe auf 24 % kamen.³⁸⁷⁶ Eine Schätzung für 1982 sagte eine Verteilung mit 52 % : 17 % : 30 % voraus. Praktisch alle in Deutschland – in Europa insgesamt dürfte es kaum anderes gewesen sein – unter Markennamen wie Saba, Nordmende, Blaupunkt, Panasonic, Telefunken, Hitachi und JVC angebotenen VHS-Recorder kamen aus japanischer Produktion. Genau in diesem Jahr – 1982 – starteten japanische Hersteller eine Preisoffensive, gestützt auf eine massive Ausweitung ihrer Produktionskapazitäten: „Nur sieben Jahre brauchte die japanische Industrie, um den Ausstoß ihrer Videorecorder um weit mehr als das Hundertfache zu erhöhen. Heute produziert sie in

„einem einzigen Monat soviel wie im gesamten Jahr 1975.“ Zu Weihnachten erschienen erstmals neueste VHS-Recordermodelle zu DM 998.³⁸⁷⁷ Kein Wunder also, dass Philips und Grundig im Herbst 1983 ins VHS-Lager umschwenkten³⁸⁷⁸ und ihre große Hoffnung Video 2000 im Jahr 1986 begruben, nachdem sie schon 1985 bei einem Lagerbestand von 40.000 Geräten die Produktion gestoppt hatten.³⁸⁷⁹

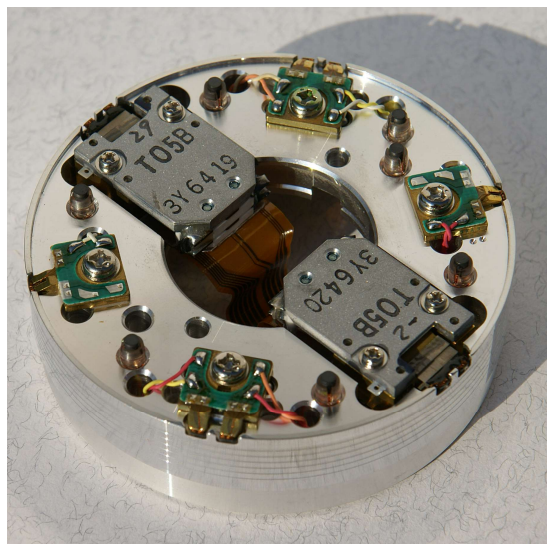


Abbildung 732
(LINKS):
Die Kopfscheibe eines Video-2000-Recorders mit ihren Köpfen. ☞

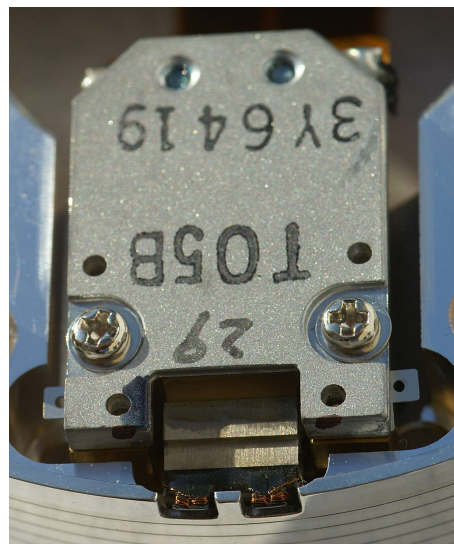
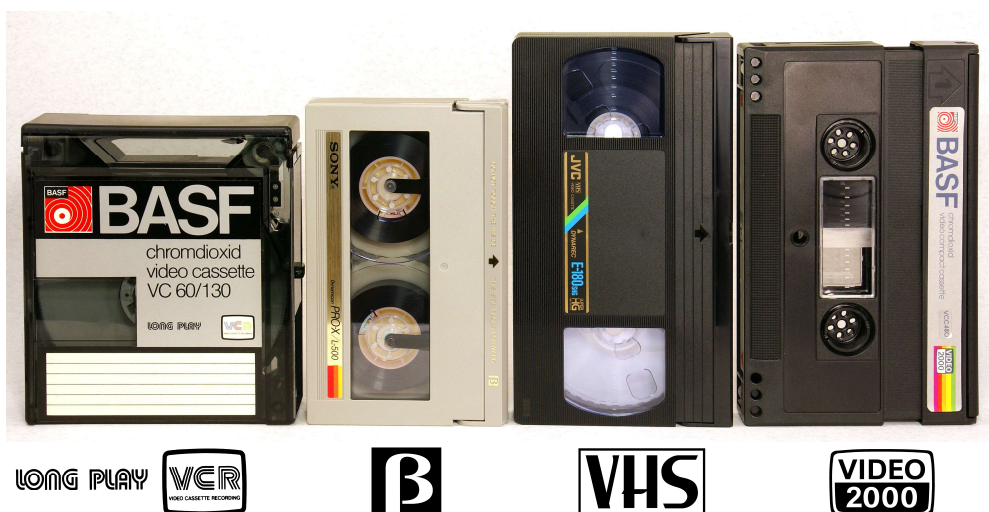


Abbildung 733
(RECHTS):
Ein Videomagnetkopf (am unteren Bildrand) auf dem Aktuator. ☞

Das Spurbild von Video 2000 ist in Abbildung 717 zu sehen.

Abbildung 734: Typische Vertreter der vier gängigsten Heim-Videokassetten-Formate im Größenvergleich.



Camcorder verdrängen Schmalfilm ³⁸⁸⁰

Wie sich die professionelle Filmkamera, auf die Grundfunktionen abgemagert, als Schmalfilm-Kamera in der Hand von Amateuren wiederfand, so wurden seit etwa 1965 auch Studio-Video-Kamera und -Recorder so weit zurechtgestutzt, dass sie weder das technische Verständnis „laufbild“-hungriger Endverbraucher noch ihr Budget allzu sehr beanspruchten. Die Unterhaltungsindustrie konnte aus den Schmalfilm-Verkaufszahlen (Kameras und Filme) unschwer auf einen ausreichend großen Interessentenstamm für den „Camcorder“ schließen, also einen Markt, der zwar wesentlich kleiner als der der Videorecorder sein würde, aber eine finanziell potente und innovationsfreudige Klientel versprach.

Mittels Adaptern konnten die Camcorder-Kassetten (innerhalb des Systems) im allgemeinen im entsprechenden Heimgerät wiedergegeben werden. Es kamen jedoch auch vollelektronische „Schneidgeräte“ auf den Markt, mit deren Hilfe die Aufnahmen des Camcorders auf eine Heimvideo-Kassette zu einem Film zusammenkopiert werden konnten.

Die ersten Kamera-Recorder benutzten die „großen“ Kassetten des Heimvideo-Standards; derartige Gerätschaften, wie VHS-Movie, Beta-Movie und auch noch S-VHS, waren entsprechend groß und unhandlich. Diese tragbaren Kamera-Recorder-Kombinationen bestanden aus dem Aufnahmegerät, am Riemen über der Schulter zu tragen, und einer unabhängigen Kamera, im allgemeinen mit Vidicons und Streifenfilter für die Aufnahme bestückt. Die Kassetten konnten direkt im Heimvideogerät wiedergegeben werden. Die Blütezeit derartiger Kombinationen waren die frühen 1980er Jahre.

Tabelle 19: Systemparameter der bekannteren Heim-Bildband-Gerätesysteme³⁸⁸¹

System	LDL 1000	U-matic	VCR Standard	VCR Longplay	SVR	VHS	Betamax	Video 2000	S-VHS
Typische Geräte	Philips LDL 1000 Grundig BK 100	Sony VO-5630, BVU-870	Philips N 1500 N 1520 Grundig VR 2000	Philips N 1700 Loewe OC 6010 ITT 130 Color	Grundig SVR 4004	Akai VS-9300 JVC HR-3300 Saba ultra-color Panasonic NV-8600	Sony Betamax Toshiba V 5250 Sanyo Betacord VTC 9300 P Wega	Philips VR 2020 Grundig Video 2x4 Loewe-Opta OC 6020	JVC HR-S4700 HR-S5800EG Panasonic NV-FS88 EG Philips VR1000
Jahr der Einführung	1969	1970	1970	1977	1978	1976 / 78	1976 / 78	1979	1987
Systemträger	Philips	Sony	Philips / Grundig	Philips / Grundig	Grundig	JVC	Sony	Philips / Grundig	JVC
Laufwerk (S = Spule, sonst Beispiele für die Bezeichnung der Kassette)	S	KCA-30	VC 30 VC 45 VC 60	LVC 150	SVC 4	VHS E 240 (PAL) VHS T 160 (NTSC)	L-750 (PAL) L-830 (NTSC)	VCC-480	S-VHS E 240
Bandbreite	12,7	19,05	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Banddicke in µm		26	17 – 21	15 - 17	16	13 - 19	14 - 20	14	16 - 19
Bandtyp	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CoFe/CrO ₂	CoFe/CrO ₂	CoFe/CrO ₂	CoFe/CrO ₂	CoFe	CrO ₂	CoFe/CrO ₂
Maximale Spieldauer in min	45	20 - 60	65 - 150	150 180 ab Herbst 1978	240 300 ab Herbst 1978	180 300 (PAL) ab 1987 / 92	195 - 218	2 x 240	240
Bandgeschwind., cm/s	16,84	9,53	14,29	6,56	3,95	2,339	1,873	2,440	2,339
Abtastgeschwind., m/s	8,08	10,3	8,1	8,18	8,20	4,86	5,83	5,08	4,8
Azimuth recording	nein	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Azimutwinkel in Grad	-.-	-.-	-.-	±15	±15	±6	±7	±15	
Signalverarbeitung	composite	composite	composite	composite	composite	composite	composite	composite	component
Farbaufzeichnung	nein	nein	LIR	LIR	LIR	LIR	LIR	LIR	LIR
Breite der Luminanz-Videospur / Rasen, µm	170 / 50	85 / 52	130 / 57	85 / 0	51 / 0	49 / 0	32,8 / 0	22 / 0	29
kürzeste Wellenlänge, µm	-.-	1,9	1,7	1,5	1,4	1,01	1,12	1,06	0,9
Auflösung, Linien	160	280	250	250	250	250	280	250	400
Trommel-Ø, mm	105	110	105	105	105	62	74,487	65	62
Spurneigungswinkel (Laufbild)		4° 58' 06"	3° 45'			5°57'50,3"	5°01'42"	2°38'42"	5°57'50,3"
Video-Spurlänge, mm		170,9	162		164	100	122	102	100
Tonspur-Breite in mm m = mono, st = stereo	-.-	0,8 (m)	2 x 0,7	0,7	0,7	1,0	1,05	0,65 (m) 0,25 (st)	1,0
Vorprogrammierung	-.-	-.-	-.-	3 – 4 d	10 d	1 d	3 d	k.A.	bis 14 d
Kassettengröße, cm	-.-	22 x 13,8 x 3	12,6 x 4,1 x 14,5	12,6 x 4,1 x 14,5	12,6 x 4,1 x 14,5	18,8 x 2,5 x 10,4	9,6 x 2,5 x 15,6	18,3 x 11 x 2,6	18,8 x 2,5 x 10,4
Kassetten-Volumen, ml	-.-	990	749	749	749	488	358	523	488
Bandverbrauch in m ² /h	4,57	6,84	6,5	3,0	1,80	1,07	0,91	0,56	1,07

Zu einem typischen Videosystem, das mit den Schmalfilm-, hier vor allem den Super-8-Kameras, konkurrieren sollte, gehörte eine Kamera, die mit 1,7 kg nur wenig leichter war als eine Super-8-Tonfilmkamera, dazu ein 4,3 kg schwerer, am Schulterriemen zu tragender Recorder.³⁸⁸² So „beiläufig“ wie eine Schmalfilmkamera passte diese Ausrüstung allerdings in keinen Rucksack und kein Urlaubsgepäck. Was die frühen Videokameras so voluminös machte, war vor allem der Bildwandler, als Sonderform der Elektronenröhre ein teures und empfindliches Bauteil. Wie der Transistor die Röhre ablöste, so ersetzten nach und nach auch lichtempfindliche integrierte Schaltungen den Aufnahme-Wandler. Die Epoche der Camcorder kündigte sich an, als Mitte 1978 ein „charge coupled device“, ein CCD-Element mit 72.000 Einzelzellen, ein „300-line black and white TV picture“ lieferte und seine Serienfertigung für etwa 1980 angekündigt wurde.³⁸⁸³ Tatsächlich wies ein typischer CCD-Wandler 1980 bereits viermal mehr Zellen auf (279.300, jede 16 x 14 µm groß). Allerdings arbeitete noch 1984 im seinerzeit kleinsten und leichtesten VHS-C-Recorder eine Bild-Röhre. In der nächsten Generation tragbarer Videorecorder führte bessere Aufzeichnungsparameter zu kleineren Kassetten, die nun innerhalb handlicher Camcorder arbeiteten. Innerhalb von nur vier Jahren erreichten sie die Verkaufszahlen von Schmalfilm-Kameras in deren besten Jahren. Alle Camcorder kamen mittlerweile aus Japan.³⁸⁸⁴

Wie Kamera und Recorder in einem gemeinsamen Gehäuse unterzubringen waren, zeigte Sony im Sommer 1980 mit dem 2 kg schweren Prototyp **Video-Movie**, freilich eher ein Entwicklungsträger oder eine Machbarkeitsstudie als ein verkaufsfähiges Produkt. Aus dem Schmalfilm-Lager tönte alsbald lautstarkes Pfeifen im Wald: „Super 8 ist nicht tot, wird auch nicht sterben“.³⁸⁸⁵ Eine typische Fehlprognose dieser Jahre, denn 20 Minuten Spielzeit in Farbe und mit Ton (auf 8 mm breitem, wohlgerneht wiederbespielbarem Magnetband) konnte ein 3½-min

Super-8-Film zu DM 10 einfach nicht bieten,³⁸⁸⁶ zumal der angekündigte Video-Movie-Preis mit DM 1.600 durchaus im Bereich der Super-8-Tonfilmkameras lag. Als Gegenstück zum Filmprojektor fungierte ein „Home-Editor“, der die 5,6 x 3,5 x 1,3 cm großen Bandkassetten übers Fernsehgerät abspielen sollte.³⁸⁸⁷

Tabelle 20: Camcorder-Systeme auf einen Blick

System	CVC	VHS-C-Movie	VHS-Movie	Beta-Movie	V8	S-VHS-C	Hi8
Jahr der Einführung	1981	1983	k.A.	1983	1986	1987	1990
Systemträger	Funai	JVC	JVC	Sony	8 mm-Konferenz	JVC	Sony
Bandgeschwindigkeit	3,74 cm/s	2,339 cm/s	2,339 cm/s	1,870 cm/s	2,005 cm/s	2,340 cm/s	2,005 cm/s
rel. Geschwindigkeit	4,67 m/s	4,84 m/s	4,84 m/s	4,84 m/s	3,1 m/s	4,8 m/s	3,1 m/s
Signalverarbeitung	k.A.	composite	composite	composite	composite	component	component
Farbaufzeichnung	k.A.	LIR	LIR	LIR	LIR	LIR	LIR
kürzeste Wellenlänge	1 µm	1,01 µm	k.A.	1,12 µm	0,57 µm	0,680 µm	0,4 µm
Auflösung (Linien)	k.A.	250	250	280	260	400	430
Azimuth Recording	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Spurbreite, Luminanz	25 µm	49 µm	k.A.	33 µm	34,4 µm	49 µm	34,4 µm
Bandbreite	6,25 mm	12,67 mm	12,67 mm	12,67 mm	8 mm	12,67 mm	8 mm
Banddicke	k.A.	16 - 19	16 - 19		10 - 13	15,8 - 19	10
Bandtyp	k.A.	CoFe/CrO ₂	CoFe/CrO ₂	CoFe/CrO ₂	MP	CoFe/CrO ₂	MP/ME
Bandverbrauch	k.A.	1,1 m ² /h	k.A.	0,9 m ² /h	0,58 m ² /h	1,07 m ² /h	0,58 m ² /h
Spielzeit (S / L Kass.)	30 min	30 min	240 min	220 min	60 / 90 min	240 min	60 / 90 min

Matsushitas Antwort, **Micro-Video System**, kam 1981 und war etwas unhandlicher als Video Movie,³⁸⁸⁸ nicht zuletzt wegen der ½-Zoll-Farb-Bildröhre, verwendete aber ein Bandmaterial namens Angrom, das noch einige Zeit für Furore sorgen sollte. Matsushita hatte einige bereits vor längerem entwickelte Verfahren³⁸⁸⁹ zum Bedampfen eines Kunststoffbandes mit einem metallischen Belag (mit Schichtdicken im Nanometerbereich) aufgegriffen und bis zur Produktionsreife perfektioniert (Seite 530). Die Nickel-Kobalt-Schicht kam auf eine Koerzitivfeldstärke von rund 80 kA/m (1.000 Oe), Voraussetzung für die Aufzeichnungsdichte des Micro-Video Systems.³⁸⁹⁰

Weitere Unruhe löste ein ¼-Zoll-System namens **CVC** aus.³⁸⁹¹ Die **Compact Video Cassette** war eine Entwicklung der Firma Futec, einem Unternehmen des ehemaligen Akai-Mitarbeiters Sato. Zusammen mit Fuji entworfen, verkaufte Sato das System zunächst an die Firma Funai, die es 1980 vorstellte und damit außer Canon auch Grundig belieferte: in Fürth sah hier man hier eine Chance, das „System“ Video 2000 mit einem Camcorder zu ergänzen und beteiligte sich an der Entwicklung.³⁸⁹² Wegen der für PAL notwendigen technischen Änderungen waren jedoch die Grundig-Version TP 100 (auf Basis eines Funai-Laufwerks) und das Funai-Gerät trotz gleicher Kassetten nicht kompatibel.³⁸⁹³

CVC gilt als das erste tragbare Videosystem mit kleinen, kompakten Kassetten und als Vorgänger von Video8. Die Kassetten enthielten 6,3 mm breites Videoband und hatten etwa die Größe einer Compact-Cassette (siehe Abbildung 735). CVC-Recorder arbeiteten meist in Kombination mit tragbaren Videokameras. Das System konnte sich jedoch nicht behaupten, vor allem wegen des gleichzeitigen Antritts der 8 mm-Kassette und VHS-C. Allerdings übernahm BTS (Bosch-Philips) Kassette und Laufwerkkonfiguration und entwickelte daraus das erste professionelle Kamerasystem, bekannt als **Quartercam** (mit der Lineplex-Kassette, Abbildung 736); mit CVC ist es allerdings nicht kompatibel. Die Signalverarbeitung war durchaus zukunftsweisend: Luminanz- und Chrominanz-Signale wurden auf zwei parallel verlaufenden Spuren aufgezeichnet, ähnlich wie bei Betacam.



Abbildung 735: Die Funai-Grundig-Videokassette CVC (1981) Abbildung 736: Bosch-Lineplex-Kassette für das Quartercam-Videosystem

Video8 und VHS-C

Als nun eine Neuauflage der unglücklichen Betamax vs. VHS-Auseinandersetzung vor der Tür stand, bemühte sich ein von rund 130 namhaften Herstellern beschickter Ausschuss um eine Art Weltnorm für Videorecorder-Systeme, die VHS, Betamax, Video 2000 *e tutti quanti* ablösen, als erstes zumindest sinnvolle und kompatible Camcorder-Konstruktionen ermöglichen sollte.³⁸⁹⁴ Im Frühjahr 1983 schien diese „8 mm-Videokonferenz“ einen Konsens erreicht zu haben,³⁸⁹⁵ an dem naturgemäß vor allem die VHS-Unterlegenen, also Sony, Philips und Grundig, interessiert waren.³⁸⁹⁶ Doch als der „Einheitsrecorder“, statt wie angekündigt 1983 zur Leit-Messe für Europa, der Funkausstellung Berlin, zu erscheinen, kleinlaut auf Herbst 1984 (lies: St.-Nimmerleins-Tag) verschoben wurde, hatte wieder einmal der alte „Partikularismus der firmeneigenen Normen“ gesiegt.³⁸⁹⁷ Das VHS-Lager wollte die gerade auf Hochtouren laufende Geräteproduktion nicht aufgeben, Probleme beim Zusammenspiel von Metallband und Magnetköpfen boten einen plausiblen Vorwand, und so ging es wie eh und je im Takt der gegenseitigen Überbietung weiter.

Betamovie, einen der frühesten serienmäßig produzierten Camcorder – das heißt, den Zusammenbau der Kamera- und der Recorder-Komponente im gemeinsamen Gehäuse –, stellte Sony 1983 vor. Um das Gerät insgesamt handlich zu halten, war der Durchmesser der Kopfscheibe reduziert und dafür die Kopfumschlingung von 180° auf 300° vergrößert worden. Da die Betamax-Kassette von allen Heimvideosystemen, außer dem 8 mm-System, am kleinsten war, sah Sony keine Notwendigkeit, für die Kamera-Anwendung eine eigene, kleinere Kassette zu entwickeln.

Matsushita, Zentrum des VHS-Lagers, präsentierte ebenfalls 1983 die **VHS-C**, eine 30-min-Kleinausgabe (92 x 59 x 22,5 mm) der mittlerweile marktbeherrschenden VHS-Kassette. Sie ist schmaler als eine Compact-Cassette, ungefähr gleich hoch und gut doppelt so dick und nimmt etwa ein Viertel des Volumens einer VHS-Kassette ein. JVC hatte das ½“-Video-Kassettenformat entwickelt, um die kleineren Camcorder bauen zu können, für die das herkömmliche Kassettenformat zu sperrig war. JVC entwickelte dazu den damals kleinsten Camcorder, genannt **Videomovie**.



Abbildung 737: Die VHS-C-Videokassette; die S-VHS-C-Kassette benutzte das gleiche Gehäuse. Mittels Adapter konnten VHS-C-Kassetten in VHS- bzw. S-VHS-Recordern abgespielt werden.



Abbildung 738: Eine Video8-Kassette; beachte den Vermerk „Made in Holland“ (links in Höhe der Kassettenmitte). Die Hi8-Kassette benutzte das gleiche Gehäuse.

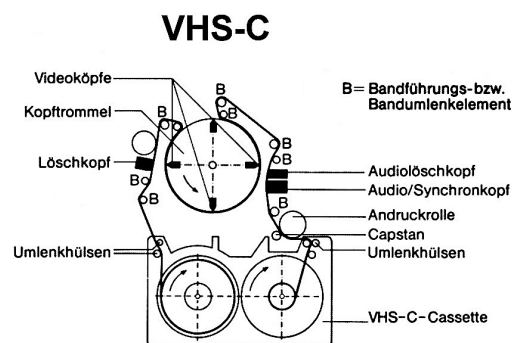


Abbildung 739: Bandführung beim Camcorder-System VHS-C

innerhalb kurzer Zeit große Beliebtheit. Einige Camcorder arbeiteten auch mit der Standard-VHS-Kassette; diese voluminösen Geräte scheinen vor allem in den USA als „Vollformat“ verbreitet gewesen zu sein. VHS-C und das konkurrierende Video8 blieben viele Jahre lang die einzigen für den Heimgebrauch erschwinglichen Camcorder-Formate. Erst das Hi8-Format und digitale Camcordersysteme wie DV verdrängten VHS-C.

VHS-C, das dienstälteste Camcorder-System, bot zwei wesentliche Neuerungen: das Band umschlang die Kopftrommel mit ihren nur 41 mm Durchmesser in einem Winkel von 270° und wurde von vier Videoköpfen im exakt eingehaltenen VHS-Format bespielt, Voraussetzung für die Wiedergabe auf einem üblichen VHS-Recorder. Dazu wurde die VHS-C-Kassette in eine Adapterkassette mit eigenem Antrieb eingesetzt, deren Außenabmessungen der einer üblichen VHS-Kassette entsprachen. Eine durchaus praxisfreundliche Lösung: wer einen solchen Recorder besaß, konnte sich ein weiteres Gerät sparen, wenn er nicht den teuren Camcorder mit dem Wiedergeben strapazieren wollte.

VHS-C wurde vorwiegend in einfacheren, preiswerten Camcordern für den Heimgebrauch eingesetzt und erlangte hier innerhalb kurzer Zeit große Beliebtheit.

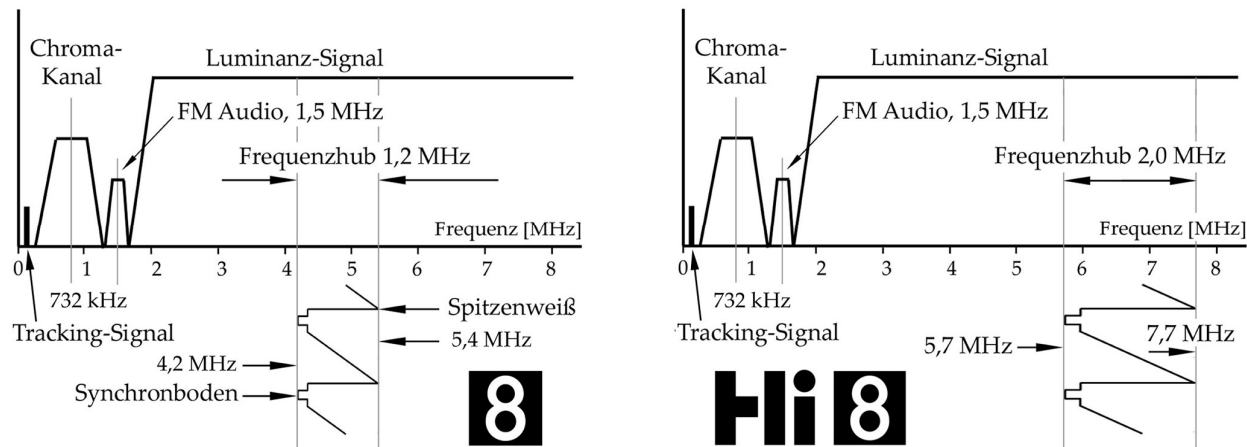


Abbildung 740: Das Frequenzschema bei Video8 (LINKS) sowie bei Hi8 (RECHTS). Die Tracking- beziehungsweise Spurhalte-Signale dienen zur Spurnachführung der Videomagnetköpfe.

Die Frucht der „Standardization of 8 mm Video“ war das Video-Kassettensystem **Video8**, in Europa seit 1985 angeboten. Es war also das erste Endverbraucher-Video-System, das keine Firmennorm, sondern eine Konsens-Lösung der 140 beteiligten Häuser darstellte; die Realisation dieses Standards übernahm Sony. Damit wurde erstmals Kompatibilität zwischen den Geräten verschiedener Hersteller erreicht. Video8 zeichnete sich im Vergleich zu den anderen Systemen durch das kompaktere Format der Kassetten und der Videorecorder aus. Die Anwendung als Kompakt-Kamera-System war also gewissermaßen hineinkonzipiert: Der Kopftrommel-Durchmesser von 40 mm beziehungsweise 26,7 mm und die 95 x 62,5 x 15 mm große Video8-Kassette³⁸⁹⁸ mit 8 mm breitem Magnetband erlaubte durchaus handliche Geräte (1985: 2,3 kg schwer und um DM 4.000 teuer). Das System war für Metallpigmentband und, zunächst geplant und damit eine potentielle Neuheit in einem Endverbraucher-Gerät, für Metaldünnschichtband ausgelegt. Die nur 0,2 µm dicke Schicht dieses *metal evaporated tape* (ME) eignete sich zwar gut für die Aufzeichnung hoher Videofrequenzen, war aber für ausreichende analoge Längspur-Tonaufzeichnung (bei der problematisch niedrigen Bandgeschwindigkeit 2,051 cm/s bei PAL, 1,435 cm/s bei NTSC) zu dünn. Also machte man aus der Not eine Tugend: Video8 verzichtete auf die herkömmliche Tonaufzeichnung parallel zur Bandkante, vielmehr wurde das Mono-Audiosignal als FM-Signal (1,5 MHz) in die Videospur geschrieben. Optional war bei „high-end“-Geräten PCM-Ton möglich,³⁸⁹⁹ der dann HiFi-Qualität aufwies.



Abbildung 741: Ein Hauch von Urlaubsstimmung: VHS-C- und S-VHS-C-Videokassetten der BASF für hochwertige Camcorder, Oktober 1990.

Abbildung 742: VHS-C und S-VHS-C benutzen das gleiche Gehäuse.



Mit seinem hochkoerzitiven Metallpigment-Magnetband konnte Video8 erstmals deutlich höhere Speicherdichten realisieren, auch wenn die zunächst vorgesehenen metallbedampften Bänder nicht zum Einsatz kamen: die Speicherdichte war gegenüber VHS praktisch verdoppelt worden. Die systembedingte (also nicht zwingend von jedem Gerät erreichte) Video8-Bildgüte war geringfügig besser als bei VHS (260 gegenüber 250 Linien). 1990 haben sich etwa 44 % aller deutschen Camcorder-Käufer für Video8 entschieden.³⁹⁰⁰

Zur Video8-Familie gehörten auch (recht teure) Heim-Videorecorder, die mit nur 90 min Spielzeit – ein entsprechendes Band kostete DM 40 – vorrangig zum Wiedergeben und Bearbeiten von Video8-Aufnahmebändern gedacht waren. Im Langspiel-Modus erreichten Video8-Recorder etwa VHS-Qualität und drei Stunden Spielzeit. Ebenfalls teuer, aber vielversprechend waren Zusatzgeräte, die beim Vertonen die fertige Mischung digital und stereofon auf das Video8-Band aufzeichnen konnten (ohne den Bildinhalt zu verändern!) und so erstmals eine praxisgerechte Ton-Nachbearbeitung erlaubten.

Höhere Auflösung bringt schärfere Videobilder

Dank kontinuierlicher Weiterentwicklung von Köpfen, Bandpigmenten, Magnetschichten und Laufwerkskonstruktionen und -Toleranzen konnten Video-Magnetbänder immer kürzere Wellenlängen verkraften. Dazu wurden auf der Bandseite verbesserte Metallpigment- und ME-Bänder eingesetzt; die Magnetkopf-Entwicklung steuerte Typen mit in den Spalt aufgedampften Metallschichten, die MIG-Köpfe (metall in gap) bei, die die höhere magnetische Auflösung für hohe Aufzeichnungsdichten mitbrachten. Alles in allem konnten nun kürzere Wellenlängen auf das Band geschrieben und ebenso gelesen werden. War beim ersten Heimvideo-Kassetten-System VCR die kürzeste aufgezeichnete Wellenlänge noch 1,7 µm, schwand sie bei Betamax auf 1,12 µm und 1,01 µm bei VHS. Bei den „high-end“-Recordern der auslaufenden Analogaufzeichnungs-Generation schrumpften die Werte schließlich auf 0,69 µm bei S-VHS (1987) und 0,41 µm bei Hi8 (1990). Das Ergebnis waren höhere Bildauflösung, verbesserte Störabstände und / oder kleinere Kassetten mit gleichen oder längeren Spielzeiten. Alle diese Fortschritte kamen vor allem den Camcorder-Systemen zugute.

Kopiert man eine Videoaufzeichnung von einem Analog-Band auf ein anderes, treten unvermeidlich Fehler auf, die ab einer subjektiven Grenze lästig werden. Kopien sind aber unvermeidlich, wenn nicht das „rohe“ Original-Material gezeigt werden soll, sondern eine bearbeitete Fassung zu erstellen oder zu verteilen ist. Professionelle (analoge) Video-Systeme halten dazu eine solche Bildqualität vor, dass auch noch die fünfte, gelegentlich die siebte Kopien-Generation einer Aufzeichnung sendefähig ist (das Sendeband ist also gewissermaßen die Ur-Ur-Ur-Enkelin der Originalaufnahme – wie sich die Qualität des „Begleit“-Tons über diese Generationenfolge verändert, bleibt offen).³⁹⁰¹

VHS- und Betamax-Recorder, gedacht als letzte Glieder einer solchen Produktionskette, lieferten schon systembedingt eine geringere Bildqualität als bessere Fernsehgeräte (250 gegenüber 350 Linien), und so zeigte schon eine Kopie von VHS auf VHS meist bedenkliche Mängel. Von Camcordern dieser Klasse war also mangels Qualitätsreserven nicht zu erwarten, dass eine Kopie der zweiten Generation (Originalband – „Masterband“ – Verteilungskopie) qualitativ einer durchschnittlichen VHS- beziehungsweise Betacam-Aufzeichnung entsprochen hätte.

Das änderte sich zum Besseren, als 1987 / 1988 S-VHS erschien. Als Heim-Video recorder kein richtiger Erfolg – der Durchschnitts-Verbraucher war mit VHS zufrieden, wollte jedenfalls nicht in die teuren S-VHS-Kassetten investieren –, machte **S-VHS-C** Karriere als Camcorder-Format. Dank der Auflösung von 400 Linien, also potenziell etwas besser als das übliche Fernsehbild, war zumindest die erste Kopiengeneration (auf VHS) kaum von Standard-VHS zu unterscheiden. Kameraseitig waren S-VHS-Camcorder mit CCD- oder CMOS- Bildsensoren mit einer Auflösung von 400.000 Pixeln ausgerüstet. – Es gab auch S-VHS-Camcorder für die Vollformat-Kassette als „full size version“, vorwiegend für den (semi-) professionellen Bereich; in ihrem Recorderteil arbeitete die normalgroße 62 mm-Kopftrommel.³⁹⁰²

Um hinter S-VHS nicht zurückzustehen, kündigte Sony 1988 den **ED-Camcorder** mit einem neuen Zwei-Chip-Bildsensoren-System an (Auflösung je Chip 380.000 Pixel). Ein Sensor erzeugt das Helligkeitssignal, der andere über ein Streifenfilter die beiden Farbsignale Rot und Grün. Die ED-Camcorder verlangten logischerweise wegen der hohen Trägerlage im ED-Beta-System Reineisenmaterial.

Tabelle 21: Horizontale Auflösung (Bildschärfe) der gängigsten Videoformate

Format	White peak MHz	Frequenz MHz	Linien
Standard VHS	4,4	3,0	240
Standard Betamax	4,8	3,0	240
Standard 8 mm	5,4	3,2	250
Super Betamax	5,6	3,5	270
Betacam (Y)	6,4	4,1	330
1 Zoll-C-Format	10	4,2	330
M II	7,7	4,5	360
Betacam SP	7,7	4,5	360
Hi8	7,7	5,0	400
S-VHS	7,0	5,0	400
ED-Beta	9,3	6,2	500

White peak ist die obere Frequenz des FM-Hubes der Luminanz-Aufzeichnung. Die Anzahl der Linien kennzeichnet die horizontale Auflösung in sichtbaren Bildpunkten.

corder verfügten über Längs-FM- und zwei PCM-Tonspuren (allerdings mit „nur“ 32 kHz Sampling-Frequenz und 12 bit Sampling-Tiefe).

Die Hi8-PAL-Version erschien im November 1989 und war so erfolgreich, dass Sony allein in Deutschland pro Monat um 12.000 ME-Kassetten absetzen konnte – ME-Magnetband wurde hier erstmals in der Geschichte der Videoaufzeichnung eingesetzt und war in der Norm auch festgeschrieben. Da nur wenige Hersteller die komplizierte Technik beherrschten, überstieg die Nachfrage nach ME-Band aber bald die Fertigungskapazitätä-

Die erfolgreichere Antwort des Sony-Lagers auf S-VHS-C hieß **Video Hi8** (meist als Hi8 bezeichnet), eine deutliche Aufbesserung von Video8, wie der Sprung von 260 zu 430 Linien zeigt. Wie bei ED-Beta oder S-VHS, wurde das ankommende FBAS-Signal unmittelbar vor der Verarbeitung im Recorder in seine Luminanz- und Chrominanz-Elemente aufgeteilt. Hi8-Recorder konnten Kassetten des V8-Standards abspielen; umgekehrte Kompatibilität war nicht gegeben. Das FM-Aufzeichnungsverfahren von Hi8 weicht vom Vorgänger Video8 ab: es verfügt über einen FM- und PCM-Tonkanal mit einer Dynamik von 85 dB, jedoch nicht über eine Analogton-Längsspur. Identifikationslöcher im Kassettengehäuse besorgten die Unterscheidung zwischen der 8 mm- und der Hi8-Version. Das auf der Hi8 mm-Kassette aufbauende Camcorder-System bot dank des bis 7,7 MHz reichenden FM-Signals eine horizontale Videoauflösung von ca. 400 Linien statt der 250 Linien des Video8-Systems (das mit einer FM-Frequenz bis 5,4 MHz auskommen musste). Hi8-Cam-

ten, so dass als Notlösung auch für die PAL-Version ein verbessertes MP-Band geliefert werden musste, obwohl dies nicht die volle Hi8-Qualität bot; damit war ME-Band von Anfang an ein recht exklusives Produkt.³⁹⁰³

Videokassetten für die Recorder der Endverbraucher

VCR und U-matic

Zwischen 1968 und 1973 stand BASF dem Endverbraucher-Videomarkt abwartend gegenüber,³⁹⁰⁴ angesichts der Systemvielfalt nicht ohne Logik, bestanden doch Erfolgchancen nur bei einem Mindestmaß an Standardisierung. Die Entscheidung fiel erst, als nach sich gründlicher Prüfung der Alternative kobaltdotiertes Eisenoxid bei Chromdioxid eine Reihe von Vorteilen abzeichnete.³⁹⁰⁵

Anlässlich der Funkausstellung 1973 stellte BASF ein Videokassetten-Sortiment für VCR-Recorder vor, das aus den drei Ausführungen „VC 30, VC 45 und VC 60 mit 30, 45 bzw. 60 Minuten Spielzeit“ bestand;³⁹⁰⁶ in den Handel dürften sie Anfang 1974 gekommen sein,³⁹⁰⁷ ergänzt im Lauf des Jahres durch eine Kurzlänge VC 15.³⁹⁰⁸ Das Sortiment blieb bis 1977 unverändert; in diesem Jahr fertigte das Werk Willstätt etwa 40.000 bis 45.000 VCR pro Monat. Nach hauseigener Einschätzung hatten die BASF-VCs einen ausgezeichneten Ruf, bestätigt durch die Entscheidung von Grundig, den VC-Erstausrüstungs-Bedarf künftig bei BASF zu decken statt wie bisher bei 3M und Memorex.

Galt 1973 und 1974 bei BASF noch die Devise „Über Videobänder zu reden, lohnt sich noch nicht ... das Gesamtvolumen ist ... noch vernachlässigbar“,³⁹⁰⁹ schwenkte der Verbraucher-Magnetbandmarkt binnen fünf Jahren vom Audio- zum Videoband um, und so war 1979 der Ausbau der Videoband-Produktion zum größten Willstätter Projekt avanciert.³⁹¹⁰ Maßgeblich hierfür war weniger die Fertigung von LVC- und SVC-Kassetten für Philips-Grundig-Geräte VCR Longplay und Super Video Recording (SVR) als vielmehr das Betamax- und, zügig alle Mitbewerber überholend, das VHS-System. Die VC-Kassette für die ersten VCR-Modelle dürfte sich bis etwa 1981 gehalten haben und dann ausgelaufen sein.

Kassetten für das U-matic-System hat BASF seit 1977 in den Versionen KCA 10 ... KCA 60 (in 10-min-Abstufung) gefertigt. Die Willstätter Kapazität für diese weitverbreitete (semi-)professionelle Kassette sollte bis zum 4. Quartal 1977 auf 15.000 Stück pro Monat steigen (bemerkenswert im Vergleich zu Endverbraucher-VCs!).³⁹¹¹



Abbildung 743: Drei BASF Video-Kassetten VHS, Design Sommer 1982

Weltabsatz von Videogeräten 1979 - 1986 nach Regionen (in Mio Stück)

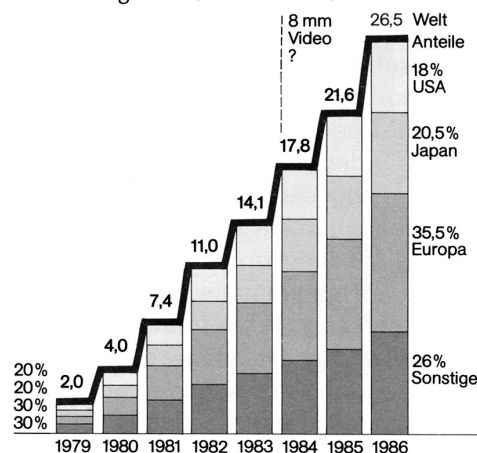


Abbildung 744: Die Entwicklung des Weltmarkts „Videorecorder“, nach Markterhebungen 1979 bis 1983 und Hochrechnungen bis 1986,³⁹¹² eine wichtige Prognose auch für die Videokassetten-Produktion. – Zu beachten ist, dass VHS bereits 1980 auf einen Marktanteil von 53 % kam, Betamax auf 23 % geschätzt wurde und für die ganze VCR / SVC / Video 2000-Gruppe nur 24 % übrig blieben. Eine Schätzung für 1982 sagte eine Verteilung von 52 % : 17 % : 30 % voraus.

VHS wächst zum Erfolgsmarkt für Recorder und Kassetten

Als Victor Co. of Japan Ltd., besser bekannt als JVC, der BASF 1979 als erstem europäischen Hersteller eine Lizenz zur Produktion von VHS-Kassetten erteilte, galt der westdeutsche Videorecorder-Markt als besonders wachstumskräftig: von 90.000 Geräten im Jahr 1978 (40.000 Geräte europäischer Herkunft, 35.000 VHS- und 15.000 Betamax-Modelle) sollten 1979 die Verkaufszahlen auf 140.000 bis 150.000 steigen, darunter etwa 90.000 VHS-Maschinen.³⁹¹³ Schon 1981 gingen in der Bundesrepublik Deutschland nicht weniger als 700.000 Recorder über die Tresen, und die Schätzungen für 1983 lagen bei 1,2 Millionen Stück. Die BRD lag damit immer(hin) an dritter Stelle hinter den bevölkerungsstärkeren Märkten USA und Japan. 1981 waren weltweit 15 Millionen Videorecorder in Betrieb, mit vorausgesagten 35 Millionen für Ende 1983.³⁹¹⁴

Dieser „urplötzlich(e) ... Durchbruch, der die Hersteller von Video-Geräten und Video-Bändern in seinem Umfang gewaltig überraschte“,³⁹¹⁵ hatte hauptsächlich zwei Gründe: einerseits war der Videorecorder zum Statussymbol

avanciert, andererseits konnten sich jetzt auch viele die „time shifting machine“ leisten, die entweder als Schichtarbeiter die Abendsendungen oder, als Kulturinteressierte, die immer öfter bis in die frühen Morgenstunden abgeschobenen Beiträge zeitversetzt anschauen wollten.

Da nun pro Recorder mehr als eine Videokassette gekauft wurde – Schätzungen lagen bei 10 bis 12 Stück pro Jahr, bei Preisen zwischen DM 30 und DM 80 –, rechnete man von 88 Mio Stück 1980 auf nicht weniger als 359 Millionen Ende 1983 hoch.³⁹¹⁶ Grob geschätzt, sollte der Markt 1983 also 300 Millionen VHS-Kassetten aufnehmen können. Nach den Start-Investitionen 1979 baute BASF die Videokassetten-Kapazität in Willstätt ab 1981 auf 25 Millionen Stück aus.³⁹¹⁷ Das hieß gleichzeitig, dass BASF mit weniger als 10 % Weltmarktanteil rechnete, oder anders gesagt: keine dominierende Position anstrebte.

BASF 1979: Kassetten für sechs Videosysteme

1979 fertigte BASF in Willstätt Videokassetten für nicht weniger als sechs Videosysteme, als logistische Leistung ebenso bemerkenswert wie produktions-ökonomisch problematisch. Implizit lag hier natürlich ein Vorteil für die japanische Konkurrenz, die sich auf VHS und Betamax konzentrieren konnte. VC-Kassetten waren 1979 schon fast bedeutungslos, die Langspiel-Varianten LVC und SVC liefen 1982 aus, und der 1980 verspätet auf dem Markt erschienene europäische Hoffnungsträger Video 2000 mit seinen VCC-Kassetten kam trotz der 1,2 Millionen abgesetzten Recorder nicht recht zum Zug.³⁹¹⁸ Dabei war zunächst einmal die interne Priorität auf Video 2000 gelegt worden, galt es doch als „nicht überheblich zu behaupten, daß erst die Qualität des BASF-Bandes die Einführung dieses Systems ermöglicht hat.“³⁹¹⁹ Dass die Betamax-Kassette Marktanteile an VHS verlieren würde, zeichnete sich bereits ab. VCC und Betamax hielten sich bis Ende 1987, als das Produktionsprogramm praktisch ausschließlich auf VHS abgestellt wurde.³⁹²⁰

Erste Wolken am VHS-Kassettenhimmel



Abbildung 745: 1981 fertigte BASF Video-Kassetten für nicht weniger als sechs Systeme, von denen hier fünf zu sehen sind: LVC, SVC, VHS, Betamax und Video 2000.

Im Oktober 1982 nahm TDK Electronics Co. Ltd., Tokyo, ein für (umgerechnet) DM 250 Millionen gebautes Videokassettenwerk in Betrieb, womit TDK seine Kapazität mit einem Schlag verdoppelte, seinen Weltmarktanteil selbstsicher auf 34 % schätzte und in einem Maß auf Automatisierung setzte, wie es bisher nicht bekannt geworden war: das neue Werk hatte nur 400 Mitarbeiter, ein beträchtlicher Anteil davon Reparatur- und Kontrollpersonal. War es als Warnung gedacht, dass TDK bei dieser Gelegenheit für 1982 ein Videomarkt-Wachstum von „nur noch“ 7 % und für 1983 erste Überkapazitäten vorhersagte?³⁹²¹ Zum Jahresbeginn 1984 gab BASF bekannt, gleichsam als Bestätigung, dass bei Videokassetten zwar weitere Steigerungen zu erwarten, Sättigungserscheinungen aber nicht zu übersehen seien. So waren die Fabrikabgabepreise für Videokassetten von Mitte 1982 bis Ende 1983 um 40 % gesunken; die Erträge nannte man zwar nicht gerade sehr gut, aber noch „vernünftig“.³⁹²² In Europa sah sich BASF bei Audio- wie bei Video-Kassetten 1985 als Marktführer. Der japanischen Herausforderung setzte man, bei gleichbleibender Mitarbeiterzahl, die immer striktere Automatisierung der Video- wie Audio-Kassettenproduktion entgegen.

Die VHS-Kassetten-Weiterentwicklung: VHS E 240, S-VHS, BASF VHS E 300

Von diesen ersten Wolken am VHS-Himmel bekam der Endverbraucher kaum mehr mit, als dass die Videokassetten-Preise regelmäßig fielen und ihr Gebrauchsnutzen beständig zunahm. Das hieß zunächst einmal längere Spielzeit pro Kassette, verwirklicht 1982 in der Vier-Stunden-Kassette VHS E 240. Technische Voraussetzung war, bei gleicher Schichtdicke die Banddicke – bei VHS E 180 19,5 µm – mit einer dünneren Trägerfolie auf 15,5 µm zu reduzieren. BASF profitierte hier von der Video-2000-Entwicklung, verlangte doch die VCC 480 ein nur 13,5 µm dickes Band.

Beim direkten Vergleich zwischen Sendungs- und Aufzeichnungsqualität schnitt das VHS-System anfangs nie gut ab; vor allem neue Erkenntnisse in der Magnetkopftechnologie auf der Geräteseite und die schrittweise verbesserten wichtigsten Band-Parameter – also: Störabstand im Luminanz- und Chrominanz-Signal vergrößert, Drop-out-Raten gesenkt – ließen die Bildqualität aber sichtbar steigen. Einen ersten Schritt in diese Richtung brachte 1983 die BASF-Kassette VHS E 180 High Grade. Das HG-Band bekam eine pigmentierte Rückseitenbeschichtung, die (wie beim Audioband) glattere Bandwickel ergab und statische Aufladungen verhinderte: weil das Band keinen Staub anzog, hielten sich Aussetzer auf Dauer in Grenzen. Auf der nächsten Sprosse der Qualitätsleiter findet sich die Super High Grade HiFi, als VHS E 240 SHG HiFi zur Funkausstellung 1985 ins Sortiment gekommen und vor allem für die hochwertigen HiFi-Videorecorder gedacht, deren FM-Tonaufzeichnung in Tiefenmultiplex-Schrift eine besondere Schichtoptimierung erforderte.

Ende 1987 erschienen die ersten S-VHS-Kassetten von BASF, zunächst nur als SE 180, erst deutlich später auch als SE 240. Diese Typen waren, wie auch alle Camcorder-Kassetten (VHS-C und S-VHS-C), Zukaufsprodukte von spezialisierten Herstellern vorwiegend aus Japan. Im Fall SE 180 / SE 240 war das, angesichts des kleinen Marktanteils der S-VHS-Recorder, wirtschaftlich sinnvoll und angesichts der turbulenten Camcorder-Entwicklung so lange eine vertretbare Interims-Lösung, bis sich eines der Systeme durchgesetzt haben würde.

Zur Funkausstellung Berlin 1987 hatte BASF eine besondere Delikatesse vorbereitet: die Kassette VHS E 300 EQ mit fünf Stunden Spielzeit. Das 13,5 µm dicke, 430 m-Band auf hochfestem Trägermaterial hatte die E 300 gewissermaßen von der Video-2000-Kassette VCC 480 geerbt, neu hinzugekommen war die spezielle Rückseitenbeschichtung, die das Laufverhalten im VHS-Gehäuse verbesserte. Die Magnetschicht konnte nicht dünner gemacht werden, weil sonst die Audiokompatibilität (Längsspurtaufzeichnung) gelitten hätte.

Leider ließ sich JVC (als VHS-Lizenzgeber) lange nicht bewegen, dieser BASF-Sonderentwicklung sein Plazet zu geben. Erst ein einjähriger Testlauf in Österreich überzeugte JVC, dass die Reklamationsraten auch bei der Fünf-Stunden-Kassette im üblichen Rahmen lagen – worauf, mit steigendem Markterfolg, auch der Systemhalter die E 300 vertrieb. 1989 kam die VHS E 300 EQ zur Funkausstellung europaweit auf den Markt.³⁹²³ Andere Hersteller haben sich an einer VHS E 300 nie versucht, und so ist die *ununterbrochene* Fünf-Stunden-Laufzeit dieses BASF-Produkts von keiner anderen *analogen* Kassette übertroffen worden.



Abbildung 746: Die BASF VHS-Kassette E 300, deren *ununterbrochene* Laufzeit – fünf Stunden – keine analoge Kassette übertroffen hat.



Abbildung 747: Zwei S-VHS-Videokassetten aus dem BASF-Sortiment, (LINKS) etwa 1987, (RECHTS) um 1993.

Sturmwarnung: VHS-Überkapazitäten als Auftakt zur Videoband-Malaise

1986 ließen sich erste Anzeichen für eine Trendwende in Sachen VHS-Produktion ausmachen. Innerhalb der nächsten fünf Jahre verwandelte sich die Gans, die jahrelang goldene Eier gelegt hatte, nach und nach in einen Unglücksraben, der je länger, desto perfider zum Pleitegeier mutierte.

Ende April 1986 äußerte sich 3M Deutschland GmbH ungewohnt offen, ihr Umsatz sei zwar kräftig gestiegen, doch habe das neue Werk Kamen „wie in der ganzen Branche und weltweit“, nichts verdient,³⁹²⁴ denn „allein die japanischen Kapazitäten seien ausreichend, um den gegenwärtigen Bedarf an Videokassetten zu decken“.³⁹²⁵ Von den 50 Millionen Videokassetten, die 1986 in der Bundesrepublik verkauft wurden, stammten 25 % (also ca. 13 Millionen)³⁹²⁶ von BASF, doch drückte die 1985 eingeführte Video-Leerkassettenabgabe auf das Ergebnis. Der „fernöstliche[n] Expansionswut, nicht zuletzt gekennzeichnet durch den Aufbau gewaltiger Kapazitäten“, wollten die europäischen Hersteller mit Kooperationsabkommen begegnen. Einer engen Zusammenarbeit zwischen Agfa und BASF hätte jedoch das Bundeskartellamt nicht zugestimmt, so dass sich die beiden Firmen gegen Ende Juli 1987 vorerst auf gemeinsame Grundlagenforschung verständigten,³⁹²⁷ „was jedoch den Abbau mehrerer hundert Arbeitsplätze nach sich zieht“.³⁹²⁸

Seit 1986 versuchte BASF, sich gegen die vom Dollarkurs und niedrigen Personalkosten begünstigten Hersteller in Korea und Japan mittels Kapazitätsausbau zu behaupten, erreicht überwiegend durch konsequente Automatisierung der Produktion. Der folgerichtig einsetzende Preisverfall traf allerdings nicht nur Videokassetten, sondern ebenso und stärker EDV-Medien und, wenn auch schwächer, die Audio-Kassetten. Kaum öffentlich erwähnt wurde ein anderer Verlustbringer, die Videobänder für Duplizierer. Hierfür produzierte Willstätt Magnetband in ähnlicher Größenordnung wie für Videokassetten, mit dem Ergebnis, dass BASF beziehungsweise BASF Magnetics GmbH zwar zu den größten Produzenten gehörte (wenn nicht sogar ab etwa 1991 der größte war), aber den preisaggressiven Süd-Koreanern nur mit Mühe und teils herben Verlusten standhalten konnte.

Video-Duplizieren und -Programm-Distribution

Videoband-Rohwickel 12,7 mm für VHS-Duplizierer

Es versteht sich, dass alle Bandhersteller Video-Rohwickel spätestens seit den ersten Erfolgen bespielter Videokassetten (siehe unten) als lohnendes Geschäftsfeld entdeckten. Video-Rohwickel wurden allerdings schon früher an Gerätehersteller für Erstbestückungen geliefert, solange sich für die Hersteller die entsprechenden Konfektionier-Automatenstraßen noch nicht lohnten. So hat BASF Aktiengesellschaft um 1974 für die Philips-VCR-Kassettenproduktion nach Wien geliefert.³⁹²⁹

1990 erschien ein erstes Duplizierer-Sortiment mit vier Typen, je ein rückseitenmattiertes 19 μm - und 16 μm -Band für allgemeine Anwendung (für Spielzeiten bis 180 beziehungsweise 240 min) sowie ein Spezialband für Sprinter- wie für TMD-Kopien. Diese Bänder wiesen Koerzitivfeldstärken um 48 kA/m (605 Oe) auf, wobei für TMD natürlich nur ein Chromdioxidband in Frage kam. 1992 erschien ein weiter differenziertes Sortiment: nun wurde unterschieden zwischen Magnetband für Verkaufs- und Verleih-Videokassetten, letzteres ein rückseitenbeschichteter Typ für stark beanspruchte (lies: malträtiertere) Videotheken-Kassetten. Die Koerzitivfeldstärke war auf 50 kA/m (630 Oe) heraufgesetzt.

Die zunehmende Bedeutung des Video-Duplizierer-Bereichs zeigt sich daran, dass BASF 1995 nicht weniger als sechzehn Bandtypen für diesen Sektor anbot. Alle Typen wurden jetzt als VT 19 (19 μm Gesamtdicke) und VT 16 geliefert sowie in drei Qualitätsabstufungen (Standard Grade, High Grade sowie Super High Grade), die TMD- und Sprinterbänder ausgenommen, weiter jeweils ohne und mit Rückseitenbeschichtung, letztere am Zusatz BC (backcoating) zu erkennen. Die Koerzitivfeldstärke war auf 52 kA/m (655 Oe gestiegen); als Magnetpigment wurde (außer bei TMD) eine Mischung von Chromdioxid und kobaltdotiertem Eisenoxid eingesetzt.³⁹³⁰

Den Video-Duplizierer-Markt kennzeichnete ein geradezu ruinöser Preisdruck, dem viele Hersteller gravierende wirtschaftliche Probleme zu verdanken hatten. Dem Nachfolger der BASF-Magnetbandproduktion, der EM-TEC GmbH, half es nicht einmal, dass sie nach harten Rationalisierungsmaßnahmen zum weltweit größten Dupliziererband-Hersteller aufsteigen konnte. Um das Marktsegment Video-Duplikation nach und nach bis auf einen Bruchteil der früheren Kapazitäten schrumpfen zu lassen, taten die Vorteile der DVD ein Übriges, die auch die Logistik aller Duplizierer entscheidend vereinfachte.

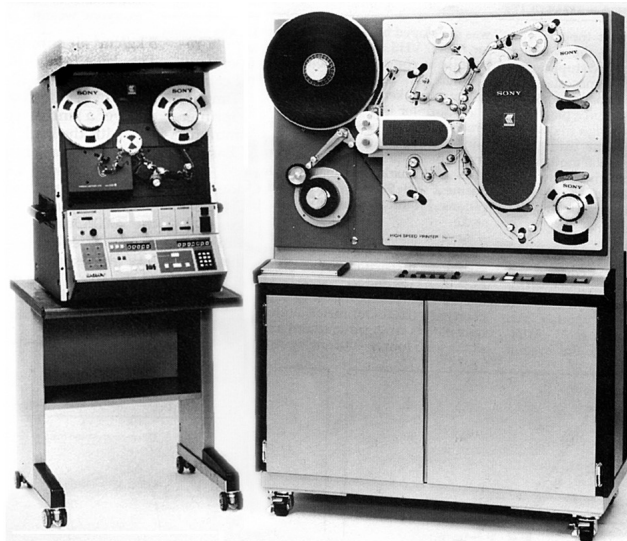


Abbildung 748: rechts eine „Sprinter“-Kontaktkopiermaschine für Videobänder im VHS-Format von Sony; links der Mirror-Master-Recorder zur Erstellung des spiegelbildlichen Masterbandes.



Abbildung 749: Das Otari-TMD-Verfahren „Thermal Magnetic Duplication“ zum Schnellkopieren von Videobändern im VHS-Format. Wärmequelle ist ein Laser.

Wohnzimmer-Kino mit Videokassetten

1967 begann in der Bundesrepublik Deutschland das Farbfernsehen, und spätestens jetzt trafen sich die Marketing-Ideen unabhängiger Programm- und Film-Produzenten und die Nachfrage der Zuschauer, denen das Angebot öffentlich-rechtlich strukturierter Fernsehanstalten nicht genügte: Jedermann (jedefrau?) sollte Spielfilme, die aus rechtlichen, moralisch-ästhetischen oder finanziellen Gründen nicht im Programm zu sehen waren, auf geeigneten Trägern erwerben und via Fernsehgerät anschauen können.

Die Industrie – hier das branchenübliches Kürzel für alle Produzenten von Video- oder Audio-Inhalten – setzte, wie auf Seite 567 beschrieben, anfangs auf Nur-Wiedergabesysteme wie EVR, Selectavision oder Bildplatten. Wie sich seit 1977 in einer durch mehrere USA-Rechtsinstanzen laufenden Auseinandersetzung zeigte, war die Industrie nämlich keineswegs davon angetan, dass ein – naturgemäß aufnahmefähiges – Magnetbandsystem dem Konsumenten die Freiheit gab, auch Spielfilme aus dem laufenden Programm aufzuzeichnen. Kläger waren

MCA Universal und Buena Vista/Walt Disney Productions, Beklagter, als Stellvertreter für alle Recorderhersteller, Sony. Der Prozess wurde erst im Januar 1984 zugunsten von Sony (beziehungsweise allen Konsumenten) entschieden.³⁹³¹ Das triviale Endverbraucher-Bedürfnis nach „Aufzeichnungsfähigkeit“ dürfte auch der Grund sein, warum sich vor dem Jahr 2002 kein Bildplattensystem durchsetzen konnte.

Dafür entdeckte die Industrie um 1980 zur eigenen Überraschung, wie aufnahmefähig der Markt für die Wiederverwertung längst amortisierter Filmklassiker war. Als bald ging sie dazu über, Neuproduktionen teils im Kino, teils als Videokopie zu verwerten, letztere damals zu Preisen knapp unter DM 300. Auf dem deutschen Markt wurden 1980 (ohne den Porno-Sektor) etwa 250.000 Videokopien, Wert DM 60 Mio, verkauft; für 1982 war ein Sortiment von 1.000 Titeln angekündigt. Mietkassetten erwiesen sich als rentabler Markt; größere „Videotheken“ verliehen bis zu 40.000 Kassetten pro Monat.³⁹³² Kulturkritiker sahen das „Zeitalter der Videotie“ angebrochen und warnten: „*Video – ein potentieller Kulturgut-Killer?*“³⁹³³

Unnötig zu sagen, dass diese Nachfrage innerhalb kürzester Zeit, von der Öffentlichkeit kaum wahrgenommen, einen neuen Markt schuf, fast eine eigene Welt aus Bandherstellern, Kopiergeräte-Produzenten und nach Zahl und Kapazität schnell wachsenden Videokopier-Firmen, die ihre Konkurrenzkämpfe mit ebenso harten Bandagen austrugen wie die bekannten Hersteller auf dem Publikums-Videomarkt. Natürlich profitierte auch der Duplizierer-Markt davon, dass sich VHS rasch als Standard durchsetzte und die weniger verbreiteten Systeme (für die kaum rentable Kleinserien aufzulegen waren) verschwanden. Um welch immens großen Markt es hier schließlich ging, zeigen zwei Zahlen: Mitte 1999 schätzte man den Welt-Bestand an Videorecordern auf 600 Millionen (monatliche Zunahme in den USA: 1 Million Stück), und 1998 wurden allein in den USA rund eine Milliarde bespielter Video-Kassetten im Wert von 10 Milliarden USD verkauft (im Schnitt hatte sich also jeder US-Bürger vier Videokassetten beschafft).³⁹³⁴

Video-Kassetten-Duplizieren in Echtzeit: „One-to-One“

Das Schnellkopieren von Compact-Cassetten-Aufzeichnungen, wirtschaftliche Voraussetzung der Musicassette und ihrer (begrenzten) Erfolge, war Mitte / Ende der 1970er Jahre technisch ausgereift. Das relativ einfache Verfahren, das hier 16- und 32-, bald sogar 64- und 128fache Verkürzung der Kopierzeit (im Vergleich zur Original-Spielzeit) erlaubte, ließ sich aber nur beschränkt an die ungleich diffizilere Video-Technik adaptieren. Zum Bespielen von Rohwickeln (das heißt, dem in Längen bis zu mehreren 1.000 m nur auf Wickelkern aufgespulten Videoband) modifizierte Videorecorder kamen gerade auf doppelte Kopiergeschwindigkeit, mehr war elektrisch und mechanisch nicht beherrschbar.³⁹³⁵ Praktischer Stand der Video-Kopiertechnik blieb daher jahrelang das 1:1 (One-to-One)-Duplizieren, das heißt, an ein Video-Abspielgerät (den Masterläufer, vorzugsweise ein professionelles Format wie 1-Zoll-B) wurde eine große Zahl von „*slaves*“, robusten (VHS-)Video-Aufzeichnungsgeräten, angeschlossen. Die Kopierzeit war also gleich der Original-Spielzeit, und so hing die Kapazität einer Anlage in erster Linie von der Anzahl der *slaves* ab – in großen Kopierwerken waren 2.000 *slaves* keine Seltenheit.³⁹³⁶ Die britische Firma Rank Video Services GmbH, die 1990 ihren ersten Standort auf dem Kontinent im „Industriepark Willstätt“ eröffnete, erweiterte 1995 ihre Anlagen auf 5.400 *slaves* und erreichte damit eine Jahres-Kapazität von 15 Millionen Videokassetten.³⁹³⁷

Kontaktkopieren: Von der Erfindung zur VHS-Hochgeschwindigkeitskopie

Wie Rolf Müller-Ernesti 1941 bei AEG Berlin entdeckt hatte, lassen sich Magnetbandaufzeichnungen kopieren, indem ein Mutterband und ein Tochterband Schicht an Schicht durch ein Magnetfeld laufen, wobei das Mutterband „magnetisch härter“ sein muss, besser gesagt: eine etwa dreimal höhere Koerzitivfeldstärke benötigt als das Tochterband.³⁹³⁸ Als Müller-Ernestis Patent DE 910 602 im Jahr 1954 veröffentlicht wurde, hatten sich bereits amerikanische Experten mit dem gleichen Verfahren beschäftigt und auf ihre Doppelerfindungen ebenfalls Patente erhalten. Probleme beim Kontaktkopieren waren daraus entstanden, dass sich „*ein gewisser Schlupf zwischen den beiden Magnetbändern nicht vermeiden lässt [und] daß beim schnellen Zusammenführen von Mutter- und Tochterband oft Luftfeinschlüsse zwischen den beiden Magnetschichten entstehen*“, so dass das Kontaktkopieren allenfalls für „*Tonaufzeichnungen mäßiger Qualität brauchbar*“ schien.³⁹³⁹

Die Mitte der 1960er Jahre anlaufenden Untersuchungen, wie sich das Kontakt-Kopieren auf Videoaufzeichnungen übertragen ließe, waren also nichts grundsätzlich Neues.³⁹⁴⁰ Bariumferrit-Bänder mit Koerzitivfeldstärke-Werten um 160 kA/m (2.000 Oe) oder Metallpigment-Bänder (120 kA/m / 1.500 Oe) waren Anfang der 1980er Jahre verfügbar.³⁹⁴¹ Beim Kontaktkopieren liegen, wie gesagt, Mutter- und Tochterband dichtgepackt Schicht an Schicht gegeneinander. Da das Spurbild des Tochterbands dem Systemstandard zu entsprechen hat, muss die Mutterbandaufzeichnung dazu „spiegelbildlich“ sein – daher die Bezeichnung „Mirror Master Tape“. Einen Mirror-Master-Recorder kennzeichnen außer einer Kopftrommel mit „abnormer“ Geometrie auch besondere Magnetköpfe wegen der hohen Koerzitivfeldstärke der Mutterbänder.

Kontaktkopieren von Videoaufzeichnungen (1): Sony Sprinter

Zwei Video-Kontaktkopierverfahren lösten Mitte der 1980er Jahre das 1:1-Kopieren zumindest bei Groß-Serien ab. Die letztlich erfolgreichere Variante war der „Sprinter“ (von „Speed Printer“) aus dem Haus Sony Magnescale Inc. (seit 1996 Sony Precision Technology Inc.), einer Sony-Tochter, die sich auf den Bereich Präzisionsmessungen und Werkzeugmaschinen-Steuerung verlegt hatte.

„Drehpunkt“ des Sprinters ist eine luftgelagerte Trommel (transfer drum), auf der das Tochterband mit der Trägerseite anliegt. Auf seine Schichtseite wird das Mutterband angedrückt, und zwar von einem mitlaufenden unbeschichteten Polyester-Transportband (drive tape), das beim späteren Loop-Bin-Sprinter HSP-600 entfiel. Über der Mitte der Kontaktzone angeordnet ist der Transfer-Magnetkopf, aus dessen Spalt das hochfrequente Kopierfeld austritt, Mutter- und Tochterband durchsetzt und so die Kopie der Bild- und Ton-Inhalte zustande bringt. Um jede Berührung zwischen Transportband und Transferkopf zu vermeiden und den Kontakt zwischen Mutter- und Tochterband zu intensivieren, wird Druckluft in den Zwischenraum geblasen.

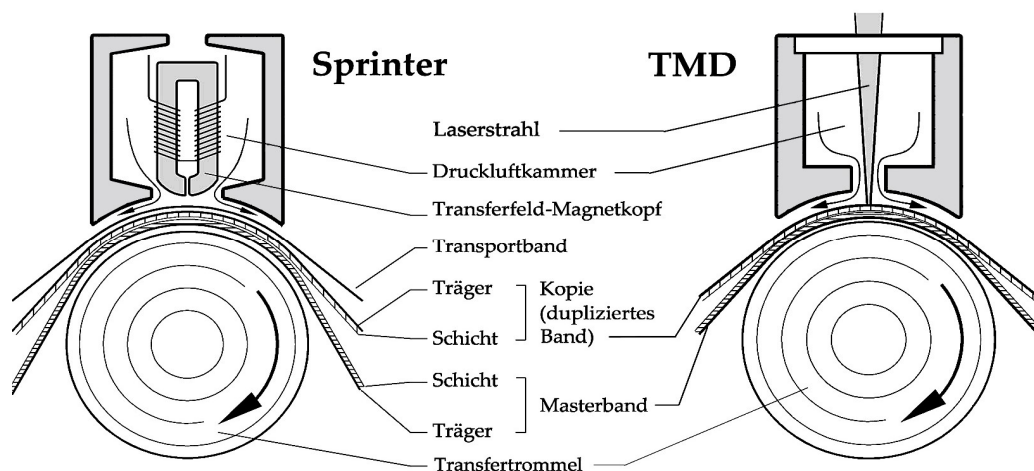


Abbildung 750: Die Arbeitsprinzipien der beiden Video-Schnellkopiersysteme: (LINKS) Sony Sprinter mit magnetischem Transfer-Feld, (RECHTS) Otari TMD mit Laserenergie; genutzt wird der relativ niedrige Curie-Punkt der Chromdioxid-Tochterbänder.

Bereits 1981 hat Sony auf der Internationalen Funkausstellung Berlin einen Vorneweg-Sprinter als Schnellkopiersystem für Betamax-Kassettenband gezeigt, dessen Beschreibung alle Merkmale der späteren Seriengeräte aufweist. Insbesondere wird der intensive mechanische Kontakt des spiegelbildlich beschriebenen Mutterbandes mit dem Tochterband im 250 kHz-Wechselmagnetfeld betont.³⁹⁴² Das System hat wohl noch drei Jahre zum Reifen benötigt, denn auf dem japanischen und US-amerikanischen Markt erschien die erste Sprinter-Generation, HSP-5000, Ende 1984,³⁹⁴³ die zweite 1988 in Europa (HSP-5000A).

Ein Zwei-Stunden-Programm kopierte die erste Sprinter-Generation in knapp 80 Sekunden, einschließlich Rücklauf des Masterbandes, erreichte also etwa 90-fache Kopiergeschwindigkeit. Rüstzeiten mitgerechnet, schaffte ein Sprinter in drei Schichten knapp 1.300 Spielfilmkopien (VHS E 105), anders gesagt, er ersetzte etwa 100 bis 120 1:1-slaves. Eine solche Anlage (einschließlich der notwendigen Einspulgeräte in die Videokassetten selbst) brauchte natürlich deutlich weniger Raum als eine konventionelle Anlage und sparte enorm Leistung (und Wärmeentwicklung): Ein Sony Sprinter nahm nur rund 1 kWh elektrische Leistung auf, brauchte dazu Druckluft und wollte in einem (peinlich staubfreien) Reinraum aufgestellt sein.³⁹⁴⁴

1989 erschien eine Weiterentwicklung des Sprinters, HSP-800. Ähnlich wie bei Audio-Kopieranlagen lief das Mutterband jetzt horizontal als endlose Schleife in einer „loop bin“, so dass der Kopiervorgang nicht jeweils zum Zurückspulen des Mutterbandes unterbrochen werden musste: ein 3-Stunden-Programm war nun innerhalb von 50 Sekunden kopiert, entsprechend 214-facher Kopiergeschwindigkeit.³⁹⁴⁵

Kontaktkopieren von Videoaufzeichnungen (2): Otari TMD

Das technisch eher attraktivere (von Müller-Ernesti nicht vorweggenommene), kommerziell weniger erfolgreiche System entwickelte die japanische Otari, Inc. zusammen mit der US-Firma duPont, die die wichtigsten Patente zur Chromdioxid-Herstellung besaß und dementsprechend lebhaftes Interesse am thermoremanenten Duplizieren zeigte. Entscheidende Patente hatte duPont allerdings im Tausch gegen günstige Lizenzbedingungen von Agfa Leverkusen bekommen;³⁹⁴⁶ entwickelt hatten den „Curie point magnetic recording process“, also die thermoremanente Kopie mit Chromdioxid, Joachim Greiner, Wolfgang Eichler und Friedrich Krones.³⁹⁴⁷

Die 1986 vorgestellte, seit Anfang 1988 ausgelieferte³⁹⁴⁸ TMD-Schnellkopiermaschine T-700 (TMD: Thermal Magnetic Duplication) machte sich zunutze, dass die sogenannte Curie-Temperatur von Chromdioxid bei „nur“ etwa 120 – 130 °C liegt und der Polyesterträger des Videobandes diese Temperatur kurzzeitig noch ohne Formänderung verkraftet.³⁹⁴⁹ Vereinfacht gesagt, wird das Chromdioxid-Band oberhalb seiner Curie-Temperatur so leicht magnetisierbar, dass es die vom Masterband ausgehenden Magnetfeldmuster übernimmt, also nach dem Abkühlen eine Kopie des Videoprogramms trägt. ☞ Als Wärmequelle dient ein Laser, der einen schmalen Streifen des Tochterbands von der Trägerseite her aufheizt. T-700 erreichte etwa 190-fache Kopiergeschwindigkeit und konnte damit etwa 160 – 240 1:1-Kopierrecorder ersetzen; die Durchlaufgeschwindigkeit eines weiterentwickelten TMD-Modells T-710 lag bei 10 m/s, das heißt, beim 428-fachen der VHS-Standardbandgeschwindigkeit. Die Lasertechnik stellte allerdings besondere Anforderungen: zur Kühlung brauchte T-700 einen Kaltwasser- und einen Druckluft-Anschluss und nahm annähernd 17 kWh an elektrischer Leistung auf.³⁹⁵⁰

ACHTES BAND: Aufbruch ins Digitalzeitalter

Digitale Tonaufzeichnung auf Magnetband

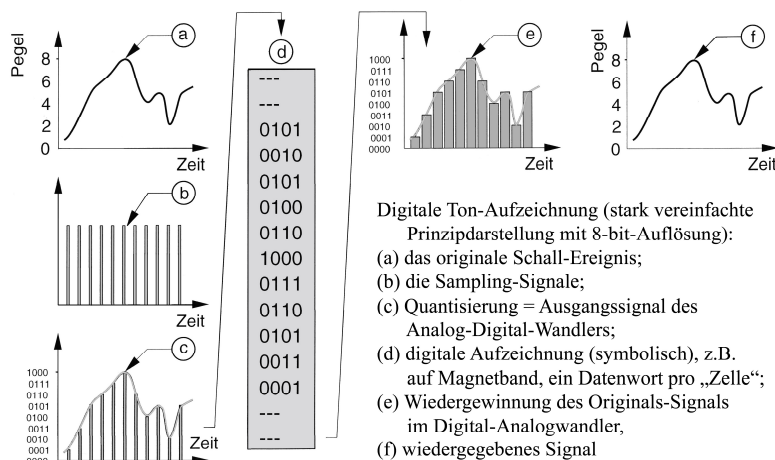
Bereits Mitte der 1970er Jahre galt unter Fachleuten als ausgemacht, dass die analoge Magnetbandtechnik nur noch langsame Fortschritte machen werde, und auch die nur mittels unverhältnismäßig großer ingenieurtechnischer Anstrengungen. Gerade bei der Mehrspurtechnik war der Abstand zwischen Gebotenen und wünschenswerter Leistung so auffallend, dass durchgreifende Besserung nur von einem radikalen Wechsel des Aufzeichnungsverfahrens zu erwarten war. Auch wer mit Details der elektronischen Datenverarbeitung, sprich: der Computertechnik, nicht besonders vertraut war, konnte aus Grundkenntnissen der Verfahren und angesichts ihrer beständig wachsenden Leistungsfähigkeit ableiten, dass hier technisches Potenzial heranwuchs, um auch die Tonstudientechnik zu revolutionieren. Man fing an, zwischen *analoger* und *digitaler* Technik zu unterscheiden. Öffentlich eingeläutet wurde das digitale Zeitalter der Tonaufzeichnung während zweier Konferenzen der Audio Engineering Society in New York: 1976 demonstrierte Soundstream eine zehn Minuten lange, elektronisch geschnittene Digitalaufzeichnung auf Magnetband, 1977 präsentierte TEAC ein optisches Verfahren, 3M stellte ein 32-Kanal-Magnetbandgerät mit 16 bit Auflösung und 50 kHz Samplingfrequenz vor.³⁹⁵¹

Von analog nach digital: nicht nur technisch ein schwieriger Prozess

Analoge Aufzeichnungsverfahren zielen darauf ab, *akustische Zustandsgrößen* nach ihrer Umformung in inhaltsgleiche *elektrische Zustandsgrößen* (der Aufgabe des Mikrofons) aus einer Zeitfunktion (Schallereignis) in eine Ortsfunktion (Aufzeichnung auf Magnetband, Schallplatte, Tonfilm) zu wandeln, mit einem Wort: aufzunehmen. Die Wiedergabe kehrt die Funktionskette um; am Ende wird eine Lautsprecheranordnung die ursprünglichen *akustischen Zustandsgrößen* rekonstruieren. Je geringer die Unterschiede zwischen Original und Wiedergabe, umso höher die Qualität des Verfahrens.

Analoge wie digitale Technik werden allerdings nur dann befriedigende Resultate bringen, wenn an jeder Stelle der Übertragungskette die komplexen Frequenz-, Amplituden-, Phasen- und Zeitbeziehungen erhalten bleiben. Welche Toleranzen zulässig sind, wird anhand von Hörvergleichen mit Versuchspersonen aus der jeweiligen Zielgruppe (vom hochqualifizierten Studiopersonal bis zum unkritischen Endverbraucher) definiert. Das gilt auch für unerwünschte „Zusatzprodukte“, wie Verzerrungen, Rauschen, Kopiereffekt, Pegel- und Tonhöhenchwankungen.

Digitale Tonaufzeichnungs-Verfahren gehen, aufs Äußerste vereinfacht, davon aus, den Verlauf einer Zustandsgröße mit *Zahlenwerten* zu beschreiben, die in ausreichend kurzen (und exakt gleichen) Zeitabständen zu ermitteln sind. Liegt beispielsweise das Abbild eines Schallereignisses als elektrischer Spannungsverlauf vor, wird man



jeweils nach einer 1/48.000stel Sekunde die gerade anliegende Spannung messen und die gefundene Maßzahl speichern.³⁹⁵² Zur Wiedergabe werden die vom Magnetband ausgelesenen Digital-Impulse „Wort für Wort“ in elektrische Spannungen rück-übersetzt, „gewandelt“, und vom Lautsprecher hörbar gemacht.

Die elektronische Datenverarbeitung hat gezeigt, dass Maßzahlen am besten in binärer Form zu speichern sind, also in einem Zählsystem, das nur Zustände kennt, die wahlweise durch 0 und 1, *Ein* und *Aus*, einen positiven und einen negativen Größtwert – kurz „bits“ –, dargestellt sind. Aus praktischen Gründen

wird man jede Maßzahl mit einer vorgegebenen Stellenzahl von Nullen und Einsen darstellen.³⁹⁵³

Es fragt sich, worin der Vorteil bestehen soll, statt Signale mit Frequenzen zwischen 20 Hz und 20.000 Hz aufzuzeichnen, nun 768.000 positive oder negative Werte pro Sekunde zu ermitteln und zu speichern, auch wenn dies dank der Fortschritte bei integrierten Schaltkreisen schließlich ohne weiteres machbar wurde. Die Antwort setzt bei der nichtlinearen Arbeitsweise der analogen Magnetbandtechnik an, die die HF-Vormagnetisierung zwar über einen weiten Bereich kaschiert, aber nicht vollkommen beseitigt. Zeichnet man dagegen nur solche Impulse auf, die das Magnetband bis zur „positiven“ oder „negativen“ Sättigung magnetisieren, liefern bei der Wiedergabe elektronische Auswerte-Schaltungen ebenso eindeutige Signale, wieder 0 oder 1 genannt. Das heißt einerseits: die im Analog-Bereich so kritische Nichtlinearität des Magnetbandes spielt bei der Digital-Aufzeichnung keine Rolle mehr. Überragend wichtig wird andererseits die Fehlerfreiheit des Bandes (seine Drop-out-Zahl).

Zwar können besondere Codierverfahren ausgefallene Bits in verblüffender Größenordnung rekonstruieren, doch ist deren Leistungsfähigkeit erschöpft, wird die Wiedergabe „stummgeschaltet“, also unterbrochen.

Der – zunächst noch zögerliche – Übergang zur Digitaltechnik frustrierte viele Techniker, die mit der Analogtechnik aufgewachsen waren und sich auch emotional mit ihrem Metier verbunden fühlten. Große Teile ihres Fachwissens, das auf den eng mit Gehörseigenschaften verknüpften, gewissermaßen organisch definierten Mess- und Bewertungsverfahren basierte, würden in absehbarer Zeit obsolet werden. Leistungskennzahlen, von Entwicklern und Herstellern oft nur mühsam in Zehntel-dB-Schritten aufge bessert, rutschten ins Nebensächliche ab. Kenngrößen aus dem (kaum mit irgendwelchen Emotionen verbundenen) Computerband-Bereich wollten begriffen und zu der eigentlichen Aufgabe „Schallaufzeichnung“ in Beziehung gesetzt werden. Denn das bedeutete ja letztlich Digitaltechnik: Tonaufzeichnung mit den Mitteln der Datenverarbeitung. Der Schock wäre vielleicht leichter zu verkraften gewesen, hätte man sich klargemacht, dass jede Leistungskennzahl eines analogen Magnetbandes im Grunde nur seine Beschränkungen widerspiegelt.

Die Digitaltechnik verlagerte noch mehr „hörphysiologisch Wichtiges“ vom Magnetband in die Maschinerie, wozu freilich Ingenieure und Tonmeister den Analog-Digital-Wandlern und ihren Gegenstücken, den Digital-Analog-Wandlern, anfängliche Untugenden („Artefakte“) austreiben mussten.³⁹⁵⁴ Jetzt hatte das Magnetband also „nur noch“ Zahlenwerte zu speichern, so dicht wie möglich und ohne jeden nicht-korrigierbaren Ausfall, am besten selbst ohne solche Schwachstellen, die die Fähigkeiten der Korrektur-Algorithmen auch nur zu einem Bruchteil beansprucht hätten.

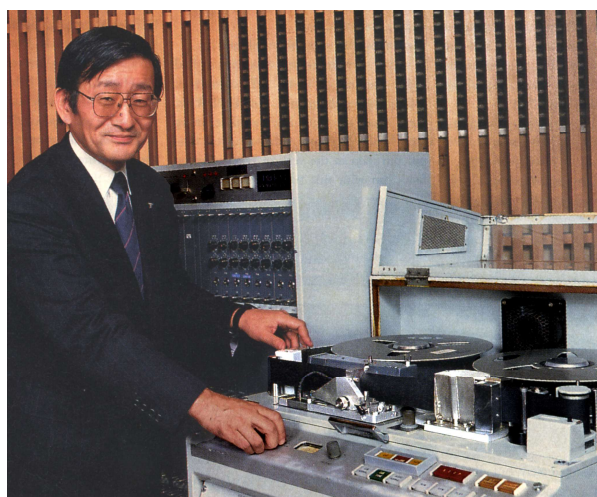


Abbildung 751 (LINKS): Der vermutlich erste kommerzielle Digital-Recorder von Nippon Columbia, demonstriert von Takeaki Anazawa, einem Mitglied des Entwicklerteams. – Das Quadruplex-Kopfrad dieses 1972 zum Achtspur-Digital-Tonbandgerät umgebauten Videorecorders (wohl japanischer Fertigung) liegt hinter dem dreieckigen Metallstück (oberhalb der rechten Hand). Das metallisch helle, geschlossene Gehäuse rechts davon dürfte die Magnetköpfe für Hilfsaufzeichnungen umschließen (siehe Text).



Abbildung 752 (RECHTS): Das digitale 48-Kanal-Magnetbandgerät Sony PCM-3348; Aufzeichnung auf 1/2-Zoll-Magnetband im DASH-Format.

Alles in allem bot die Digitaltechnik, nüchtern betrachtet, eben auch gewichtige Vorteile, die den höheren elektronischen Aufwand, die absehbar notwendige höhere Bandgeschwindigkeit, den stabileren mechanischen Aufbau, nicht zuletzt die drastisch höheren Anschaffungs- und Betriebskosten rechtfertigen konnten. Digital-Aufzeichnung eliminiert zuhauf Nachteile, die analogen Aufzeichnungen auf Magnetband wegen dessen Nicht-linearitäten anhaften, wie Rauschen, Kopiereffekte, Modulationsrauschen, Empfindlichkeitsschwankungen, Frequenzgang-Begrenzungen und -Welligkeiten bei tiefen Frequenzen und das Übersprechen von einer Spur zur anderen. Das ganze komplizierte Geflecht von Entzerrungs-Zeitkonstanten und ihren gegenseitigen Abhängigkeiten mit Bandgeschwindigkeit, Arbeitspunkt, Aufnahme- und Wiedergabe-Höhenanhebung, Dynamik und der in den höheren Frequenzbereichen abfallenden Aussteuerbarkeit löste sich spurlos auf. Gleichlauffehler (des Tonbandgeräts) sind nicht mehr messbar, weil elektronische Speicherschaltungen die Impulse nach der Methode „ungeordnet herein – strikt im Takt hinaus“ ordnen und ausgeben. Alle diese in der Analog-Magnetbandtechnik so bedeutenden Parameter verloren ihre Bedeutung.

Der unbestritten größte Vorteil der Digitaltechnik liegt allerdings darin, dass sie Kopien ohne jeden Qualitätsverlust über nahezu beliebig viele Generationen hin ermöglicht. Es kann sogar die paradoxe Situation eintreten, dass die Kopie besser ist als das Original, wenn nämlich die digitalen Korrekturschaltungen Fehler „wegrechnen“ und die Kopie als einwandfreie Impulsfolge niederlegt wird.

In der Praxis kam die Digitaltechnik ganz überwiegend der Mehrspur-Magnetbandtechnik zugute. Von der Spurbreite wesentlich unabhängiger als die Analogaufzeichnung (praktische Grenze hier bei 1 mm), brachten digitale Mehrspurmaschinen 48 Kanäle auf nur 1/2 Zoll breitem Band unter, das dann allerdings mit 76,2 cm/s laufen musste.

Professionelle Audio-Digital-Magnetbandgeräte

Aufbauend auf theoretischen und praktischen Arbeiten, die in den 1930er Jahren von Harry Nyquist (laut seinem Abtast-Theorem muss die Abtastfrequenz mindestens doppelt so hoch sein wie die höchste Übertragungsfrequenz) und vor allem von Alec Harley Reeves (Puls-Code-Modulation, das oben in Umrissen skizzierte Verfahren) veröffentlicht worden waren, begann die führende staatliche japanische Rundfunkanstalt NHK (Nippon Hoso Kyokai) um 1962 mit Versuchen, die 1967 zu einem arbeitsfähigen digitalen Mono-Recorder führten. Die Sampling-Frequenz lag bei 31,5 kHz (die obere Grenzfrequenz also bei 15 kHz), die Auflösung bei 13 bit.³⁹⁵⁵ Den ersten kommerziell eingesetzten Digital-Recorder dürfte der japanische Schallplattenhersteller Nippon Columbia (eine Tochtergesellschaft des Hitachi-Konzerns), bekannt unter dem Markennamen Denon, entwickelt haben. Auf Basis eines Zwei-Zoll-Videorecorders – seinerzeit der einzige Gerätetyp, der betriebssicher die benötigte Frequenzbandbreite beherrschte – entstand 1972 ein achtkanaliges stationäres Gerät mit der Sampling-Frequenz 47,25 kHz und der Auflösung 13 bit, das 1974 mit einer transportablen Version ergänzt wurde. Bei Vier-Kanal-Aufnahmen wurden jeweils zwei, für Zwei-Kanal-Aufnahmen jeweils vier Kanäle „parallel geschaltet“, was die Aufzeichnungs-Sicherheit beträchtlich erhöhte. Diese Maschinen hatten einige bemerkenswerte Einrichtungen: Wiedergabe mit halber Geschwindigkeit, um „half-speed“-Schallplatten-Schneidemaschinen betreiben, und Vorkörpfe, um deren Vorschub steuern zu können. Typisch bereits für diese frühe Generation waren linealgerade Frequenzgänge bis 20 kHz, auch bei Vollausssteuerung, hervorragende Gleichlaufwerte und niedrigste Verzerrungen, die analoge Tonbandgeräte kaum bieten konnten.³⁹⁵⁶

Seit 1969 unternahm Thomas G. Stockham, Chef der 1975 gegründeten Soundstream, Inc. aus Salt Lake City, Utah, USA, erste Versuche mit digitaler Musikaufzeichnung, die 1976 zu ersten 16-bit-Aufnahmen auf einem Instrumentationsrecorder führten. Schallplatten, die nach seinen Digital-Mastern gefertigt wurden, erschienen 1978 (1976 hatte Stockham mit einer umfangreichen Serie von digital restaurierten Caruso-Aufnahmen beträchtliches Aufsehen erregt).³⁹⁵⁷

Auch der renommierte englische Plattenhersteller Decca setzte, unzufrieden mit dem Stand der damals angebotenen kommerziellen Geräte, auf Eigenbau. Hier waren am Neujahrstag 1979 zwei umgebaute IVC-Video-recorder (International Video Corporation, Bandbreite 1 Zoll) im Einsatz, die mit der ungewöhnlich hohen Auflösung von 18 bit arbeiteten. Decca hatte sich gegen U-matic als Trägerformat entschieden, weil das 1-Zoll-Format wegen der geringeren Aufzeichnungsdichte bedeutend höhere Datensicherheit versprach und offenbar auch hielt. Zudem verfügten die IVC-Recorder – kaum größer als ein analoges Studio-Tonbandgerät – über das Äquivalent zur Hinterbandkontrolle, „read after write“, was seinerzeit bei U-matic nicht zu verwirklichen war.³⁹⁵⁸

Bei EMI hatte man mit einigem Missfallen registriert, dass der große Konkurrent Decca zuerst ins Ziel gekommen war, zumal zur gleichen Zeit das EMI Central Research Laboratory in Hayes am Umbau eines Instrumentations-Recorders für digitale Musikaufnahmen arbeitete. Es traf sich gut, dass für Mitte Juni 1979 eine Produktion des Orchesterwerks „Images“ von Claude Debussy mit dem London Symphony Orchestra und André Previn als Dirigent angesetzt war. Suvi Raj Grubb, renommierter Klassik-Produzent, wagte es, das gerade eben fertiggestellte Gerät für die Aufnahme einzusetzen – das Ergebnis überraschte sowohl den Dirigenten wie den Produzenten mit einem absolut durchsichtigen Klangbild ohne Nebengeräusch.³⁹⁵⁹ Warum EMI knapp ein Jahr später ihren eigenen Digitalrecorder trotz der von Anfang an hervorragenden Klangqualität wieder aufgab, ist nicht bekannt. Am wahrscheinlichsten dürften mit den Aufzeichnungsformat – Samplingfrequenz 50 kHz, 15 bit ^{<sic>}, 76,2 cm/s auf 1-Zoll-Band ³⁹⁶⁰ – zusammenhängende Probleme beim Musikschnitt sein. Im gleichen Jahr erschien noch eine 30 cm-Schallplatte mit der seltenen Drehzahl 45 upm, eingespielt von der Jazz-Formation Morrissey/Mullen, beworben als „*Britain's first digitally recorded single record at Abbey Road Studios.*“

BBC London hatte seit 1974 einen experimentellen 10-Kanal-Recorder entwickelt und führte diese Arbeiten zusammen mit 3M weiter, woraus 1978 eine 32-Kanal-1-Zoll-Maschine und ein 2-Kanal-Gerät für ¼-Zoll-Band hervorgingen,³⁹⁶¹ eines der ersten Digitalmagnetbandgeräte mit feststehenden (nicht-rotierenden) Magnetköpfen.³⁹⁶² Mit rund 3.300 m Band auf einer 12 ½-Zoll-Spule (32 cm; 14 Zoll = 36 cm war möglich) erreichte das fernsteuerbare 3M-Gerät trotz seiner ungewöhnlich hohen Bandgeschwindigkeit von 114 cm/s (45 ips) Spielzeiten von gut 30 Minuten.³⁹⁶³ Diese Maschine, die anscheinend keine eindeutige Typbezeichnung hatte, wurde als erste digitale Mehrspurmaschine *serienmäßig* gefertigt und gilt deshalb, trotz der ungeschickt gewählten Sampling-Frequenz 50 kHz, gewissermaßen als Wegbereiter der anlaufenden digitalen Revolution. Das Gerät war 1981 während der AES Convention Hamburg auch in Deutschland zu sehen.

Die japanische Mitsubishi Electric Corporation startete 1977 ihr digitales Engagement mit einem Neun-Spur-Recorder, der mit der Standard-Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s und 6,3 mm-Band arbeiten sollte. Zusammen mit dem BBC-Gerät läutete dieses Gerät die Abkehr von den zweckentfremdeten Videorecordern zugunsten der in Tonstudios geläufigen Bauweise mit feststehenden Magnetköpfen ein.³⁹⁶⁴ Mitsubishi stellte 1981 sein hauseigenes System „PD“ (Professional Digital) vor, das AEG-Telefunken, Konstanz, unter ihrem Namen in Europa vertrieb. MX-800 war eine 32-Kanal-Maschine mit 1-Zoll-Band; als Zwei-Kanal-Maschine standen das Modell MX-80A und seine transportable Version MX-80 im Programm. Mitsubishi hatte sich für die Sampling-Frequenz 50,4 kHz entschieden; das Aufnahmeformat erlaubte „blutige“ Schnitte mit Hilfe einer Rasierklinge, die aber exakt senkrecht verlaufen mussten. Zwischen den Bandenden war eine etwa 1/10 mm breite Lücke zu lassen, an der die Elektronik die Schnittstelle erkannte und eine weiche Überblendung auslöste.³⁹⁶⁵ Das war sicher eine

preiswerte Lösung, die aber bei weitem nicht die Betriebssicherheit der rein digital arbeitenden Schnittverfahren bot. – Dem PD-System hatte sich auch der erfolgreiche japanische Hersteller Otari angeschlossen, der 1995 eine 32-Kanal-Maschine mit der Bezeichnung DTR-900 PD (USD 130.000) einführte.

Sony lieferte ab 1980 seine (Ende 1978 angekündigte) Digital-24-Kanal-Maschine PCM-3324 aus und legte sich auf 48 kHz als Sampling-Frequenz fest. Angesichts der unterschiedlichen Aufzeichnungsformate war damit wieder einmal die Frage nach der Standardisierung gestellt, die im professionellen Bereich ja besonderes Gewicht hat. Im Bereich Studioteknik / Mehrspuraufzeichnung war das Rennen praktisch entschieden, als sich im gleichen Jahr Sony (Entwicklungschef Toshitada Doi) und Studer (Roger Lagadec) auf das DASH-System (Digital Audio Stationary Head) verständigten. Studers digitaler Erstling, die Achtkanal-Maschine A808 von 1983, zeigte vor allem, dass der DASH-Standard, sollte volle Kompatibilität sichergestellt sein, noch differenzierter auszuarbeiten war. Als Resultat erschien 1986 die Zweikanal-Maschine D820X, die außer der DASH-typischen Sampling-Frequenz von 48 kHz auch mit 44,1 kHz arbeitete und damit bestens für bestimmte Produktionsschritte in der CD-Fertigung geeignet war.³⁹⁶ Im Jahr 1986 begannen auch die Entwicklungsarbeiten für das komplexeste Projekt in der Geschichte des Hauses Studer, die 1989 vorgestellte ½-Zoll-48-Kanal-Maschine D820MCH, mit der Studer zum einzigen Hersteller wurde, der außerhalb Japans dieses Format beherrschte.³⁹⁷ 1993 folgte eine weitgehende Neukonstruktion, die 24/48-Kanal-Maschine Studer D827. Sie konnte im üblichen 16 Bit-48 kHz-Betrieb 48 Kanäle nutzen, im höherwertigen 24 Bit-48 kHz „nur“ 24 Kanäle.

Während Studers D820MCH nicht die bei Analog-Maschinen dieses Hauses übliche Resonanz fand (möglicherweise spielten hier die Turbulenzen um den Verkauf der Firma eine Rolle), konnte Sony die Recorder PCM-3324 A (24 Kanäle) und PCM-3348 (48 Kanäle, 1988) praktisch weltweit einführen. Die Spurbreite war bis auf 0,17 mm zurückgegangen, dazu kamen noch drei Hilfsspuren mit jeweils 0,35 mm Breite. Das Band umschlang den Capstan in einem so großen Winkel, dass auf eine Andruckrolle verzichtet werden konnte – eine späte Reverenz an Max Ihles Omega-Bandantrieb und zugleich an das erste AEG-Versuchsgerät von 1933.³⁹⁸

Die Preise für digitale Multitrack-Recorder lagen (1995) verständlicherweise deutlich über denen für analoge Mehrspurmaschinen. Sonys PCM-3348 stand mit USD 250.000 zu Buche, die PCM-3324 war dagegen mit USD 75.000 geradezu preiswert, Studer berechnete für die D827 mit allem Zubehör USD 195.000, für eine 24-Kanal-Basisversion ohne Wandler USD 100.000. Der gleiche Betrag war für eine TASCAM-Mehrspurmaschine mit 24 Kanälen anzulegen.³⁹⁹

Auch der Schweizer Hersteller Kudelski lieferte einen haustypischen Beitrag zur Digitalaufzeichnung: Nagra D war ein miniaturisierter, aufgrund des Gewichts gerade eben noch portabler Digital-Recorder für 6,3 mm Digitalband. Vorgestellt als 20-bit-Vierkanal-Recorder, eignete sich das Gerät vor allem für die Aufnahme von Film-Begleiton, wenn höhere Ansprüche (Dolby Surround unter anderem) höheren Aufwand erzwingen. Die klanglichen Qualitäten der Maschine wurden gelobt. Zur AES Convention 1994 Amsterdam stellte Nagra eine 24-bit-fähige Version vor.

Wenig zu hören war von einem besonderen Handicap der Digitalmaschinen: die Standzeiten der Magnetköpfe gingen meist nicht über 1.500 Stunden hinaus, dann waren Austauschköpfe zu Preisen um DM 50.000 erforderlich.³⁹⁷⁰ Die Magnetköpfe professioneller Analogmaschinen kamen ohne weiteres auf Standzeiten von 5.000 Stunden; ein neuer Satz kostete zwar auch ca. DM 6.000, aber auf die Betriebsstunde umgelegt war das ein vergleichsweise kleiner Betrag. Man konnte sich also ausrechnen, dass etwa 5.000 Betriebsstunden einer Digitalmaschine ebensoviel kosteten wie eine komplette 24-Kanal-Analogmaschine. Diese Zusammenhänge, von vielen Studios erst allmählich erkannt, haben die Ausbreitung der Digitalmaschinen merklich gebremst, zumal von Tonmeistern häufig einer Analogmaschine mit Dolby SR (besonders bei 76,2 cm/s) eine höhere Klangqualität bescheinigt wurde als einer Digitalmaschine.

Adaptierte Videorecorder spielten zunächst weiterhin dort eine Rolle, wo der Aufwand der Mehrspuraufzeichnung nicht erforderlich war. Hier war Sony mit seinem auf U-matic-Videorecordern aufbauenden Digitalsystem PCM-1600 führend, das vor allem zu Beginn der CD-Produktion unentbehrlich war und, zusammen mit computergesteuerten Schnittsteuergeräten, erstmals praxisgerechte Digitalschnitte erlaubte (genau genommen das Zusammenfügen zweier Teilaufnahmen von zwei Zuspieldmaschinen auf eine dritte Aufzeichnungsmaschine).³⁹⁷¹ Die bis dahin nicht für möglich gehaltene, mit herkömmlicher Schnitttechnik kaum erreichbare Genauigkeit, insbesondere die Optionen, anstelle eines „harten“ Schnitts eine beliebig einstellbare weiche „Überblendung“ auszuführen oder den Schnitt zunächst nur zu „simulieren“, zwang viele Studios zum Umstieg auf Digitaltechnik.

Probleme bei der Einführung der Digitaltechnik

Nun könnte der Eindruck entstehen, als sei die Audio-Digitaltechnik gewissermaßen einvernehmlich entwickelt worden. Hinter den Kulissen spielten sich allerdings jahrelange Diskussionen zwischen Großkonzernen ab, in denen technische Details ebenso wie, vielleicht etwas heruntergenommen, kommerzielle Aspekte eine Rolle spielten – schließlich galt als ausgemacht, dass die neue Technik ein gewaltiges Marktpotential öffnen würde. Die Frage war nur, welches Produkt mit welchen Spezifikationen die besten Aussichten hatte, letzten Endes die gängige Langspielplatte abzulösen.

Die teils mit großer Härte ausgetragenen Kämpfe um Sampling-Frequenzen und andere Digital-Parameter sind in einer umfangreichen Dissertation von Jürgen Karl Lang nachzulesen: *Das Compact Disc Digital Audio*

*System: ein Beispiel für die Entwicklung hochtechnologischer Konsumelektronik.*³⁹⁷² Der Weg zur CD war länger und verwinkelter, als er je in der Publikumspressen verfolgt oder nachgezeichnet wurde.

Das Aufkommen der Digitaltechnik für Audioaufnahmen bedeutete für das Analog-Tonband beziehungsweise die Analog-Tonbandtechnik, dass dieser Informationsträger sein bedeutendes Einsatzgebiet über kurz oder lang verlieren würde – es war nur eine Frage der Zeit, bis andere Medien gleiche oder überlegene Speicherkapazitäten anbieten würden. Schließlich kam es nur darauf an, zwei „diskrete“ – also eindeutig unterscheidbare – Zustände mit großer Sicherheit und höchster Geschwindigkeit auf kleinstem Raum zu speichern, und dafür stand keineswegs ausschließlich Magnetband zur Verfügung. Als Richtwert sollten sich Digitalwerte um den Faktor 50 (34 dB) unterscheiden – vom Analog-Magnetband wurde mehr als der fünftausendfache Abstand (74 dB) zwischen Störgeräusch und Vollauststeuerung verlangt.

Die Suvi Raj Grubb-Episode zeigt, dass bereits frühe Digitalsysteme hervorragende Ergebnisse lieferten, wie die Kohorte fachlich bestens geschulter Hörer bestätigte. Das hieß aber zudem, dass nicht mehr die Qualität des Tonbandes maßgeblich die Qualität der Aufzeichnung bestimmte, sondern die Anpassung der Elektronik an unerwartet komplexe Aufzeichnungs-Aufgaben. Der Weg dorthin war oft länger als gedacht.



Abbildung 753: Digital-Tonbandgerät Studer D827, hier in der Ausführung mit 48 Kanälen, Bandbreite ½ Zoll, Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s sowie, vorn links, einem Fernsteuerpult



Abbildung 754: Das Magnetband für Digital-Aufzeichnungen auf 48-Kanal-Maschinen BASF Digital Master 931 (1993, auf einer 14-Zoll-Spule) neben einem Magnetophonband Typ C, Fertigungsjahr 1936. – Sollte man es für möglich halten, dass zwischen den beiden Typen fast sechs Jahrzehnte Entwicklungsarbeit liegen?

Digital war folgerichtig noch lange Zeit kein Synonym für „höchste Wiedergabetreue“. Gerade bei der Produktion anspruchsvoller Kammermusik gab es in der Folgezeit geradezu entsetzte Reaktionen: nicht nur, dass das Klangbild hochwertiger, von Könnern gespielter Streichinstrumente des Öfteren scharf bis schrill wiedergegeben wurde (verglichen und bestätigt anhand von einwandfrei klingenden Kontroll-Aufzeichnungen auf Analogmaschinen) und die räumliche Abbildung verflachte, auch der Nachhall – das Ausklingen, tendenziell bis zum Unhörbaren, der Musik im Aufnahme-raum – riß abrupt ab.³⁹⁷³ Daran konnten auch die teils spektakulären technischen Daten nichts ändern. Es brauchte geraume Zeit, bis es gelang, diese subjektiven ästhetischen Beurteilungen in Verbesserungen der Digital-Wandler zu übersetzen, so dass, was das Klangliche angeht, Digital-Aufnahmen letztlich doch mit Analog-Aufnahmen gleichziehen konnten.

Besonders verbesserungsbedürftig war in den Anfangszeiten die Schnitt-Technik der Digitalsysteme. Charakteristisch die Probleme mit U-matic-basierten Digitalsystemen: erstens gab es lange Zeit nur sehr wenige Geräte, für deren Benutzung man sich anmelden (und ggfs. zeitaufwendige Reisen in Kauf nehmen) musste: wegen der komplizierten Bandführung um die Kopftrommeln der U-matic-Recorder herum dauerten einfache Rangiervorgänge teils quälend lang; dann, als Festkörper-Speicher die Schnittstellensuche erleichterten sollten, war deren Speicherkapazität zu klein, um praxisgerechte Musikabschnitte vor und nach der besten Schnittmöglichkeit zu speichern (schlimmstenfalls war nur Mono-Wiedergabe vorgesehen).

Und als schließlich Digital-Magnetbandmaschinen auskömmlicher Speicherkapazitäten und bemerkenswertem Bedienungskomfort zur Verfügung standen (wohlgemerkt zu exorbitanten Preisen und Unterhaltungskosten), zeichnete sich bereits ab, dass die Kombination aus Hochkapazitäts-Festplatten und computergestützten Schnittprogrammen auf mittlere Sicht selbst technische Höchstleistungen wie Studer D827 oder Sony PCM-3348 übertrumpfen würde. Das Bild einer bis zur Hausbar-Tauglichkeit ausgeweideten D827, nach der Jahrtausendwende einige Zeit im Internet zu sehen, war an Deutlichkeit nicht zu überbieten.

Digital-Audio-Magnetbänder

Vom Digital-Magnetband werden genügend hohe Signalpegel auch bei gedrängtester Impulsaufzeichnung gefordert (was die notwendige Bandgeschwindigkeit festlegt) sowie niedrige Drop-out-Zahl. Im einzelnen hieß das: glatte Oberflächen für besten Band-Kopf-Kontakt und hohe Koerzitivfeldstärke für hohe Datendichte bei hohem Impuls-Wiedergabepegel. Auf ausgeprägte Kopierdämpfung, Crux vieler hochaussteuerbarer Analog-

bänder, konnte verzichtet werden, was der Pigmententwicklung neuen Spielraum gab. Die durchweg kurzen Wellenlängen beziehungsweise Flusswechselabstände waren am besten mit dünnen Magnetschichten aufzuzeichnen, was den Volumenzuwachs beziehungsweise Bedarf an größeren Spulen aufgrund der höheren Bandgeschwindigkeit und der größeren Bandlängen teilweise kompensierte.³⁹⁷⁴ Der Abstand zwischen Impuls-Spitzen und magnetbandeigenem Rauschen brauchte kaum höher zu sein als 15 dB, etwa 34 dB wurden zugunsten der Betriebssicherheit angestrebt. Digital-Audiobänder hatten also grundsätzlich gleiche Aufgaben zu erfüllen wie Computerbänder. Nachdem deren Höhepunkt allerdings schon überschritten war, als sich die Digitaltechnik in den Tonstudios durchsetzte, wurden geeignete Magnetbänder aus der Videoband-Produktion zunächst gesucht, später entsprechend modifiziert.

Während die amerikanischen Firmen 3M und Ampex sowohl von ihrer betriebsinternen Zusammenarbeit zwischen Band- und Geräte-Produktion, nicht zuletzt auch von ihren Erfahrungen mit den anspruchsvollen Instrumentationsbändern profitierten, musste BASF zur Entwicklung eines Digital-Magnetbands versuchen, vorhandene Videoband-Rezepturen anzupassen, das heißt vor allem, die Drop-out-Rate so weit abzusenken wie produktionstechnisch irgend möglich. 1982 / 1983 konnte ein Digitalband mit der Bezeichnung DSM 26 CR, ein 1-Zoll-Chromdioxid-Band, vorgestellt werden.³⁹⁷⁵

Das 1984 erstmals genannte Digital Master 930 ist produktgleich mit dem DSM 26 CR von 1983.³⁹⁷⁶ Es hatte sich gegenüber 3M's Scotch 275 und den Ampex-Typ 467, aber auch dem Agfa-Produkt PEM 297 D zu bewähren. Vor allem auf dem nordamerikanischen Markt setzte das voraus, dass Digital Master 930 mit den Geräten der führenden Hersteller Sony, Studer und Mitsubishi kompatibel war (letzteres auch deshalb unumgänglich, weil Mitsubishi in Japan BASF-Speichermedien vertreiben sollte³⁹⁷⁷). In den USA sollte das Digitalband 1986 zunächst bei führenden Studios angeboten werden,³⁹⁷⁸ doch waren gegen die einheimischen bandproduzierenden Gerätehersteller 3M und Ampex allenfalls beschränkte Erfolge zu erzielen. 1993 erschien ein optimierter Typ Digital Master 931,³⁹⁷⁹ auch dieser aus weiterentwickelten 1-Zoll-Chromdioxid-Videobändern abgeleitet. Doch angesichts des Trends zur Digitalaufzeichnung auf Festplatten hatte auch dieses Band nur noch geringe Marktchancen.

Digital-Magnetbandgeräte für Endverbraucher und Semi-Profis

Über digitale Magnetbandgeräte, die auch für Endverbraucher erschwinglich sein sollten, berichtete die Fachpresse ab Herbst 1981. Matsushita meldete sich, offenbar in der Absicht, ihr VHS-System auch in der Digitaltechnik richtig zu positionieren, mit einer Kombination aus PCM-Prozessor (das sind im Wesentlichen die Analog-Digital-Wandler für Aufnahme und Digital-Analog-Wandler für Wiedergabe) und VHS-Recorder namens SV-P 100 zu Wort. Das Zwei-Kanal-Gerät arbeitete mit 14 bit-Auflösung und den bekannten VHS-Aufzeichnungsparametern. Soweit bekannt, wurde nur die NTSC-Version vorgestellt, die mit der T-120-Kassette demnach eine Spieldauer von zwei Stunden erreichte.³⁹⁸⁰ – Über den erfolglosen Versuch der japanischen Firma Sharp, der Elcaset doch noch zum Durchbruch zu verhelfen, wurde auf Seite 522 berichtet.

Im semiprofessionellen Bereich waren zunächst PCM-Prozessoren zu finden, die mit Videorecordern (vorwiegend Betamax) zusammenarbeiteten, für die hier stellvertretend der 1981 vorgestellte Sony-Prozessor PCM-F1 und der miniaturisierte Betamax-Recorder SL-F1 (SL-2000 für professionelle Ansprüche) genannt seien. Bemerkenswert war, dass PCM-F1 weitgehend problemlos auch mit anderen Betamax-Geräten (bei guten Videocassetten sogar mit VHS-Recordern) harmonierte. Sony verfolgte das PCM-F1-Konzept auch bei den Nachfolgern PCM-701ESD (1983), PCM-601ESD (1985) und der „low-cost-version“ PCM-501-ESD von 1987.³⁹⁸¹

Die Erkenntnis aus allen diesen Anläufen: S-DAT, Digital-Tonfauzeichnung mit „stehenden“ (*stationary*) Magnetköpfen, war nur bei professionellen Ansprüchen und mit entsprechendem Aufwand denkbar und sinnvoll; im Endverbraucher-Bereich kam angesichts der beachtlichen Datenströme nur Schrägspuraufzeichnung mit rotierenden Magnetköpfen in Betracht.

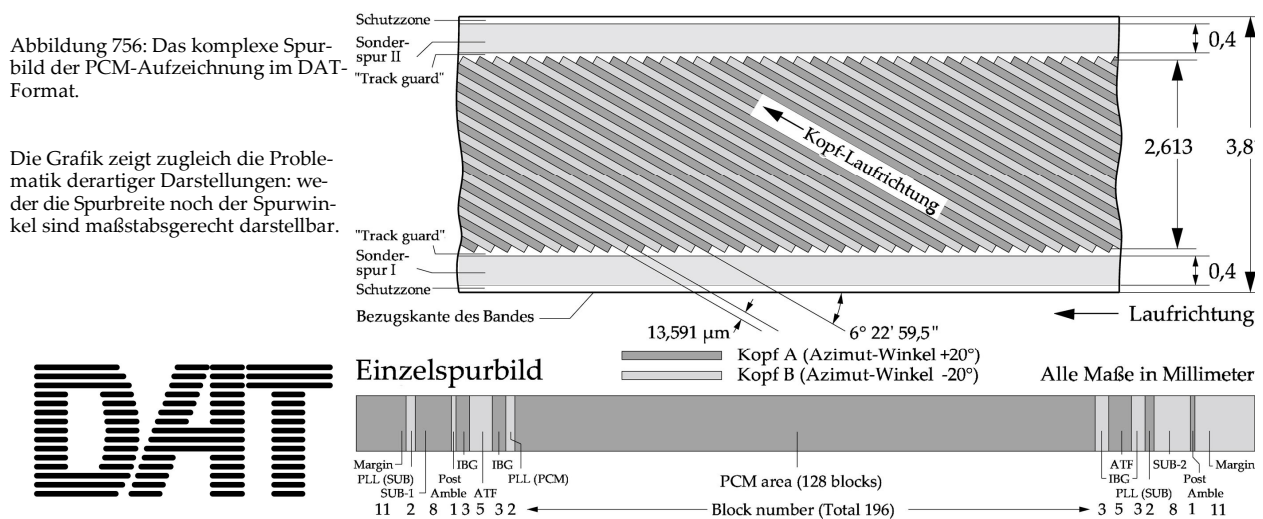


Abbildung 755: DAT-Kassette für 120 min Spieldauer, (RECHTS) von unten, mit geöffneter Klappe und zurückgefahrener Gleitplatte.

DAT: Der digitale Amateur-Traum?

Alle mit Video-Kassetten arbeitenden Audio-Digitalsysteme hatten in den Augen innovationsfreudiger Techniker deutliche Nachteile: erstens waren die Kassetten viel größer als für Audio-Aufzeichnung wünschenswert und erforderlich, waren also in diesen Punkten der Compact-Cassette unterlegen, und zweitens sahen sie in den analogen Videokassetten als Träger pseudo-digitaler Aufzeichnungen längst nicht alles umgesetzt, was sich mit digitaler Technik verwirklichen ließe – insbesondere was den Bedienungskomfort angeht, wie er von bestimmten Merkmalen der CD, etwa dem schnellen Zugriff auf nummerierte Einzelaufnahmen beziehungsweise „Spuren“ oder „tracks“, vorgegeben war. Nicht zuletzt dieses schnelle Ansteuern der „tracks“ machte ja die CD so attraktiv, ein Vorzug aller scheibenförmigen Träger. Dass CD-Audio-Qualität (basierend vor allem auf der 16-bit-Auflösung) erreicht werden müsse, verstand sich von selbst.

Erfolgreicher als die ungefähr gleichzeitig werkende Video8-Konferenz war ein ähnlich hochrangig besetztes Gremium, die 1983 von 80 Herstellern gegründete „DAT-Konferenz“. S-DAT (stationary head digital audio tape), repräsentiert etwa vom Sharp-PCM-Kassettendeck RT-X1 (siehe oben), zeigte deutliche Schwächen beziehungsweise ließ Schwierigkeiten in der Produktion erwarten. R-DAT (rotary head Digital Audio Tape Recording) schien leichter zu realisieren,³⁹⁸² und so einigte sich die DAT-Konferenz am 19. Juli 1985 auf dieses Format.³⁹⁸³ Nach einigen marketingtechnisch begründeten Verzögerungen – DAT sollte beispielsweise erst eingeführt werden, wenn mehr CDs als Analog-Langspielplatten verkauft würden,³⁹⁸⁴ was jedermann ohnehin kommen sah und spätestens 1989 auch eintrat³⁹⁸⁵ – breitete sich DAT seit 1986, vom Heimatland Japan ausgehend, zunächst rasch aus, als die anspruchsvolleren Käufer erst einmal erkannten, welche Qualität und welcher Komfort hier geboten wurden. In Europa sahen seit Anfang 1987 Magnetband-Amateure ihre vor Jahrzehnten vorgebrachten Wünsche endlich verwirklicht:³⁹⁸⁶ Echtzeitanzeige, praxisgerechte Aussteuerungsmesser, reversible Löschsperrern, zwei Stunden Spielzeit (im Longplay-Modus gar bis vier Stunden bei leicht reduzierter Qualität), wobei sich die DAT-Kassetten für 30, 45, 60 und 120 Minuten Aufzeichnungsdauer nur in ihrem „Füllungsgrad“, nicht aber in ihrer Banddicke (12 µm) unterschieden. Schneller Zugriff auf bestimmte Titel war möglich, weil entsprechende Markierungen mit 200facher Spielgeschwindigkeit, also fast in Sekundenschnelle, aufgefunden wurden. DAT-Bänder, ausschließlich Metallpigment-Typen, waren 3,81 mm breit; die Schreibgeschwindigkeit der mit 2.000 Upm rotierenden 30 mm-Kopftrommel lag bei 3,133 m/s und die Band-Vorschubgeschwindigkeit nicht höher als 0,815 cm/s – oft war ein zweiter Blick notwendig, um zu erkennen, ob das Band denn tatsächlich vorankäme. Angesichts dieses mehr als ökonomischen Bandverbrauchs genügten der DAT 120 ganze 60 m für zwei Stunden Aufzeichnungsdauer. Leider wurde nirgends untersucht, wie viele DAT-Recorder vorwiegend dazu dienten, altersschwache oder einfach raumfressende Spulentonbandgeräte ab- und viele ebenso platzhungrige Spulenband-Archive aufzulösen.



Dass DAT keine faire Chance bekam, die Compact-Cassetten-Recorder des obersten Qualitätssegments abzulösen, ist hauptsächlich dem hinhaltenden Widerstand der Musikindustrie zuzuschreiben, die sich mit DAT erst anfreunden konnte, als 1990 das „Serial Copy Management System (SCMS)“ durchgesetzt war,³⁹⁸⁷ ein Kopierschutz, der das „Kettenkopieren“ (... vor allem von CDs ...) nach der zweiten Generation verhindern sollte. Die Folge war, dass die teuren professionellen DAT-Modelle auf diesen Kopierschutz verzichteten, der auf der „unteren Ebene“ teils durch alsbald auftauchende „Kopierschutzkiller“, teils durch simples „analoges“ Kopieren umgangen wurde. So geschah bisher Unvorstellbares: ein für den Endverbraucher gedachtes System arbeitete sich ab 1987 dank seiner Fähigkeiten in den professionellen Sektor vor. Bereits zur Funkausstellung 1989 hatte sich DAT weitgehend vom „Consumersektor“ verabschiedet,³⁹⁸⁸ und so fand, wie spätestens das DCC-Desaster zeigen sollte, die mittlerweile fast 30 Jahre alte Compact-Cassette keinen digitalen Nachfolger.

DCC: Kein zweites Leben für die Compact-Cassette

Mit großem Aufwand versuchte Philips zwischen Ende 1990 und 1993, einen digitalen Nachfolger der Compact-Cassette, die DCC (Digital Compact-Cassette), auf den Markt zu bringen. Um die aufwendige (daher in der Fertigung teure) Mechanik des R-DAT-Systems mit seiner rotierenden Kopftrommel zu umgehen, setzte Philips auf einen feststehenden Dünnfilmkopf, der auf einem 1,9 mm breiten Bandstreifen acht jeweils 185 µm breite Digitalspuren schreiben und auslesen konnte. Und dies auch noch bei der Bandgeschwindigkeit 4,76 cm/s, die aus Kompatibilitätsgründen beibehalten werden sollte. Das war nur möglich, wenn die reine Audio-Datenmenge, die im DAT-System bei 1,5 MB pro Sekunde liegt, auf 0,384 MB pro Sekunde begrenzt werden konnte.³⁹⁸⁹ DCC war daher das erste System, das mit Datenreduktion arbeitete (das Codierverfahren PASC, Precise Adaptive Subband Coding, macht sich unter anderem bestimmte Gehörseigenschaften und Verdeckungseffekte zunutze).³⁹⁹⁰ Auch DCC bot einigen bei der Compact-Cassette vermissten Komfort, wie reversible Löschsperrern und verlässliche Spielzeitanzeige. Als technisches Kabinettstückchen sollten DCC-Recorder übliche Compact-Cassetten zwar nicht be-, jedoch abspielen können. Der Magnetkopf war drehbar gelagert; ein Block umfasste die acht Digitalsysteme, ein zweiter war für die 0,6 mm breiten Stereo-Spuren der analogen Kassette ausgelegt.



Abbildung 757: Der Aufbau der DCC (Digital Compact Cassette) verrät natürlich die Verwandtschaft mit der Compact-Cassette, zeigt aber auch einige Verbesserungen, so etwa einen das Magnetband schützenden Metallschieber (unten).

Werbeslogan „Verdammt nah an der CD“ für die Compact-Cassette chromdioxid maxima II geworben und damit dem Verbraucher suggeriert, eine hochwertige Analog-Compact-Cassette erfülle seine Bedürfnisse, einschließlich gut klingender Überspielungen von CDs. Dazu kam, dass einmal die DCC-Recorder deutlich mehr kosteten als die ungleich vielseitigeren DAT-Recorder und dass zweitens die CD zehn Jahre nach Einführung festen Fuß im Markt gefasst hatte – mit einem Wort, DCC war unverkäuflich und schon 1994 so gut wie vergessen, wenn auch die letzten Geräte erst am 31. Oktober 1996 gebaut wurden.³⁹⁹⁵

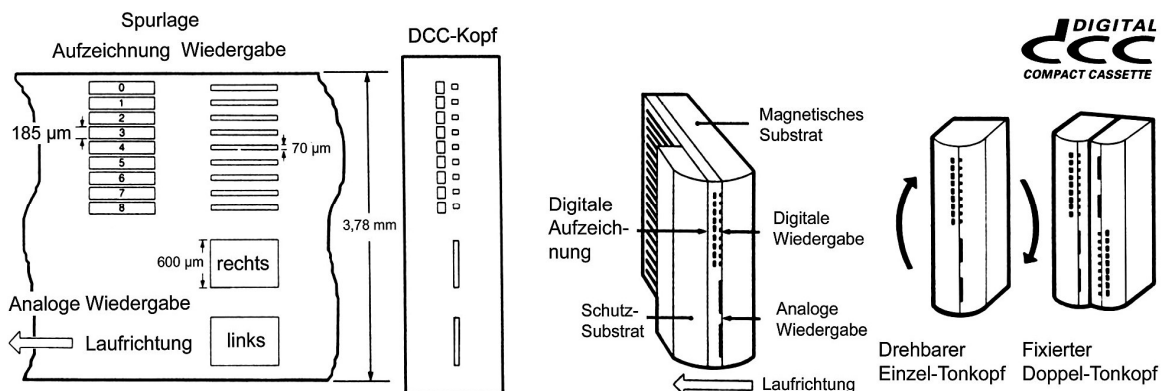


Abbildung 758, (LINKS): Abmessungen und Lagen der Digital-Spuren beim DCC-System (die Analog-Spuren sind nur zur Verdeutlichung eingezeichnet); (MITTE): Aufbau eines Dünnfilm-Kopfs zur digitalen Aufzeichnung und Wiedergabe sowie zur Analog-Wiedergabe von Compact-Cassetten-Aufzeichnungen; (RECHTS): zwei Ausführungen des DCC-Magnetkopfs.³⁹⁹⁶

(Semi-) Professionelle Audio-Digital-Aufzeichnungssysteme

1993 erschienen zwei preisgünstige digitale Mehrkanal-Systeme,³⁹⁹⁷ in einem Gehäuse zusammengefasste Kombinationen von hochwertigen Videorecorder-Laufwerken mit meist Acht-Kanal-PCM-Prozessoren. Solche Geräte waren bald in kleineren Studios zu finden, denen die gebotenen Möglichkeiten ausreichten. Das als

ADAT (Alesis Digital Audio Tape) bekannte System arbeitete mit S-VHS-Videokassetten; 1999 sollen in Deutschland 5.000, weltweit erstaunliche 120.000 ADAT-Maschinen im Einsatz gewesen sein,³⁹⁹⁸ hauptsächlich in Hausstudios von Musikern und kleineren Unternehmen. Die ersten 16-bit-Modelle boten eine Laufzeit von einer Stunde, spätere 24-bit-Ausführungen kamen auf immerhin 113 Minuten, so dass sich gegenüber der CD (16 bit, 44.1 kHz) eine Spielzeit- wie Qualitätsreserve ergab. Der Inhalt der acht Tonkanäle wird seriell in eine einzige Spur geschrieben; der Magnetkopf ist beim Aufzeichnen nur dann auf „Schreiben“ geschaltet, wenn der entsprechende Teil der Spur (Block) überfahren wird. ADAT arbeitet ohne Datenkompression; unter anderem konnten Aufzeichnungen parallel auf mehreren Spuren aufgezeichnet werden, z.B. wird das Signal bei nur zwei aufzeichnenden Kanälen gleichzeitig auf Spur 1, 3, 5, 7 aufgezeichnet. Wurden mehr als acht Kanäle benötigt, ließen sich mehrere ADAT-Recorder elektronisch miteinander verkoppeln.

Ein vergleichbares System, das die japanische Firma Tascam unter dem Namen **DTRS** (Digital Tape Recording System) propagierte, benutzte modifizierte Hi8-Videokassetten, die ihm einen gewissen Volumenvorteil einbrachten. DTRS-Geräte fanden sich überwiegend bei Rundfunkstationen und in der Spielfilmproduktion.³⁹⁹⁹ Die Modellreihe beherrschte die gängigen Abtastfrequenzen zwischen 44,1 kHz und 192 kHz, allerdings sank die Kanalzahl mit steigender Abtastfrequenz, so standen bei 192 kHz nur noch zwei Kanäle zur Verfügung. Etwas ungewöhnlich war, dass der Inhalt aller acht Tonkanäle „ineinandergerechnet“ (multiplexed) und auf einer einzigen Spur aufgezeichnet wurde. DTRS schrieb also jede Spur neu, wenn auch nur ein Kanal bespielt wurde; das galt auch beim Playback für die Inhalte der Wiedergabekanäle. DTRS-Geräte konnten elektronisch zu ganzen „Clustern“ verkoppelt werden, so dass bis zu 128 Kanäle zur Verfügung standen.

Rückzugsgefechte der Analogtechnik

Doch auch für die Digitaltonaufzeichnung auf Magnetband gilt: Die Revolution frisst ihre eigenen Kinder. Als die unvermeidlichen Anlaufschwierigkeiten gemeistert waren, tummelten sich mehrere Standards auf dem Markt, was eine oft auf mehrere Aufnahmeorte angewiesene Produktionsweise deutlich erschwerte, anders als es gängige Praxis in der analogen Welt war. Und die lieferte hartnäckige Rückzugsgefechte: Bekanntlich hatte die Analog-Magnetbandtechnik, wenn auch aus anderen Gründen, die jetzt qualitativ überlegene Geschwindigkeit 76,2 cm/s wiederentdeckt. Auch verlängerte das letzte Analog-Rauschminderungssystem, Dolby SR, die Lebensdauer mancher analogen Mehrspur-Maschine um Jahre. Die für Dolby typische Kombination von Präzisionselektronik und penibelster Ausnutzung hörphysiologischer Gegebenheiten erhöhte die Dynamik um etwa 24 dB, das heißt, Halbspur-Maschinen erreichten Werte um 100 dB, womit sie sogar Digitalmaschinen übertrafen (freilich ohne die sonstigen Vorteile der Digitaltechnik zu bieten). Überraschend zahlreiche Studios benutzten, abhängig von der subjektiven Beurteilung ihrer „goldenen Ohren“, lange Zeit analog-digital gemischte Maschinenbestände. 1999 soll in den USA für drei von vier Mehrspur-Studioaufnahmen noch (oder wieder?) Analogband verwendet worden sein.⁴⁰⁰⁰

Digitale Revolution und Festplatte sind nicht aufzuhalten

Aber die digitale Revolution marschierte unbeirrt weiter und ging auch über die digitalen Multitracks hinweg. Seit etwa 1990 bot die Computertechnik hinreichend flexible Programm-Software und Speicherkapazität mit genügend schnellem Zugriff für durchweg magnetband-freie Aufzeichnungsverfahren auf preiswerten Festplatten aus dem Bereich der elektronischen Datenspeicherung – mit Kapazitäten von hunderten von Mega-, bald Gigabytes, in Arrays schließlich bis zu Tera- und Petabytes. Was das bedeutet, macht am besten der Vergleich mit der Kapazität eines ½-Zoll-Digitalbandes klar: sie lag bei 25 GB,⁴⁰⁰¹ was noch 1995 eine kaum vorstellbare Menge, aber schon kurz nach der Jahrtausendwende eine gängige Festplattengröße selbst bei PCs darstellte, bei umgekehrt proportionaler Preisentwicklung.

Was macht das „hard disk recording“, die Aufzeichnung auf Festplatten, so attraktiv? Um mit dem trivialsten Vorteil anzufangen: das auch bei „schnellen“ Bandsystemen immer lästige Umspulen fällt weg; damit sollen gelegentlich 50 % der gesamten Arbeitszeit vergeudet worden sein. Ausgefeilte Bearbeitungsprogramme lassen beispielsweise die (auf Festplatte gespeicherte) Originalaufzeichnung selbst unangetastet und erstellen Montageanweisungen als „Schnittlisten“, also Befehlsfolgen an den Computer, wann welcher Teil der Aufzeichnung mit welchem Pegel und so weiter abzuspielen ist. „Metadaten“ (mit dem Musik-Datenfile gespeicherte Informationen z.B. über Interpreten, Komponist usw. bis zur Urheberrechte-Abgeltung) reduzieren drastisch den zuvor immensen Papieraufwand in Urheberrechts-Angelegenheiten.

„Hard disk recording“ passt auch nahtlos zu den immer wirkungsvolleren Rechenprogrammen, die aus (zuvor digitalisierten) älteren Aufnahmen das Rauschen, schließlich sogar die Knackser von Uralt-Schallplatten zu extrahieren lernten, bald sogar in Echtzeit, also ohne Warten. „Digital audio restoration“ war das (zweit)größte Geschenk, das die Technik der Tonaufzeichnung ihren dankbaren Zuhörern machen konnte.

Auch im nicht-professionellen Sektor waren spätestens zur Jahrtausendwende Kleincomputer (PCs) verbreitet, deren Verarbeitungsgeschwindigkeit und Festplattenkapazität im Verbindung mit stets verbesserten „soundcards“ (Funktionsnachfolgern der PCM-Prozessoren) und teils kostenlosen, teils teuren Programmen allen Digital-Systemen, schließlich auch *unterhalb* der 24- oder 48-Kanal-Maschinen, das Wasser abgruben. Als End-Speichermedium setzte sich die (wieder-)beschreibbare CD durch, seit etwa 2002 auch die DVD. Auch erschwingli-

che Software-Pakete bieten Bearbeitungsfunktionen, die wenige Jahre zuvor entweder überhaupt nicht vorstellbar oder nur mit einem Gerätepark im Wert fünf- und sechststelliger DM-Beträge realisierbar waren.

Wie schon öfters, ist auch hier festzustellen, dass dank der Digitaltechnik nach fünfzig Jahren in der professionellen Audioaufzeichnung die Magnet-Platte das Magnet-Band als Tonträger abgelöst hat: schon 2004 sollen 95 % aller Neu-Musikaufnahmen auf Festplatte gespeichert worden sein.

Sicherung der Inhalte: Digitalisierung

Risiken und Chancen der Digitalisierung: das hieß zunächst, sich auf den allmählichen Abschied vom fotochemischen Film und Magnetband, also den physisch vorhandenen analogen Trägern, einzustellen und zu akzeptieren, dass das zugehörige Fachwissen fast nur noch benötigt würde, um künstlerische oder dokumentarisch wertvolle Inhalte zumindest so gut wie unbeschadet in Digitaldateien zu transferieren. Abgesehen von bekannten praktischen Vorteilen der Digitaltechnik war die Sicherung auch im Blick auf das Alter der analogen Abspielgeräte, also deren absehbarer Obsoleszenz, und diverser Probleme mit der Haltbarkeit bestimmter Magnetbandtypen dringend geboten, und zwar sowohl bei Audio- wie Video-Aufnahmen.

Man könnte diskutieren, ob die weltweite Digitalisierung ganzer magnetbandgestützter Schallarchive noch zur Entwicklungsgeschichte des Informationsträgers Magnetband gehört – die Frage und die damit verbundenen teils ästhetischen, teils musikalischen, zuletzt auch technischen Folgerungen sprengen den Rahmen dieser Chronologie, auch deshalb, weil die Diskussion, welche substantiellen Einwände aufgearbeitet, tatsächliche wie potentielle Schwachstellen erkannt und beseitigt werden müssen, noch im vollen Gang ist. Darum seien, eher subjektiv, unvollständig und beispielhaft, nur einige abgeschlossene Projekte skizziert:

Eine der frühesten Aktionen galt 1991 der Sicherung von rund 1.500 Musikaufnahmen der RRG, die aus Beständen der ehemaligen UdSSR ins Berliner Haus des Rundfunks zurückkehrten. Lange, geduldige Bemühungen des Musikredakteurs Klaus Lang machten teils jahrzehntelang verschollen geglaubte Aufnahmen prominenter Dirigenten und Orchester wieder zugänglich; ein Teil davon wurde in der Folgezeit auf CD wieder veröffentlicht. Zunächst auf DAT (und sicherheitshalber mit 38,1 cm/s auch auf Magnetband) überspielt, wurden ab etwa 2017 die wertvollsten Aufnahmen nach dem aktuellen Stand der Technik neu digitalisiert (siehe Seite 199).⁴⁰⁰² Weitere etwa 4.500 Aufnahmen der RRG, offenbar in den 1950er Jahren aus der Masurenallee in einen Bunker nahe des späteren DDR-Funkhauses in der Berliner Nalepastraße umgelagert, konnten zwischen 1992 und 1996 vom Deutschen Rundfunkarchiv gesichtet, konserviert und digitalisiert werden.⁴⁰⁰³

Vor allem bei der Sicherung von Ton-Aufnahmen, die auf Magnetbändern auf Azetatbasis gespeichert sind, gibt es teils erhebliche Schwierigkeiten, wenn die Weichmacher-Komponenten im Lauf von Jahrzehnten ihre Wirksamkeit verloren haben. Die Folgen sind starke Versprödungen und Schrumpfungen, die mechanische Stabilität der Bänder ist damit erheblich gefährdet. Das Phonogrammarchiv der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) hat in Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten und kommerziellen Unternehmen ein patentiertes Verfahren entwickelt,⁴⁰⁰⁴ um derartige Bänder nicht nur unbeschädigt abspielen zu können, sondern auch „die durch Alterungsschäden hervorgerufene Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften langanhaltend und vorteilhaft zu verbessern. Durch das Verfahren werden bisher unspielbar geschädigte Datenträger wieder spielbar gemacht und chemische Alterungsprozesse in ihrem Fortschreiten gehemmt.“ Der Weichmacher bleibt also dauerhaft im Trägermaterial gebunden: „Dabei wird das Material nicht nur kurzfristig aufgefrischt, sondern dauerhaft in seinen mechanischen Eigenschaften verjüngt.“ Das Verfahren kann selbst jahrzehntealte Spielfilm-Kopien retten, deren Trägermaterial sich aufgrund des „vinegar syndroms“ (Kennzeichen: starker Essiggeruch) zu zersetzen droht.⁴⁰⁰⁵

Auch die Originalaufnahme-Bestände früherer, international bekannter Schallplattengesellschaften sind in teils Jahre dauernden Aktionen digital gesichert worden, ebenso die umfangreichen Schallarchive vieler Rundfunkanstalten. In aller Regel wurden auch die originalen Magnetbänder selbst an sicheren Orten archiviert, nicht nur aus konservatorischen Erfordernissen, sondern um darauf zurückgreifen zu können, falls zukünftige wissenschaftliche Erkenntnisse zu verbesserten Wiedergabe-Qualitäten führen sollten. Nicht zu unterschätzen sind allerdings der Aufwand zur Pflege der Digitalisate, insbesondere, wenn und sobald technischer Fortschritt die Migration auf ein moderneres Speichermedium erfordert.

Nun ist es mit dem Kopieren eines Ton- oder Video-Magnetbandes auf Digitalträger eben noch nicht getan – auch die Metadaten, die zugehörigen Dokumente, müssen in geeignete Datenbanken übertragen und mit der Digitalkopie „datenmäßig“ verbunden werden. Professionelle Analog-Originale sind in aller Regel auch eindeutig dokumentiert, schon aus Urheberrechts- und Organisationsgründen, so dass hier *vergleichsweise* wenig Recherche-Arbeit anfällt.

Über derartige, fast routinemäßig gewordene Aktionen war im Allgemeinen nichts zu erfahren, es sei denn in seltenen Ausnahmefällen wie dem, dass Oskar Sala, ein bedeutender moderner Komponist, ein nur rudimentär und sporadisch, eben nur für den Eigenbedarf, dokumentiertes Archiv von 1.300 Tonbändern und etwa 600 Magnetfilmen hinterlassen hat. Dann allerdings wächst sich der Aufwand zu Aktionen aus, die selbst große Institutionen nicht mehr allein bewältigen können. Der Nachlass bestand vor allem aus Aufnahmen mit frühen elektronischen Musikinstrumenten – Stichwort Trautonium –, an deren Entwicklung Sala maßgeblich mitgearbeitet hat und schließlich der einzige – und letzte – Musiker war, der sie beherrschte. Er hat den vollständigen Nachlass dem Deutschen Museum München vermacht, dem damit die Aufgabe zufiel, die Inhalte der Tonträger

digital zu konservieren. Wie selten genug, gibt es einen detaillierten Bericht über die 2011 abgeschlossenen Maßnahmen und Ergebnisse: „Audio Goes Video, Ein Projekt zur Digitalisierung von Tonbändern aus dem Nachlass von Oskar Sala“⁴⁰⁰⁶

Den kompaktesten Überblick liefert ein „workflow“, also ein standardisierter, wo notwendig, auch flexibler Arbeitsplan:

- Öffnen der Schachtel und Untersuchung des Trägers auf physische und mechanische Schäden und mögliche Wickelprobleme;
- Fotografieren des Bandes im Originalzustand sowie ggf. von Auffälligkeiten;
- vorsichtiges und langsames Umspulen zur Minimierung des Kopiereffekts und Ermittlung der Bandgeschwindigkeit;
- physische Trägerrestaurierung (soweit erforderlich);
- Ermittlung des Spurformats (Mono-Vollspur/Stereo);
- Justierung des Azimuts;
- Erstellung eines Archivmasters entsprechend IASA TC03/04 (linearer Transfer, hochaufgelöst, 24 Bit / 96 kHz, unkomprimiert), bei problematischen Bändern zusätzliche Digitalisierung mit 192 kHz;
- Koppelung der Digitalisierung des Audiosignals mit videografischer Dokumentation des Bands während des Abspielvorgangs zur Sicherung von Beschriftungen, Schnitten und Manipulationen;
- Erfassung der Positionen der Zeitmarken sowie der Zwischenspanne, Schichtwechsel, Manipulationen, Markierungen und Beschriftungen als Marker im WAVE-Format;
- Erstellung einer Benutzerkopie im MP3-Format;
- manuelle Dokumentation der Prozessmetadaten und gewählten Einspielparameter in einer Word-Datei, ggf. Dokumentation von Auffälligkeiten in Form von Fotos;
- Endversorgung der Bänder.

Die „*Videografische Dokumentation des Bands während des Abspielvorgangs*“ bedeutet, dass eine Videokamera auf die Bandrückseite gerichtet war, um beispielsweise Notizen oder Markierungen von Salas Hand zu erfassen. Der akustische Inhalt ist synchron auf den digitalen Audiospuren der Videoaufzeichnung gespeichert, was die – in diesem Fall durchaus einmalige – einwandfreie Zuordnung von Bild und Ton erlaubt. Das Gesamtvolumen des digitalen Sala-Archivs liegt bei vier Terabyte. – Sicher zu Recht betonen die Autoren:

Ein weiteres wichtiges Ergebnis des Projekts ist, dass prototypisch eine neuartige Methode für eine Audiodigitalisierung entwickelt wurde, die in Kombination mit Videodokumentation und exakter Projektdokumentation einen aufschlussreichen Zugang zu einem Tonbandbestand ermöglicht.

Digitale Video-Aufzeichnung auf Magnetband

Exkurs XIX: Grundlagen der digitalen Aufzeichnung analoger Videosignale

Die digitale Aufzeichnung analoger Signale macht sich grundlegende Erkenntnisse der Informationstheorie zunutze. Um die Entwicklung der digitalen Videoaufzeichnung in ihrer ganzen Vielfalt nachvollziehen zu können, sollen hier die wesentlichen Unterschiede zwischen analoger und digitaler Speicherung mit dem Schwerpunkt Bildaufzeichnung herausgearbeitet werden.

Kernpunkte der Digitalisierung sind die Zerlegung des analogen Bildes (beziehungsweise des entsprechenden Bildsignals) in eine digitale Darstellung und die anschließende Verarbeitung der so gewonnenen Digitaldaten, insbesondere ihre Kompression. Digitale Videoaufzeichnung ohne wirkungsvolle Datenreduktion ist also praktisch nicht mehr denkbar. Moderne „Videosignalgeber“, wie CCD-Kameras, liefern Bildsignale bereits in digitaler Form. Hier sind dann teils andere Verfahren angebracht.

Grundlage der gesamten digitalen Bild-(wie auch Ton-)Aufzeichnung ist das **Abtasttheorem**, zu Ehren des Wissenschaftlers Harry N. (1889 – 1976) auch Nyquist-Theorem genannt. Es ist fundamental wichtig für die Anwendung der Informationstheorie auf kontinuierliche Signale, weil es die Darstellung eines analogen Signals endlicher Dauer durch eine endliche Anzahl von Impulsen unterschiedlicher Amplitude gestattet.

In der Praxis fordert das Abtasttheorem, dass die Abtastfrequenz, mit der Proben („samples“) entnommen werden, mindestens doppelt so hoch sein muss wie die höchste Frequenzkomponente des zu digitalisierenden Signals. Nur so kann aus den getasteten Daten das ursprüngliche Signal verlustfrei (lossless) reproduziert werden. So muss zum Beispiel ein Nutzsignal mit der Frequenz 500 kHz mit einer Abtastfrequenz von über 1 MHz digitalisiert werden. Ist die Abtastfrequenz um einen bestimmten Faktor höher als das Theorem verlangt, spricht man von Überabtastung beziehungsweise vom Oversampling; der Überabtastungs-Faktor heißt oversampling ratio (OSR).

Farb-Subsampling

Das Videosignal (FBAS) besteht, wie auf Seite 538 beschrieben, aus dem Luminanzsignal Y für die Helligkeit und den beiden Chrominanzsignalen U und V für die Farbe. Da das Auflösungsvermögen unseres Gesichtssinns für Farbe wesentlich geringer ist als für Helligkeitsinformationen, dürfen die Chrominanzsignale mit einer geringeren Bandbreite als das Luminanzsignal übertragen werden. Verlangt das Luminanzsignal eine Video-Bandbreite von 5 MHz, kommen die Farbdifferenzsignale U und V ohne sichtbare Qualitätseinbuße mit nur 1 MHz bis 2 MHz aus. Da sie mit relativ niedriger Frequenz abgetastet werden, resultiert daraus schon eine beachtliche Datenreduktion.

Der Begriff **Farb-Subsampling** beschreibt, in welchem Verhältnis die Helligkeits-Abtastfrequenz zur Farb-Abtastfrequenz steht. Die Angabe in der Form 4:x:x bedeutet, dass die Luminanz mit dem Faktor 4, U mit dem Abtastverhältnis von x und V ebenfalls mit dem Abtastverhältnis von x abgetastet werden. Da die Basis-Abtastfrequenz mit 3,375 MHz (nämlich der Farbhilfsträgerfrequenz) festgelegt ist, wird das Luminanzsignal Y mit deren vierfachen Wert (13,5 MHz) abgetastet.

Y	UV	Y	UV	Y	UV	Y	UV	Y
Y	UV	Y	UV	Y	UV	Y	UV	Y
Y	UV	Y	UV	Y	UV	Y	UV	Y
Y	UV	Y	UV	Y	UV	Y	UV	Y

4:2:2: zwei Color-Samples auf je vier s/w-Samples

Y	UV	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Y	UV	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Y	UV	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Y	UV	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

4:1:1: ein Color-Sample auf je vier s/w-Samples

Y	UV	Y	UV	Y	Y	Y	Y	Y
Y	UV	Y	UV	Y	Y	Y	Y	Y
Y	UV	Y	UV	Y	Y	Y	Y	Y
Y	UV	Y	UV	Y	Y	Y	Y	Y

4:2:0: in jeder ungeradzahligem Zeile zwei Color-Samples auf je vier s/w-Samples

Abbildung 759: Die Farb-Subsampling-Verfahren 4:2:2, 4:1:1 sowie 4:2:0. Beim **Subsampling 4:4:4** (hier nicht gezeigt) wird je ein Color-Sample auf ein s/w-Sample abgetastet.

Beim Subsampling von **4:4:4** ist die Auflösung der beiden Farbdifferenzsignale U und V identisch mit der des Luminanzsignals Y. Die drei Farbwerte des RGB-Signals (oder U und V) werden also jeweils mit der Frequenz 13,5 MHz abgetastet. Dieses Subsampling liefert zwar die beste Bildqualität, wegen der hohen anfallenden Datenraten wird es aber nur selten angewendet. Dementsprechend werden beim Subsampling **4:2:2** das Luminanzsignal Y mit 13,5 MHz und die beiden Farbdifferenzsignale U und V mit 6,75 MHz abgetastet (auch als ITU-R 601-Standard bekannt). Beim Subsampling von **4:2:0** werden die ungeradzahligem Zeilen im Verhältnis von 4:2:2 abgetastet, die geradzahligem im Verhältnis von 4:0:0, das heißt, die Chrominanzsignale dieser Zeilen werden nicht abgetastet und damit auch nicht übertragen, sondern nur das Y-Signal. Das 4:2:0-Subsampling wird häufig beim PAL-Standard eingesetzt.

Alle Videoformate, die in Deutschland ausgestrahlt werden, verwenden das YUV-Farbsystem. Die Luminanz Y wird bei den „Nicht-HDTV“-Sendungen in voller PAL-Auflösung (575 Bildzeilen mit je 720 Bildpunkten) übertragen, die Farbinformationen begnügen sich mit geringerer Auflösung.

Digitale Videocameras, wie die Abkömmlinge DVDC PRO und DV CAM des Konsumer-Formats DV, arbeiten anders: sie zerlegen jedes Einzelbild in Blöcke von je acht horizontalen und acht vertikalen Pixeln. Jeder Block wird als zwei-dimensionaler Vektor mit 64 Pixelwerten betrachtet. Mittels eines Verfahrens aus der höheren Mathematik, der diskreten Cosinus-Transformation (DCT), werden nun die Pixelwerte in zweidimensionale Frequenz-Parameter umgewandelt. Diese werden quantisiert, also auf ganze Zahlenwerte gerundet; feine Bildstrukturen gehen dabei, je nach Kompressionsgrad, verloren.

Digitalisierung: Das Abtasten verwandelt das ursprünglich analoge Videosignal in eine Impulsfolge (mit der Abtast-Frequenz), und zwar mit unterschiedlichen Impulshöhen. Jeder einzelne dieser Impulse wird mit 8 bit digitalisiert, also sozusagen einer von 256 „Klassen“ zugewiesen. Der damit erzielbare Störabstand von ca. 48 dB genügt allen Ansprüchen professioneller Aufzeichnungstechnik. Wie unschwer zu errechnen, führen die große Zahl der Bildpunkte pro Sekunde und die darauffolgende Digitalisierung zu enormen Datenmengen, die nun aufgezeichnet werden müssen. Bei professioneller Aufzeichnung im 4:2:2 sampling-Modus fallen beispielsweise 216 Mbit/s an.

Bildkompression: Diese riesigen Datenmengen begründen den engen Zusammenhang zwischen digitaler Videoaufzeichnung und Datenreduktion beziehungsweise -kompression (image compression). Ohne diese mittlerweile hochleistungsfähigen Algorithmen ist die heutige digitale Bildaufzeichnung nicht denkbar. Je wirksamer die Kompression, umso kleiner die zu verarbeitende und schließlich zu speichernde Datenmenge, umso kürzer die Datentransfer-Zeit, umso kleiner der notwendige Speicherplatz – und umso kompakter die Geräte.

Zunächst sah man in der Datenreduktion nur ein Mittel, um die Daten, insbesondere über Senderketten, ökonomisch übertragen zu können; im Produktionsbereich sollte die dank hoher Datenraten garantierte hohe Bildqualität bis zum Ende der Bearbeitungsphase erhalten bleiben. Diese Absicht war jedoch nicht zu verwirklichen. Wollte man nämlich im Studiobetrieb „frame to frame“, also einzelbildgenau, zugreifen können, blieb zunächst nur die Datenreduktion innerhalb eines „frames“, also eines Einzelbilds.

Die Bilddatenreduktion setzt daher schon mit der Entstehung des Fernsehbilds ein. Ziel ist, den Informations-Umfang des Videobildes unter Beibehaltung des Informations-Inhalts zu reduzieren. Dabei ist zu unterscheiden zwischen verlustbehafteten (lossy) Kompressions-Verfahren, die sich die begrenzte Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen zunutze machen, und verlustfreier (lossless) Kompression, bei der der Informations-Inhalt mit allen Details reproduziert werden kann. Je nach den aktuellen Qualitätsanforderungen bieten sich prinzipiell drei verschiedene Verfahren zur Bilddatenreduktion an:

- statistische Codierung (verlustfrei):
Ausnutzung der Redundanz
z. B. Huffman-, RLE-Codierung;
- Transformation-Codierung (verlustbehaftet):
z. B. digitalisierte Fouriertransformation (DCT), Kernpunkt der Bilddatenreduktion;
- Fractal-Coding.

Verlustfreie Bildkompressions-Verfahren werden im wesentlichen bei professionellen Anwendungen zur Produktion des Ur-Masters eingesetzt, wo die völlige Wertegleichheit und -konstanz garantiert werden müssen. Verlustbehaftete Bildkompression setzt unter anderem auf Quantisierungsverfahren, bei denen, im einfachsten Fall, von einem mit 10 bit digitalisierten Signal nur 8 bit gespeichert werden.

Wieder andere Verfahren machen sich die begrenzte Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen zunutze. Beispielsweise fallen in einheitlichen großen Flächen schon geringe Helligkeitsabweichungen auf, nicht dagegen bei kleinen Details. Das erlaubt, Bilder und Bildausschnitte, jeweils entsprechend „bewertet“, umzuwandeln: bestimmte Wertegruppen gelten nur für Details, andere repräsentieren die großen Flächen. Beide Gruppen können nun mit geringerer Auflösung codiert werden.

Die Helligkeits- und Farbinformationen von Farbbildern werden, wie oben gezeigt, getrennt komprimiert. Dabei werden Farben, die der Gesichtssinn geringer auflöst als die Helligkeit, mit niedrigerer Samplingtiefe im Farb-Subsampling abgetastet.

Tabelle 22: Datenraten professioneller Systeme

System	Daten- reduktion	Digitali- sierung (bit)	Video- Daten- rate (MBit/s)
D-1	1:1	8	216
Digital Betacam	2:1	10	108
Betacam-SX	10:1	8	18
DVC-PRO	5:1	8	25
DVC-PRO50	3,3:1	8	50

Bilddatenreduktion am Beispiel des professionellen D-1-Formats

Component-Codierung, d.h., Luminanz- und Chrominanzsignale getrennt verarbeitet

Bildsignale: Luminanz (Y): Auflösung 5 MHz

Chrominanz: $U = R - Y$, $V = B - Y$: Auflösung 1 MHz

Abtastschema: 4:2:2 = 13,5 MHz : 6,75 MHz : 6,75 MHz

Digitalisierung: 8 bit, entspricht einem Störabstand von ca. 50 dB

Datenrate Video: $Y + U + V = 13,5 \cdot 8 + 6,75 \cdot 8 + 6,75 \cdot 8 = 216 \text{ Mbit/s}$

Die bekanntesten verlustbehafteten Kompressionsmethoden sind die verschiedenen MPEG-Verfahren (entwickelt von der Motion Picture Expert Group). Diese MPEG-Verfahren hatten zum Ziel, eine wirkungsvolle Codierung mit einer „einfachen“, preisgünstigen Decodierung zu verbinden. MPEG-4 ist ein von MPEG im Jahre 1998 entwickelter und von ISO / IEC verabschiedeter Standard. Er stellt kein in sich abgeschlossenes Kompressionsverfahren dar, sondern definiert einen Rahmen für verschiedene Video-Kompressionsverfahren gleicher Kompressionsstruktur.

Digitale Bildaufzeichnung – warum?

Dieser Abschnitt beschreibt die Entwicklung der aktuellen digitalen Video-Systeme, die zu Beginn des zweiten Jahrzehnts des 21. Jahrhunderts den gesamten Video-Aufzeichnungsmarkt beherrschen. Zu den theoretischen Grundlagen siehe den Exkurs XIX: Grundlagen der digitalen Aufzeichnung analoger Videosignale.

Werden Fernseh-Bildsignale analog aufgezeichnet, kommt es zu „analogen“ Schwierigkeiten wie bei der Tonaufzeichnung: weil der Produktionsablauf bis zur Sendung Mehrfachkopien (mehrere Kopiergenerationen) erzwingt, nimmt das Rauschen im Bild zu. Der Störabstand, ein wesentliches Qualitätsmerkmal, wird schlechter. Recorder, die nicht die volle Videobandbreite von 5 MHz wiedergeben können, produzieren zudem einen Schärfeverlust, der von Generation zu Generation deutlicher stört. Das widerspricht ebenfalls den Ansprüchen an professionelle Bildqualität, zudem schränkt es die Kopiermöglichkeiten ebenso ein wie den Einsatz effektiver Bildbearbeitungsverfahren. Analoge Verfahren sind zudem störanfällig beim „elektronischen Transport“ der Bildinformation.

Wie beim Anlauf zur digitalen Revolution in der Tonaufzeichnung stand damit fest, dass auch im Bildsektor kein Weg an der Digitalisierung vorbeiführen würde – wobei, wie abzusehen, der Aufwand etwa im Verhältnis der Datenraten bei Ton- gegenüber der Bild-Übertragung wachsen würde und damit der entsprechende Druck auf Forschung und Entwicklung. Dieser Aufwand führte zu hochkomplexen Bild-Recordern, während das Pflichtenheft für das Video-Magnetband scheinbar schrumpfte: höchste, langzeitstabile Datendichte – insbesondere niedrigste Drop-out-Zahlen – war jetzt noch stärker gefragt als zu Analog-Zeiten, deren ausgefeilte Modulations- und Transformations-Verfahren obsolet wurden: es ging bei der Aufzeichnung „nur noch“ um die pure Datenverarbeitung.

Alle Praxisanforderungen wurden erfüllt, und zwar im Verbund von weiterentwickelten Systemtheorien, integrierten Schaltungen mit höherer Packungsdichte und, last but not least, leistungsfähigen Bilddatenreduktionsverfahren. Digitale Videotechnik ist also keine Teillösung für Probleme der analogen Bildverarbeitung (wie etwa die Zeitbasis-Korrektur beim C-Format), sondern eine eigenständige Technologie-Generation, die inzwischen die „alte Videotechnik“ praktisch vollständig abgelöst hat – ein Schritt, der ähnlich fundamental ist wie die Expansion der Audio- zur Videoaufzeichnung. Folgerichtig werden die „alten“ Aufzeichnungsverfahren und ihre Medien nach und nach obsolet. Denn digitale Video-Aufzeichnungssysteme haben mit den überholten Analog-Systemen, außer der Aufgabe (und der Schrägspuraufzeichnung), keine Gemeinsamkeiten mehr, ähnlich wie eine historische Dampflokomotive mit einer modernen Mehrstromsystem-Elektrolok: beide fahren auf Schienen – aber das Alte landet bestenfalls im Museum. Um beim Transportwesen zu bleiben: die Digitalisierung öffnete Fernsehproduzenten nicht zuletzt den geraden Weg ins Internet mit allen Konsequenzen bei Vertrieb und Nutzung.

Digital-Camcorder für Profi und Amateur: Der DV-Standard

1994 angekündigt, erschienen 1996 / 1997 die ersten digitalen Camcorder auf der Basis der 6,3 mm-DV-Kassette (zunächst DVC, Digital Video Cassette, genannt),⁴⁰⁰⁷ die bei Abmessungen von nur 66 x 49 x 12,2 mm mit 60 min Spielzeit alles Bisherige überbot, auch und gerade in der Bildqualität (450 Linien, zwei oder vier digitale Tonkanäle).⁴⁰⁰⁸ Aus diesem DV-Standard (S-DVC), der zunächst als ein neues digitales Heimvideo-System gedacht war, entwickelten sich in kürzester Zeit die professionellen Standards DVCPRO (SMPTE-D-7) und DVCAM. Die entsprechenden Kameras haben nicht nur beim Endverbraucher, sondern auch bei Professionellen großen Erfolg gehabt. Sowohl die Kamera wie die Aufzeichnung schöpfen alle Möglichkeiten der 525- bzw 625-Norm aus, ein für den Hobbyfilmer völlig neuer Aspekt: die horizontale Auflösung betrug nicht weniger als 500 Linien bei einem beachtlichen Störabstand von 54 dB. Dies war eine bisher noch nie dagewesene Bildqualität, so dass das System sofort für die professionelle Anwendung adaptiert wurde (eine Parallele zu DAT!).

- Norm: DVC umfaßt den Standard für ein digitales Heimvideosystem auf Basis der „historischen“ 525-bzw. 625-Norm (SD-DVC = Standard DVC) wie auch für das High-Definition-Fernsehen (HD-DVC). HD-DVC baut auf SD-DVC auf und benützt das gleiche Laufwerk mit exakt den gleichen Systemparametern, Unterschiede bestehen in der Bildsignalverarbeitung. Der für die höhere Bildauflösung notwendige höhere Speicherbedarf wird mit einer gegenüber SD halbierten Spielzeit erkauft. Zunächst ist der SD-DVC Standard verabschiedet worden.

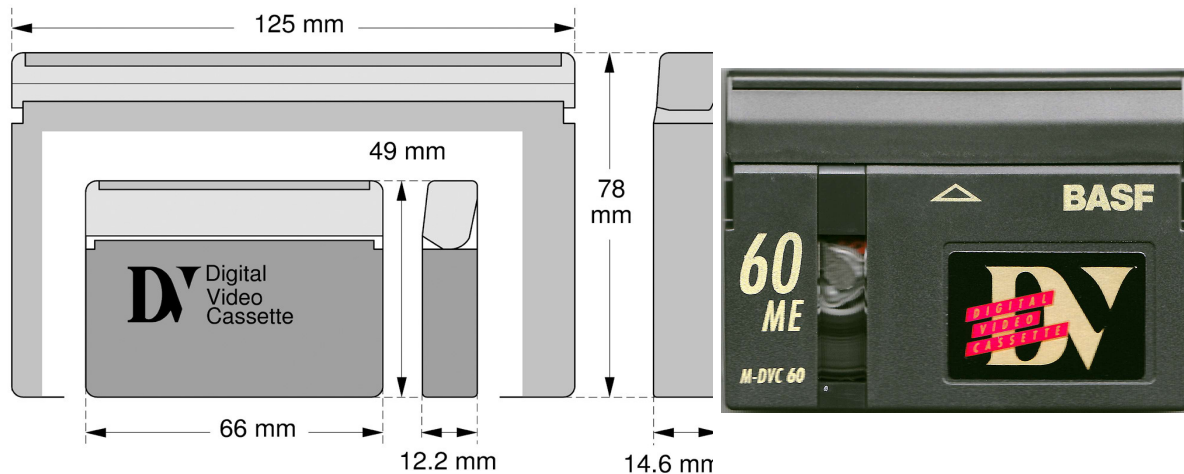


Abbildung 760: Die Mini-DV-Kassette (RECHTS in Originalgröße) im Maßvergleich zur nur im professionellen Bereich eingesetzten Standard-DV-Kassette (LINKS, äußere Kontur).

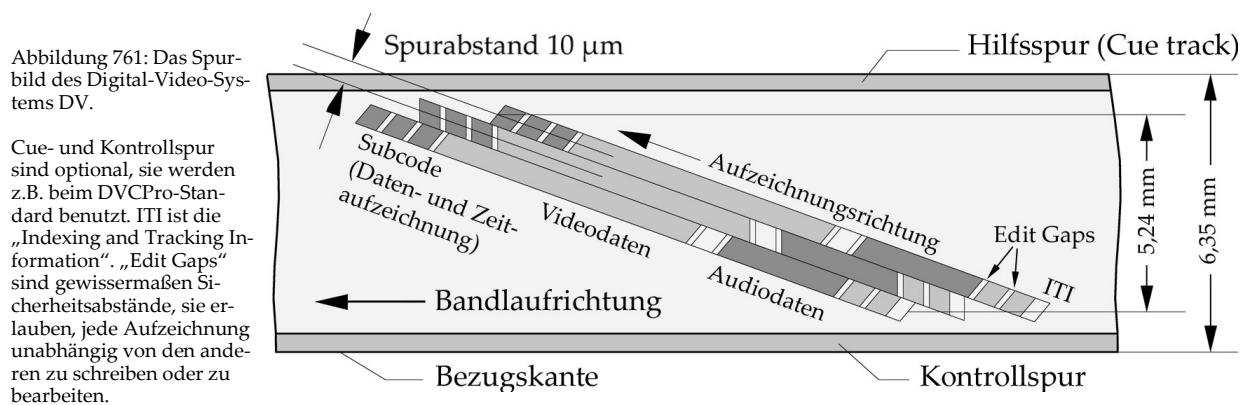


Abbildung 761: Das Spurbild des Digital-Video-Systems DV.

Cue- und Kontrollspur sind optional, sie werden z.B. beim DVCPRO-Standard benutzt. ITI ist die „Indexing and Tracking Information“. „Edit Gaps“ sind gewissermaßen Sicherheitsabstände, sie erlauben, jede Aufzeichnung unabhängig von den anderen zu schreiben oder zu bearbeiten.

- Systemparameter: Wesentliche Merkmale sind die geringe Spurbreite von 10 µm, der daraus resultierende niedrige Bandverbrauch von 0,43 m²/h und die entsprechende Spieldauer von 4,5 Stunden bei der SD- und 2,25 Stunden bei der HD-Version. Das SD-System verfügt über zwei beziehungsweise vier digitale Audiokanäle, die in der Schräglage zusammen mit den Videodatenkanälen eingeschrieben sind. Die Spurbaltung erfolgt, ähnlich wie bei Video8, mit Hilfe von drei digital in die Bild- und Toninformation eingelagerten Trackingfrequenzen.

- Bilddatenreduktion: Die infolge der Digitalisierung anfallenden Datenmengen, nämlich 256 Mbit/s bei SD und ca. 1.100 Mbit/s bei HD, erfordern drastische Bilddatenreduktion, damit auf handlichen Kassetten aufgezeichnet werden kann. So werden bei SD-DVC die Bilddatenrate um den Faktor 10 und bei HD-DVC sogar um den Faktor 22 reduziert. Die Bilddatenreduktion erfolgt Bild für Bild und erfordert somit einen hohen Echtzeit-Rechenaufwand. Trotz der starken Bildreduktion wird professionelle Bildqualität erreicht, die die Qualität aller bisherigen (analogen) Heimvideosysteme übertrifft.

- Speichertechnische Anforderungen: Trotz drastischer Bilddatenreduktion mussten die Speicherdichten auf dem Band gegenüber dem Hi8-System nochmals verdreifacht werden. Damit wurde eine neue Bandgeneration gefordert, die in einer speziellen „tape-working-group“ spezifiziert wurde. So wurde der Wiedergabepegel der „advanced“-ME-Bänder um ca. 2 dB, der der „advanced“-MP-Bänder um 4 ... 5 dB gegenüber dem Hi8-Standard angehoben. Außerdem müssen aus Kompatibilitätsgründen die MP-Schichten um den Faktor 10 dünner sein als herkömmliche pigmentierte Schichten.

Etwa um 2000 waren PCs (personal computer) in Arbeitsgeschwindigkeit, Festplattenkapazität und Software so leistungsfähig geworden, dass DV-Bild- und Ton-Aufzeichnungen verlustfrei auf den PC überspielt, hier bearbeitet und schließlich wieder auf DV – oder andere Videosysteme – rücküberspielt werden konnten. Der Endverbraucher hat seither, wenn auch in vereinfachter Form, durchaus vergleichbare Bearbeitungsmöglichkeiten wie professionelle Filmstudios.

Tabelle 23: DV – Digitaltechnik für Camcorder, jedoch nicht für Heim-Videorecorder ⁴⁰⁰⁹

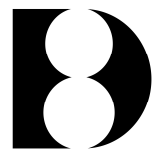
	DV (SD-DVC)	HD-DV	Hi8	VHS
Auflösung	450 Linien	500 Linien	400 Linien	250 Linien
Bandfläche für 1 h	0,43 m ²	0,86 m ²	0,58 m ²	1,07 m ²
Minimale Wellenlänge	0,488 µm	0,488 µm	0,4 µm	1,10 µm
Spurbreite	10 µm	10 µm	34,3 µm	49 µm
Datenreduktion	10-fach	22-fach	nein	nein
Kopfrad-Durchmesser	21,7 mm	21,7 mm	40 mm 26,7 mm	62 mm 41 mm (VHS-C)
Kopfrad-Drehzahl	150 U/s	150 U/s	25 U/s	25 U/s
Band-Kopf-Geschwindigkeit	10,2 m/s	10,2 m/s	3,1 m/s	4,84 m/s
Bandtyp	MP / ME	MP / ME	MP / ME	CrO ₂ / CoFe
Bandbreite	6,35 mm	6,35 mm	8 mm	12,65 mm
Banddicke	7 µm	7 µm	10 µm	13 – 19 µm
Bandgeschwindigkeit	1,883 cm/s	1,883 cm/s	2,05 cm/s	2,34 cm/s
Spielzeit: Standard Camcorder	270 min 60 min	135 min 30 min	120 min -.-	240 / 300 min 60 min
Datenrate (Gesamt)	41,85 Mbit/s	83,7 Mbit/s	-.-	-.-
Speicherkapazität	ca. 85 GByte	ca. 85 GByte	-.-	-.-

DVC-Pro

1999 führte Panasonic sein DVCPRO 50-System ein, das, wie Sonys DVCAM, 50 MBit/s verarbeitet. Es tastet 4:2:2 ab und komprimiert nach DCT auf 3,3:1. Da alle DV-Systeme identische Cassetten benutzen, können die meisten professionellen Studiogeräte (MAZ) DV, MiniDV, DVCAM, DVCPRO (25) und DVCPRO50 lesen.

Digital8

Die Weiterentwicklung von Hi8 zur digitalen Aufzeichnung war die 1999 eingeführte Digital8-Technik. Das Format verwendet die herkömmlichen Hi8-Bänder, dabei nutzt Digital8 für Aufnahme wie Ausgabe dasselbe Datenformat wie DV. Aufgrund der gegenüber Video8 / Hi8 höheren Bandgeschwindigkeit verkürzt sich die Laufzeit bei Digital8 um ein Drittel, das heißt, auf eine Hi8-Kassette mit 90 min Spielzeit passen im Digital8-Format nur 60 Minuten. Das Aufzeichnungsformat von Digital8 und DV war völlig identisch. Insgesamt galt Digital8 im Vergleich mit DV als wesentlich robuster, langlebiger und weniger fehleranfällig. Dies lag vor allem an der deutlich höheren Bandgeschwindigkeit (28,7 mm/s; DV: 18,8 mm/s) und größeren Spurbreite (16,3 µm; DV: 10 µm), was sogar die Werte des professionellen DVCAM-Systems überstieg. Zudem war das Band von Digital8-Kassetten breiter und dicker als bei DV. Trotz der technischen Überlegenheit des Bandformats konnte sich Digital8 nie gegen MiniDV durchsetzen. – Digital8 Geräte wurden nur von Sony hergestellt.



Das Aus für Konsumer-Magnetband-Camcorder

Was sich seit nach und nach abzeichnete, ist spätestens 2009 eingetreten: zu den 31 Camcordern, die die Stiftung Warentest im zweiten Halbjahr bewertet hatte, gehört nur noch *ein* Modell mit DV-Kassette – die Speicher-Favoriten sind Festplatten bis 120 GB und SDHC-Speicherkarten mit Kapazitäten von (seinerzeit) maximal 32 GB. Wie dieser nahezu verschwindende Marktanteil zeigt, hatte damit das Magnetband auch im letzten nennenswerten Endverbraucher-Anwendungsbereich ausgedient.⁴⁰¹⁰

Professionelle Digital-Videoaufzeichnung

Digitale Aufzeichnung: Entwicklung und Normung

Erste Ansätze, Fernsehbilder nicht mehr analog, sondern digital aufzuzeichnen, gab es bereits in den 1970er Jahren. Einen ersten funktionsfähigen, wenn auch nur experimentellen Studio-Digital-Recorder zeigte 1973 die IVC (International Video Corporation) als Umbau eines 2-Zoll-Recorders. BBC folgte 1976 mit einem weiteren Digital-Mustergerät.⁴⁰¹¹ Die gegen Ende der 1970er Jahre vorgestellten diversen Prototypen digitaler Videorecorder zeigten deutlich, was für die Anwender von Computern und digitaler Datenaufzeichnung selbstverständlich war: mit den Algorithmen der Fehlerkorrektur und Fehlerverdeckung lassen sich praktisch fehlerfreie Duplikate herstellen. Komplexe „Verwürfelungen“, das heißt, streng systematisch über die Bandoberfläche vereinzelte Teilaufzeichnungen des Videosignals, können praktisch alle Unzulänglichkeiten des Band-Kopf-Kontakts kompensieren und korrigieren.

Anders als im Endverbraucher-Bereich waren sich potentielle Benutzer wie Hersteller professioneller Digital-systeme darüber einig, dass eine einheitliche kompatible digitale Videonorm unumgänglich sei, wollte man sich nicht wieder in leidigen Systemkämpfen verausgaben.

D-1-Standard

Zum ersten Mal in der Entwicklung der Videoaufzeichnung gelang es in fast zahllosen Sitzungen zwischen 1981 und 1986, die Parameter des Standards D-1 so zwischen den Vertretern der Benutzerinteressen – SMPTE ⁴⁰¹² (Society of Motion Picture and Television Engineers) in den USA und EBU (European Broadcast Union) in Europa – und den Geräteherstellern – Ampex, Bosch, Sony – auszuhandeln, dass die Bandkassetten-Aufzeichnungen weltweit ausgetauscht (also sowohl im NTSC- wie im PAL-Bereich eingesetzt) werden konnten, was einen in der Tat internationalen Standard setzte. Dieser Standard CCIR Recommendation 601, von SMPTE Ende 1985 verabschiedet und von CCIR wie IEC akzeptiert, legt als Eingangsgröße ein Videosignal fest, das aus den Komponenten Luminanzsignal Y und den Chrominanzsignalen U und V mit einem „colour subsampling“ von 4:2:2 besteht. Aufgezeichnet wird somit in component recording.

D-1-VideoRecorder wurden 1986 von Sony praktisch im Alleingang eingeführt, BTS in Darmstadt folgte 1990 (Ampex, obwohl an der Normungsarbeit beteiligt, hat nie entsprechende Geräte gebaut). BTS warb für seinen Recorder DCR 100 mit der verblüffenden Zusicherung „Mit der DCR 100 können Sie bis zu 50 Generationen erzeugen – und jede wird so makellos sein wie die erste.“⁴⁰¹³. Auf D-1-Basis entstanden auch Modifikationen für Instrumentations- und Datenaufzeichnungen (ID-1 beziehungsweise DD-1). – Bemerkenswert ist, dass dieses erste professionelle, digitale Videoformat schon zwei Jahre früher als das (analoge) Konsumenten-Format S-VHS (1987 / 1988) im praktischen Betrieb eingesetzt wurde.

Aufgezeichnet werden die drei Farbkomponenten Y, Cr (U entsprechend) sowie Cb im 4:2:2-Standard. SECAM und PAL, die mit gleicher Zeilen- und Bildwechselzahl arbeiten, liefern damit identische Signale. Darüber hinaus sind die Recorder mittels Umschaltung sowohl NTSC- wie z.B. PAL-tauglich (Component Recording).

Der 4:2:2-Standard schreibt vor, das Y-Signal mit 13,5 MHz, die Cr- und Cb-Signale mit 6,75 MHz und jeweils 8 bit zu quantisieren. Die Abtastraten garantieren beim Y-Signal als obere Grenzfrequenz 5,5 MHz, Cr und Cb erreichen 2,75 MHz bei Störabständen von 56 dB für jedes Signal.

Für die Tonaufzeichnung sind vier Kanäle vorgesehen, die nach den gleichen EBU-Regeln wie bei digitalen Audiorecordern codiert werden, also mit der Sampling-Frequenz 48 kHz und wahlweise mit 16, 18 oder 20 bit.

D-1 arbeitete mit 19,05 mm = $\frac{3}{4}$ Zoll breitem Magnetband (Bandgeschwindigkeit 28,69 cm/s, Auflösung 460 Linien), bemerkenswerterweise mit hochkoerzitivem Kobalt-Eisen-Pigment beschichtet, da die damaligen Magnetköpfe bei Signalfrequenzen um 40 MHz nicht mehr die für Metallpigmentband üblichen Vorteile erzielten.⁴⁰¹⁴ Das Band ist auf regelrechte Flanschspulen aufgewickelt, die im Recorder verriegelt werden; damit sind Umspulzeiten wie bei den open-reel-Recordern des B- und C-Formats möglich. D-1-Kassetten gibt es in drei Größen: S mit 12 Minuten, M mit 34 Minuten und L mit 94 Minuten Spielzeit. Die Spulenkerne haben unterschiedliche Abstände, damit die kurzen Spielzeiten mit entsprechend kompakten Kassettengrößen auskommen. Das bedingt natürlich mechanisch verstellbare Wickelmotore in den Recordern und entsprechenden Aufwand bei der Bandführung.

Das Spurschema des D-1-Formats (Abbildung 764, Seite 620) zeigt eine aufgetrennte Videospur. Die PCM-Tonsignale werden etwa in Bandmitte aufgezeichnet, denn so ist ein ungestörter Band-Kopf-Kontakt sichergestellt. Die Spuren sind durch Zwischenräume (Rasen) voneinander getrennt. Das Spurschema zeigt beispielhaft, welche komplizierten Spur-Architekturen die digitale Aufzeichnung ermöglicht und fordert.

In der Praxis des Studiobetriebs zeigte sich allerdings, dass die qualitativ so hochwertige Komponentenaufzeichnung mit 4:2:2-Sampling bei der Verarbeitung des standardisierten FBAS-Signals unerwartete Nachteile mit sich brachte. Zudem galten D-1-Digitalrecorder in Anschaffung und Betrieb als teuer; sie sollen überwiegend zur Aufzeichnung von Computer-Grafik eingesetzt worden sein, wo die Produktionskosten ohnehin immens hoch waren.



Abbildung 762: Die Videokassetten für die Digitalformate D-1 und D-2 (hier die Größe L, 36,6 x 20,6 x 3,3 cm, also um 7 cm länger als ein DIN A4-Blatt bei etwa gleicher Breite) sind äußerlich identisch, die Bandbreite ist jeweils 19 mm. Unterschiede sind der Tabelle 24 zu entnehmen, die Spurbilder zeigt die Abbildung 764.



Abbildung 763: Größenvergleich zwischen der D-1/D-2-Kassette (HINTEN), der VHS-Kassette (LINKS VORN) und der D-3-Kassette (RECHTS VORN)

D-2-Standard

Ampex hat, wie schon gesagt, trotz Mitarbeit an der D-1-Normung keine entsprechenden Recorder gebaut. Vielmehr hat man in Redwood City die Kassettenmechanik beibehalten und auch sonst die Grundprinzipien des Standards aufgegriffen, daraus allerdings einen Recordertyp mit neuartiger Signalverarbeitung entwickelt, der zum SMPTE-D-2-Standard geworden ist und sich besser durchgesetzt hat als D-1. Derartige D-2-Standard-Recorder bauten neben Ampex auch Sony und BTS, aus Darmstadt kam sogar ein tragbarer Typ.

Der zunächst Ampex-interne Firmenstandard D-2 bekam dank seiner Übernahme durch Sony und BTS ein derartiges Gewicht, dass ihn die Beteiligten im Jahr 1986 der SMPTE als weltweiten Standard für professionelle, digitale composite-Aufzeichnungssysteme vorschlugen. Das entsprechende SMPTE-Procédure war bereits nach vergleichsweise kurzen acht Monaten abgeschlossen.

Wichtigste, allerdings nahezu einzige, Gemeinsamkeit von D-1 und D-2 ist die identische Kassette. Erstmals in der professionellen Aufzeichnungstechnik setzte der D-2-Standard hochkoerzitives Metallpigmentband (120 kA/m beziehungsweise 1.500 Oe) voraus, das höhere Speicherdichten erlaubt und so, bei der Bandgeschwindigkeit 13,71 cm/s, bei gleicher Kassettengröße längere Spielzeiten bringt.⁴⁰¹⁵

Die wesentlichen Unterschiede gegenüber dem D-1-Standard: einmal arbeitet D-2 mit dem FBAS-Signal (Composite) – damit war D-2 prädestiniert, die in die Jahre gekommene Quadruplex- und 1-Zoll-Technik abzulösen, zumal zum Zeitpunkt seiner Einführung schon ein beträchtlicher Teil der Bearbeitung in der digitalen Ebene erfolgte. Zum anderen schreibt D-2 vier Audiokanäle zu Beginn und am Ende der Videospuren. Schließlich arbeiten bei D-2 azimuth-verschränkte Magnetköpfe, das heißt, Trennschleifen entfallen (siehe auch Tabelle 24).

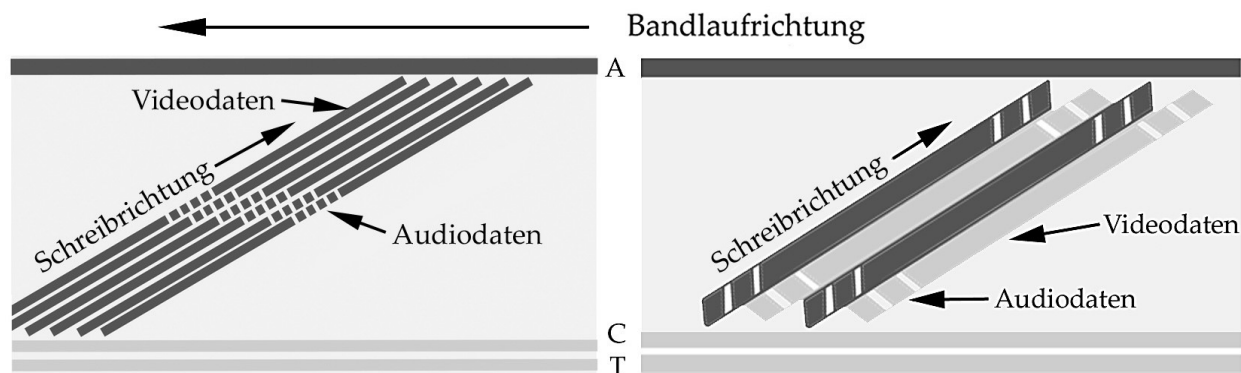


Abbildung 764: Spurbilder der Digital-Video-Formate D-1 (LINKS) und D-2 (RECHTS). Bandbreite jeweils 19 mm. A Audio Cue track, C Kontrollspur, T Timecode-Spur. D-1 zeichnet ohne „slant azimuth“ auf und benötigt daher eine Trennschleife; bei D-2 sind die Daten-Magnetkopfspalte um $\pm 15^\circ$ gegeneinander geneigt. D-1 schreibt Audiokanäle in die Mitte der Spur, D-2 jeweils an Anfang und Ende einer Spur.

D-3-Standard

Nun behinderten allerdings der D-1- ebenso wie der D-2-Standard die Konstruktion tragbarer Camcorder. In Zusammenarbeit mit Panasonic gab daher die japanische Fernsehgesellschaft NHK 1991 der digitalen Videotechnik einen kräftigen Schub, der zum Standard D-3 führte. Zu den Vorgaben für ein durchgängig digital arbeitendes Videosystem auf Basis eines Halbzollbandes in einer VHS-verwandten Kassette gehörten ein unkomprimiert aufgezeichnetes composite-Signal als Aufzeichnungsstandard. Kameras und Abspielgeräte mussten für das aktualitäts hungrige „news gathering“ angepasst sein, was mit einem leichten digitalen Camcorder einerseits und Studio-MAZ-Geräten andererseits erreicht wurde, die die Aufzeichnungen von den kleinen Camcorder-Kassetten sofort „auf Sendung“ geben konnten. Problemloser Schnittbetrieb mit den gängigen Edit-Controllern galt als selbstverständliche Forderung. – Technische Daten siehe Tabelle 24, Seite 626.

Diese Gemeinschaftsentwicklung von NHK und Panasonic überzeugte auch die BBC, die mit einer Bestellung von mehr als 100 D-3-Recordern dem System Mitte 1990 zu einem glänzenden Start verhalf. Innerhalb der nächsten zwei Jahre waren weltweit 3.800 D-3-Recorder im Einsatz; mit Halbzoll-Metallpigmentband und innovativer Technologie markierte es mit seiner Auflösung von 450 Linien den „state-of-the-art“ der Composite-Technik.⁴⁰¹⁶ Ihre härteste Bewährungsprobe bestand die D-3-Technik während der Olympischen Sommerspiele 1992 in Barcelona: Panasonic, offizieller Ausstatter, stellte nicht weniger als 1.000 Studio-Maschinen und 65 Camcorder für Sendungen und Post-Production bereit.

D-3 entsprach durchweg allen professionellen Anforderungen; bis zu 20 Kopien-Generationen waren erlaubt. Praxisgerecht waren auch die Kassetten: bei D-3 waren sie durchweg kleiner als ihre Entsprechungen bei anderen Digital-Formaten. Und das nicht auf Kosten der Spielzeit: die größte D-3-Kassette konnte mit 245 Minuten ein ganzes Abendprogramm bestreiten – bei D-1 war nach 94 Minuten, bei D-2 immerhin erst nach 208 Minuten „Aufzeichnungsende“. Wegen der Digital-composite-Aufzeichnungsstandards mussten D-3-Anlagen allerdings entsprechend den wichtigsten Weltstandard, PAL und NTSC, modifiziert werden – das, freilich ungleich teurere, Komponentensystem D-1 kannte diesen Nachteil nicht.



Abbildung 765: Die Digital-Video-Kassette für das Format D-3.



Abbildung 766: So charakteristisch sich „reel-to-reel“-Videorecorder optisch voneinander unterscheiden, so uniform erscheinen die Kassetten-Geräte, hier als Beispiel ein D-5-Recorder.

D-5-Standard

1993 zeigte Panasonic anlässlich des renommierten TV-Symposiums in Montreux die logische Weiterentwicklung des D-3-Systems, genannt D-5 (unter Auslassung von D-4, da Fernost die 4 als Unglückszahl betrachtet⁴⁰¹⁷). D-5 ist nicht mehr und nicht weniger als die digitale Komponentenversion von D-3, daher sind die Laufwerke mechanisch identisch, ebenso die Kassetten. Der entscheidende Praxis-Vorteil: der Wechsel zum neuen System ist weitgehend problemlos, da auch die Aufzeichnungs-Spurabmessungen identisch sind – D-3-Bänder lassen sich ohne weiteres auf D-5-Maschinen abspielen. Etwas reduziert war die maximale Spielzeit: D-5 bot hier nur zwei Stunden.

Ein technisches Hauptmerkmal des D-5-Formats ist seine strikte Anbindung an den Standard CCIR 601: 10-bit-Quantisierung und 13,5 MHz Abtastung, umschaltbar auf 8-bit-Quantisierung mit 18 MHz Sampling-Frequenz. Zum Standard gehören vier digitale Tonkanäle. Der Komponenten-Standard kann sowohl die Bildformate 4:3 wie 16:9 verarbeiten. D-5 kommt ohne Datenkompression aus, was Komplikationen bei aufwendigen Post-Production-Arbeiten oder Chroma-Key-Bearbeitungen verhindert. Im Komponenten-Studio kann auch Composite-Material verarbeitet werden, ein optionaler Decoder höchster Qualität kann D-3-Aufzeichnungen sogar in Komponentenform ausgeben.

Digitale professionelle Aufzeichnungssysteme ohne Bilddatenkompression haben mit D-5 einen Höhepunkt, allerdings auch einen gewissen Entwicklungs-Endpunkt erreicht. Durchaus vorstellbar wäre noch der Schritt zur HDTV-Aufzeichnung nach damaligen Standards (die 1993 deutlich höher waren als 2010!) gewesen.

Die nach D-5 entwickelten professionellen Systeme bauen zum Teil auf vorhandenen oder neuartigen Konsumenten-Camcorder-Typen auf. Vorrangige Ziele sind hier geringe Abmessungen, gute Handhabbarkeit und attraktive Preise der Camcorder. Diese Vorgaben sind nahezu ausschließlich nur mit aufwendiger Bilddaten-Kompression einzuhalten.⁴⁰¹⁸ – Technische Daten siehe Tabelle 24, Seite 626.




Abbildung 767: Die BASF-HDTV-Kassette für den digitalen HDTV-Kassettenrecorder DCR-6000 (Kapazität 1650 m Band) erlaubte bei einem Datenfluss von 1,2 Gigabit/s eine Aufzeichnungsdauer von 42 min (Juli 1992). Die Kassette ist ein D-1-Typ.

D-6-Standard

1992 / 1993 entstand aus der Zusammenarbeit von BTS (Laufwerk) und Toshiba (Elektronik) der erste digitale HDTV-Kassettenrecorder DCR-6000, der nicht nur 12 digitale Audio-Kanäle zu bieten hatte, sondern insgesamt einen Datenstrom von 1,2 Gbits pro Sekunde (etwa 150 MB/s) bewältigte; das Helligkeitssignal wurde mit 72 MHz, die beiden Farbkomponenten mit je 36 MHz abgetastet und alle Signale ohne Kompression aufgezeichnet. BASF Magnetics GmbH lieferte hierfür 19 mm breite Metallpigmentbänder aus eigener Entwicklung und Herstellung.⁴⁰¹⁹ Die endgültige Ausführung, 1994 als Aufzeichnungs-Standard D-6 etabliert, arbeitete mit der Bandgeschwindigkeit 49,7 cm/s, die Spielzeiten der drei verfügbaren Kassettengrößen lagen bei 8, 28 und 64 Minuten beziehungsweise 238, 835 und 1908 Metern Bandlänge.⁴⁰²⁰

Digital Betacam

Digital Betacam, eingeführt ab Ende 1993, markierte international den endgültigen Durchbruch der digitalen Videoaufzeichnung bei professionellen Videoproduzenten und Fernsehanstalten (Abbildung 723, Seite 585).

 Es hat nicht nur seine untereinander nicht kompatiblen digitalen Vorgänger wie D-1, D-2, D-3, M II ... mit ihren teils unhandlichen, großen Kassetten abgelöst, sondern verdrängte nach und nach auch seinen analogen „Stammvater“ Betacam SP. Neun Monate nach der Digital Betacam-Einführung liefen allein in Deutschland fast 400 Maschinen, knapp 2000 in Europa und 3.500 weltweit, 1500 Besteller warteten noch auf ihr Gerät. Zu diesem Erfolg trugen nicht zuletzt kompatible Modelle bei, die auch ältere analoge Aufzeichnungen abspielen konnten. Schließlich ist Digital Betacam kostengünstiger als das D-1-System. Die teuerste Ausführung kostete anfangs DM 94.000 – also weniger als ein Drittel einer dreißig Jahre älteren Quadruplex-Maschine, die unterschiedliche Kaufkraft einmal außer Acht gelassen.⁴⁰²¹ – Technische Daten siehe Tabelle 24, Seite 626.

Gearbeitet wird in Anlehnung an D-5 mit einem Komponenten-Verfahren mit 4:2:2 Subsampling. Wegen der dabei anfallenden Datenmengen und um zu kleineren Kassettenabmessungen als bei D-5 zu kommen, mussten erstmals bei einem professionellen Standard Daten komprimiert werden, wenn auch „nur“ im Verhältnis 2:1 und einem DCT-Verfahren (discrete cosine transformation).


Wie mittlerweile üblich, bietet auch Digital Betacam vier PCM-Audiospuren, und zwar ohne Datenkompression; es arbeitet, wie alle Betacam-Nachfahren, mit ½ Zoll breiten Metallpigmentband in zwei Kassetten-Typen mit den Spielzeiten 40 min („small“: 15,6 x 9,53 x 2,54 cm) und 124 min („large“: 25,4 x 14,5 x 2,54 cm), die Banddicke liegt bei 12,5 µm beziehungsweise 13,8 µm. Die Kopftrommel hat einen Durchmesser von 81,4 mm, dreht mit 75 Umdrehungen pro Sekunde, die Bandgeschwindigkeit liegt bei 9,67 cm/s und die Band-Kopf-Geschwindigkeit bei 19,08 m/s.

Zur umfassenden Digi-Beta-Gerätepalette gehören Studio-Recorder, tragbare Recorder mit Studioqualität, aber auch abwärtskompatible Recorder, die das Betacam- und Betacam-SP-Format beherrschen, was nicht zuletzt zum durchschlagenden Erfolg dieses „geschlossenen Hersteller-Standards“ beigetragen hat: es beendete endgültig die Ära der 1-Zoll-Videorecorder, überwand alle Hemmungen, Datenreduktion auch im professionellen Sektor einzusetzen und entwickelte sich so zum meistgenutzten professionellen Digital-Aufzeichnungsstandard der Studio-Fernsehtechnik in „Standard Definition“, also dem Qualitätsniveau „unterhalb“ HDTV, und zwar sowohl im PAL- wie im SECAM- und NTSC-Bereich. Spätestens 2010 zeichnete sich das Potenzial von Digi-Beta ab, als letzte Magnetbandentwicklung für die professionelle Videoaufzeichnung in die Technikgeschichte einzugehen. Wie sich zeigte, ist es erst von praxisreif weiterentwickelten Festkörperspeichern abgelöst worden, die bekanntlich ohne bewegliche Teile, also ohne die heikle Mechanik, auskommen.

Digital Betacam ist gewissermaßen durch Werksnormen von Sony definiert. Lizenzen an andere Hersteller wurden nur vergeben, wenn die Kompatibilität der Geräte absolut gesichert war, was mit entsprechend rigorosen Freigabe-Prozeduren gesichert wurde (im Gegensatz etwa zum „offenen“ System Betacam SP).

Die hohe Aufzeichnungsdichte des Formats Digital Betacam setzt ein Bandmaterial mit nochmals feinteiligeren, höherkoerzitativen Metallpigmenten voraus. Das Digital Betacam-Band ist zwar ein direkter Abkömmling des Betacam SP-Bandes, doch erzwang die weitergetriebene Feinheit der Metallpigmente eine komplett neue Abstimmung von Pigment und Bindemittelsystem. Schließlich hatte sich Sony auch für alle Digital-Bänder eine aufwendige Freigabe-Prozedur vorbehalten, mit der man das Aufkommen von Wettbewerbsprodukten gut zu steuern wusste. So konnte BASF erst 1999, nach fünf Freigabe-Anläufen, am Digital Betacam-Kassettenmarkt partizipieren, zwar unter dem Markenzeichen BASF, gefertigt freilich bereits vom BASF Magnetics GmbH-Nachfolger EMTEC GmbH.

Betacam SX

 Betacam SX, eingeführt 1996, ist ein professionelles, digitales Videoformat von Sony, das Komponentensignale zusammen mit vier Tonsignalen auf ein ½-Zoll-Metallpigmentband aufzeichnet. Es komprimiert die Video-Daten im Verhältnis 10:1 nach MPEG-2, nachdem sie im Verhältnis 4:2:2 abgetastet und mit 8 Bit aufgelöst worden sind. Das Format wurde vor allem als digitaler Nachfolger von Betacam SP angepriesen, war aber eher ein erheblich vereinfachter Abkömmling aus der Digital Betacam-Entwicklung. Die mechanischen Kenngrößen der leuchtend gelben Betacam SX-Kassetten (Abbildung 723, Seite 585) sind mit denen der Betacam SP-Kassetten identisch, sie bieten aber nahezu doppelte Spieldauer, da sie nur mit halbierte Geschwindigkeit (5,96 cm/s) be- und abgespielt werden. Die maximale Spieldauer einer Betacam SX-Kassette beträgt 184 Minuten. SX bleibt insoweit abwärtskompatibel zu Betacam SP, als einige SX-Recordermodelle auch SP-Aufzeichnungen wiedergeben können.

Bei Betacam SX gehen Handhabungs-Vorteile vor Bildqualität. Die ungewöhnlich hohe Kompressionsrate 10:1 reduziert die Bildqualität im Vergleich zu anderen professionellen Standards, nicht zuletzt Digital Betacam, dafür sind die Geräte einfacher zu bedienen, kleiner und preisgünstiger. Trotzdem hat das Format in der aktuellen elektronischen Berichterstattung weltweit nur recht begrenzte Erfolge zu verzeichnen. Für SX sprachen eher die mechanische Robustheit des Systems und die relativ geringe Datenmenge im allgemein akzeptierten MPEG-Format (praktisch für digitale Online-Schnittsysteme): Das Videomaterial kann flexibel auf kleinen und leichten

Laptop-Schnittgeräten mit eingebautem Player und Recorder schon am Aufnahmeort bearbeitet werden. – Technische Daten siehe Tabelle 24, Seite 626.

IMX - Interoperability Material Exchange



So progressiv Digital-Aufzeichnungsverfahren auch sein mögen: alle Kompression und notwendigerweise Dekompression, also (meist nicht offengelegte) „Codecs“ nutzende Verfahren, haben den Nachteil,

dass vor dem Bearbeiten der Bildinhalt erst dekodiert in das jeweilige Schnittsystems geschleust werden und letzten Endes wieder den Codec des Speichergeräts durchwandern musste. Das verursacht notwendigerweise neben dem apparativen Aufwand nicht nur Qualitätsverluste, sondern verhindert vor allem, dass der Bildinhalt ohne weiteres in digitale Netzwerke eingespeichert werden kann, wie es zum flexiblen Bearbeiten und nicht zuletzt für die zugriffs-schnelle Archivierung unumgänglich ist.

In deutschen Funkhäusern – mit dem finanzkräftigen WDR als Vorreiter für mehrere ARD-Anstalten – plante man Ende der 1990er Jahre den Aufbau derartiger digitaler Netzwerkstrukturen, und in dieses Konzept passte die Digital Beta-Signalverarbeitung nicht mehr organisch hinein. Man wollte also weg von den herkömmlichen Broadcast-Recordern mit Video-Signalausgang, hin zu einer Technik, bei der, vereinfacht gesagt, die Bild-Speichergeräte vom Computer (beziehungsweise dem darauf installierten Schnittprogramm) als „externe Laufwerke“ angesprochen werden konnten – was ein geeignetes Dateiformat voraussetzt.⁴⁰²² Das öffnete auch moderneren Medien, wie optischen Platten und Festkörperspeichern, die Tür zur professionellen Fernsehproduktion, und konsequenterweise läutete dieser Schritt das Ende der Magnetband-Alleinstellung im Videobereich ein.

So kam es kurz vor dem Auslaufen der in Deutschland entwickelten Magnetbandtechnik zu einer (überwiegend) deutschen Sonderlösung: In Zusammenarbeit mit Sony entstanden die Interoperability Material Exchange (IMX)-Technik und das Dateiformat MXF („Media eXchange Format“), im Jahr 2002 als Format D-10 unter die SMPTE-Standards aufgenommen.⁴⁰²³ Beteiligt waren auch mehrere Produzenten von Schnittprogrammen.

IMX war zeitentsprechend für die Standard-Auflösung (Europa: 720 x 608 Pixel) ausgelegt. Da um die Jahrtausendwende für absehbare Zeit weiter Magnetband als Informationsträger benutzt werden musste, war ein neues Material entwickelt worden, dessen technische Daten die des Digibeta-Bandes deutlich übertrafen. In einer türkisgrünen Variante der Betacam-Kassette lief ein 12,65 mm breites und insgesamt 14 µm dickes Reineisen-Band mit den Hauptdaten Koerzitivfeldstärke 125 kA/m und Remanenz 245 mT. Dafür waren ein effizienteres Kalandrierverfahren und ein neues Bindemittelsystem ausgearbeitet worden. Die maximale Bandlänge in der L-Kassette (25,4 x 14,5 x 2,54 cm) von 725 m erlaubte in Studiorecordern Spielzeiten von 220 Minuten, etwas mehr als 3 ½ Stunden, die kleinere S-Kassette für Camcorder, mit den traditionellen Betamax-Abmessungen von 15,6 x 9,53 x 2,54 cm, bei 239 m Bandlänge 71 Minuten.⁴⁰²⁴

Wie auch andere Digitalformate, bieten IMX bzw. MXF mehrere Ton-Kanäle, und zwar je nach Quantisierung (16 beziehungsweise 24 bit) vier oder acht unkomprimierte mit der Sampling-Frequenz 48 kHz.



Als Jahr der IMX-Markteinführung wird 1996 genannt,⁴⁰²⁵ weitgehend hat es sich erst 2001 durchgesetzt.⁴⁰²⁶ IMX-Magnetbandmaschinen war allerdings kein langes Leben gegönnt: schon 2004 kamen die disk-basierten Systeme XDCAM (für Standard Definition) beziehungsweise XDCAM HD (also HDTV) zum Einsatz,⁴⁰²⁷ die auf der Blu-ray-ähnlichen „Professional Disc for Broadcast“ mit 23 GB

Kapazität aufzeichnen (Dual Layer-Version: 50 GB, mit drei oder vier Layern 100 beziehungsweise 128 GB). XDCAM und XDCAM HD haben sich vor allem in der aktuellen Berichterstattung und bei Dokumentarproduktionen bewährt.⁴⁰²⁸ – Technische Daten siehe Tabelle 24, Seite 626.

Das Betacam-Archiv wird aufgelöst: Roboter übernehmen den Transfer

„High-end-Modelle“ der Studio-Recorder in IMX-Technik können, außer im eigenen Format aufzunehmen und wiederzugeben, Betacam- wie Betacam-SP-Kassetten, Digital Betacam und Betacam SX abspielen und das Bildsignal sogar auf höhere Auflösungen umrechnen. Das heißt, dass auch bis zu dreißig Jahre altes Material digitalisiert und genutzt werden kann, ohne Abspielgeräte jener Epochen aufwendig konservieren und warten zu müssen. Dafür muss allerdings die Kopftrommel derartiger-Recorder mit nicht weniger als 18 Kopfsystemen (plus einem „Dummy“) bestückt sein.⁴⁰²⁹ Die Studio-Recorder geben natürlich MXF-Dateien aus, also „computer-kompatible“ Signale zur Speicherung in Netzwerken und der Archivierung der Meta-Daten in Datenbanken. Diese aufwendigen Geräte dürften vor allem im Archiv-Bereich gearbeitet haben, für die „Alltagsproduktion“ genügten weniger kostspielige Modelle.

Damit waren die Haupt-Voraussetzungen zum Digitalisieren der Betacam-Kassetten-Familie in den Video-Archiven gegeben. Konsequenterweise wurde bei derartigen Aktionen, die sich über Jahre hinziehen konnten, teure Handarbeit nach Möglichkeit eingespart. Eine beispielhafte Lösung, wie bei einer Tochtergesellschaft des WDR, sieht so aus: ein Industrieroboter greift aus einem bis 740 Kassetten fassenden Zwischenlager eine Kassette heraus und bringt sie zunächst in ein Bandreinigungsgerät, das auch eine technische Kontrolle durchführt, also die Aufzeichnung selbst auf ihre Kopierfähigkeit prüft. Danach wandert die Kassette in das Abspielgerät, das die Inhalte als MXF-Files ausgibt.⁴⁰³⁰ Angesichts der etwa eine Million Videobänder, die allein beim WDR zu

digitalisieren waren, dürfte die seit Februar 2011 vollautomatisch arbeitende Anlage etwa sieben Jahre ausgelastet gewesen sein. Ende des zweiten Jahrzehnts des 21. Jahrhunderts könnte dann das Zeitalter der magnetband-gestützten Ton- und Bildaufzeichnung definitiv zu Ende sein.⁴⁰³¹ Wie aber diese Dokumente unseres kulturellen Lebens als nicht-gegenständliche Datenfiles zukunftsicher bewahrt werden können – darauf steht die überzeugende Antwort noch aus.

Und, als Vorgriff auf das nächste Kapitel: Abzusehen ist auch ist das Ende des Magnetband-Einsatzes in der Datenverarbeitung: das wohl ambitionierteste System LTO (Linear Tape Open) dürfte im Jahr 2012 mit der Ausbaustufe LTO G5 seinen Höhepunkt erreicht oder überschritten haben.

HDTV: Hochauflösendes (Digitales) Fernsehen

High Definition Television, HDTV, ist ein Oberbegriff für Fernsehsysteme, die mit höheren Zeilen- (und „Linien“-)Zahlen arbeiten als die früheren Standards NTSC, PAL oder SECAM. Ursprünglich war vorgesehen, die Zeilenzahl gegenüber den jeweils gebräuchlichen Standards zu verdoppeln, also im europäischen PAL-Gebiet auf 1.250 Zeilen, im NTSC-Verbreitungsbereich auf 1.050 Zeilen. Damit verbunden wurde das Breiten-Höhen-Verhältnis (aspect ratio) des Bildformats „verbreitert“, und zwar von 4:3 auf 16:9.

Anfang der 1980er Jahre startete die japanische Rundfunkanstalt NHK HDTV-Sendungen auf regulärer Basis, genannt „Hi-Vision“, mit einer Datenrate von 1,188 Gbit/s. Für die Aufzeichnungen hatte man ein C-Format-Laufwerk modifiziert, das nach wie vor analog speicherte.

Den Schritt in die digitale Ebene machten zu Anfang der 1990er Jahre Toshiba und BTS; hier entstand auf Basis eines D-1-Laufwerks ein HDTV-Recorder. Als nahezu universeller Datenspeicher-Recorder (data stream recorder) ausgelegt, akzeptierte er als Eingangsdaten viele unterschiedliche Formate, einschließlich der HDTV-Signale nach US-, Europa- oder Japan-Normen. SMPTE schrieb dieses Verfahren 1995 als D-6-Standard fest (siehe „D-6-Standard“, Seite 621); BTS benutzte als Bezeichnung HDD 1000.⁴⁰³²

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts gingen neue HDTV-Impulse vor allem von den USA aus, wo die Federal Communication Commission (FCC) und das American Television Standards Committee (ATSC) die Standardisierung vorantrieben; die ausgearbeiteten Standards – bemerkenswerterweise weniger anspruchsvoll als die entsprechenden Definitionen aus den 1980 / 1990er Jahren – sehen zwei Bildformate unterschiedlicher Auflösung jeweils mit dem Seitenverhältnis 16:9 vor.

In Europa wurde im Rahmen eines Eureka-Projektes ein Alternativkonzept mit verschiedenen Bildauflösungen beraten. Letztendlich wurden aber doch die Bildstandards des USA-Vorbilds festgelegt; in der Hauptsache sind dies

für vergleichsweise niedrige Auflösung	1.280/ 720 /25 Pixel
„Full-HD“	1.920/1.080/25 Pixel,

worunter die sichtbaren Bildpunkte zu verstehen sind und die Bildfrequenz an letzter Stelle genannt ist. Die Auflösung liegt mit etwa 850 Linien deutlich unterhalb der des analogen HDTV-Systems, das BTS 1985 – mit einem modifizierten B-Format-Recorder zur Aufzeichnung – propagiert hatte, ebenso deutlich unterhalb der 1.200 bis 1.500-Linien Auflösung des D-6-Formats.

Im Herbst 2012 legte die Consumer Electronics Association (CEA) eine Neuregelung vor: der HDTV-Nachfolger sollte „Ultra HD“ heißen (bis dahin auch „4K“). Fernsehgeräte einer Zukunftsgeneration sollten also nicht weniger als 3.840 x 2.160 Pixel zeigen, das Vierfache der HDTV-Auflösung. Als Bildträger komme in erster Linie die Blu-ray-Disk in Frage.⁴⁰³³ Auch diese Regelung war, wie nicht anders zu erwarten, einige Zeit später überholt.

Bildröhre und Magnetband werden entsorgt

Jahrzehnte lang hatte das Fernsehbild ein Seitenverhältnis von 4:3 beziehungsweise 1,33:1, während die Filmbilder auf der Kinoleinwand mehr und mehr in die Breite gingen (Seite 468), was ja auch dem Blickwinkel des Menschen besser entspricht. Als das Fernsehen derartige Spielfilme zeigte und dabei im Extremfall auf 4:3-Bildschirmen oben und unten knapp ein Viertel der Bildhöhe schwarz blieb, erzwang dies nach und nach den Übergang zum Seitenverhältnis 16:9 (gleich 5,33:3 oder 1,78:1 – und zwar zunächst im Standard-Videoformat, bei HDTV ist allerdings „16:9“ selbstverständlich). Ohne hier auf Voraussetzungen und alle Konsequenzen eingehen zu können: das hieß für „Altgeräte“, dass bei steigendem Anteil von 16:9-Produktionen – die „Tagesschau“ stellte zum 1. Juli 2007 auf das Breitbildformat um⁴⁰³⁴ – schwarze Bildrand-Balken die „tatsächliche Bildgröße“ schrumpfen ließen. Zudem haben seit der Jahrtausendwende DVD und DVD-Spieler, schließlich auch die Blu-ray (dazu videotaugliche Festplattenrecorder) alle Endverbraucher-Videokassetten-Systeme abgelöst: optische Medien stehen seither für einen weit überlegenen Bildqualitäts-Standard. Hiervon kräftig stimuliert, setzten sich etwa im gleichen Tempo Flachbildschirme durch, die erstmals große Bildflächen ohne das bedrohliche Gewicht und den Raumbedarf gleichgroßer Bildröhren boten und ihnen auch in puncto Bildqualität zumindest ebenbürtig wurden. Zudem erlauben die Herstellverfahren der Flachbildschirme nahezu beliebige Seitenverhältnisse. Relativ preisgünstige Videoprojektoren für den Hausgebrauch mit HD-Auflösung (1.280 x 720 pixel) definierten das „Heimkino“ mit zwei Metern Bildbreite (oder mehr) neu.

Und als sei dies nicht schon Fortschritt genug, lebte das hochauflösende Fernsehen, Kürzel HDTV, wie oben beschrieben in seiner digitalen Variante wieder auf, und sogar das 3D-, selbst das „dreidimensionale“ Fernsehen gaben (zum wiederholten Mal) Kurzvorstellungen. Diese neueren Verfahren arbeiten mit Datenkompression nach MPEG-2, teils auch mit effizienteren, also in Kompressionsrate und Bildqualität überlegenen Codecs wie Windows Media Video (WMV HD) und, im professionellen Bereich, MPEG-4. Zur gleichen Zeit kam auch die Digitalprojektion im Kino schrittweise voran, und zwar mit Zeilenzahlen und Auflösungen, die entweder auf Festplatten-Aufzeichnung (diese Träger scheinen, ungefähr im Gleichklang mit der Mooreschen Regel, alle 18 Monaten ihre Kapazität zu verdoppeln, bei gleichzeitig effektiv sinkendem Preis) oder gleich der Satellitenübertragung basieren.

Umgekehrt proportional zu diesen Fortschritten schrumpften Anteil und Bedeutung der Bildaufzeichnung auf Magnetband. Wie schon bei der Digital-Audioaufzeichnung, sind hier fortan immer weniger Qualitätsparameter relevant – in erster Linie stabile Pegel bei Wellenlängen um und unter $0,5\ \mu\text{m}$ und minimale drop-out-Raten –, aber die Forderungen an die Aufzeichnungs-Menge und -Dichte steigen ins Extrem. Anders gesagt: die Tendenz geht eindeutig in Richtung Festplatte und Festkörperspeicher. Was einen abrupten Systemwechsel in der Fernsehproduktion bremste, waren vor allem Besorgnisse um die Stabilität und Effizienz der Produktion und des Betriebsablaufs, vor allem die absehbar beträchtlichen Investitionen in die technische Ausstattung, insbesondere für Bearbeitung, Archivierung und Austausch von Videomaterial.

HDCAM und HDCAM SR



HDCAM, 1997 vorgestellt, ist genaugenommen ein komplettes Produktionssystem für HDTV-Aufzeichnungen (1.920×1.080 Pixel, also im Format 16:9), nicht nur für das Fernsehen, sondern auch für Kino-Spielfilme.⁴⁰³⁵ HDCAM mit seiner 10 bit-Quantisierung war seinerzeit das erste für den Fernsehbetrieb geeignete HDTV-Format, das selbstredend mit Magnetbandkassetten aus der Betacam-Familie arbeitete.⁴⁰³⁶ In den regulär schwarzen Kassetten mit einer orangenen Klappe läuft ein $12,65\ \text{mm}$ breites Reineisen-Band, dessen Magnetpartikel mit $0,125\ \mu\text{m}$ etwa halb so lang wie die im DigiBeta-Band und dementsprechend auch nur gut halb so dick sind. Die kleineren S-Kassetten arbeiten in Camcordern, die größere L-Version in Studiorecordern (Abmessungen siehe oben). Die charakteristischen Magnetwerte: Koerzitivfeldstärke $132\ \text{kA/m}$, Remanenz $290\ \text{mT}$, Schichtdicke $3\ \mu\text{m}$; die Aufzeichnungs-Wellenlänge ist $0,49\ \mu\text{m}$. Realisiert wurden vier Audiokanäle mit $48\ \text{kHz}$ Sampling-Frequenz und 20 bit Auflösung.

HDCAM musste, um die seinerzeit für die Aufzeichnung auf Magnetband beherrschbaren Datenströme verarbeiten zu können, einige Kompromisse bei der Datenkompression eingehen. Nicht zuletzt der Magnetband-Entwicklungsstand begrenzte, welche Datenmengen verarbeitet werden konnten und welche Konsequenzen sich aus dem Anforderungskatalog für den Grad der Datenkompression beziehungsweise der Parameter der verarbeitbaren Videoformate ergab. – Technische Daten siehe Tabelle 24, Seite 626.



Es dauerte immerhin sechs Jahre, bis 2003 das Nachfolgesystem HDCAM SR (für „superior resolution“) bereitstand, das allerdings gleich die dreifache Datenmenge beherrschte. Darin inbegriffen sind zwölf Audiokanäle mit der Samplingfrequenz $48\ \text{kHz}$ und 24-bit-Quantisierung.⁴⁰³⁷ Zumindest einige HDCAM SR-Recorder können auch HDCAM- und Digital Beta-Aufzeichnungen wiedergeben.⁴⁰³⁸

Soweit anhand der Entwicklungsgeschwindigkeit der Festkörperspeicher absehbar, dürfte das Magnetband der HDCAM SR-Kassette diese Technologie auf die definitiv letzte Entwicklungsstufe geführt haben. Wie gewohnt, ist das Band in den hier schwarzen L- oder S-Kassetten mit cyanfarbiger Klappe $12,65\ \text{mm}$ breit, die Gesamtdicke von $11\ \mu\text{m}$ ergibt sich jedoch aus nicht weniger als vier Schichten: von „oben nach unten“ eine nur $0,2\ \mu\text{m}$ dicke Reineisenschicht, eine $2,3\ \mu\text{m}$ -Zwischenschicht, die Trägerfolie mit $8\ \mu\text{m}$ und eine Rückseitenbeschichtung mit $0,5\ \mu\text{m}$ Dicke. Als Partikel-Länge werden ganze $0,075\ \mu\text{m}$ genannt, ihre Dicke dürfte also bei oder unter $0,02\ \mu\text{m}$ liegen. Dementsprechend spektakulär sind die Magnetwerte: Koerzitivfeldstärke $220\ \text{kA/m}$ (gut doppelt so viel wie bei DAT), Remanenz $390\ \text{mT}$, „smoothness“, etwa mit Rauigkeit der Schichtoberfläche zu übersetzen, bei $4\ \text{Nanometer}$.⁴⁰³⁹ Aus dem Datendurchsatz von rund $600\ \text{Mbit pro Sekunde}$ ergibt sich $0,29\ \mu\text{m}$ als bis dahin kaum für beherrschbar gehaltene Wellenlänge – im Compact-Cassetten-System entspräche das einer Frequenz von $165\ \text{kHz}$.

Bemerkenswert ist der Aufwand an Sicherungselementen im HDCAM SR-Kassettenschuber: die Bandspulen werden gegen mechanische Erschütterung verriegelt und die Kassetten eigens gegen Herausfallen gesichert.⁴⁰⁴⁰ Die extreme Leistungsfähigkeit des Bandes scheint ihren Tribut zu fordern: Stöße und Erschütterungen können Anwendungsberichten zufolge die Aufzeichnung beeinträchtigen, auch werde von einer Zweitbenutzung bespielter Bänder abgeraten.⁴⁰⁴¹ – Technische Daten siehe Tabelle 24, Seite 626.

Im Frühjahr 2011 hat Sony, wie allgemein erwartet, unter dem Namen „SRMemory“ Festkörper-Speichermedien als nächste Speichermedien-Generation für das HDCAM SR-System vorgestellt. Auch wenn man zunächst von einer Hybridstrategie sprach, damit jedes Studio „die Vorteile von Band und Solid Memory für sich [...] nutzen und flexibel [...] kombinieren“ könne,⁴⁰⁴² konnte es nur noch eine Frage des Preises sein, wann diese ultraschnellen Speichermedien das Magnetband verdrängen werden – und so ist es in der Tat ja bekanntlich auch gekommen.

Tabelle 24: Die wichtigsten digitalen professionellen Video-Aufzeichnungssysteme (Kassetensysteme)

Abkürzungen: cs = composite, ct = component; CCIR = CCIR Recommendation 601 – Daten für PAL / 1.920 x 1.080 Pixel bzw. 1.280 x 720 Pixel

Format	D-1	D-2	D-3	M II	D-5	Digital Betacam	D-7- DVC Pro	D-9 (Digital S)	DV - Cam	Betacam SX	DVC PRO 50	D-7, DVC PRO 100	HDV	D-6 - HDTV	D-10 IMX	HDCAM	HDCAM SR
Einführung	1986	1986	1988 / 1991	1993	1993	1993	1995	1995	1996	1996	1998	1998 (?)	2003	1997 / 2000	1996/2001	1997	2003
Video input	CCIR	FBAS	FBAS	CCIR	CCIR	CCIR	DV	CCIR	DV	CCIR	CCIR	CCIR	HDTV	HDTV	CCIR	HDTV	HDTV
Aufzeichnungsverfahren	ct	cs	cs	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct
Abtastschema	4:2:2	4 Fsc (13,5 MHz)	4 Fsc	4:2:2 (13,5 MHz)	4:2:2	4:2:2	4:1:1	4:2:2	4:2:0 PAL	4:2:2	4:2:2	4:2:2	4:2:0	74,25 MHz	4:2:2	3:1:1	4:4:4 / 8:8:8
Datenkompression	nein	nein	nein	nein	2:1 DCT	5,5:1 intra-frame DCT	3,3:1 intra-frame DCT	5,5:1 intra-frame DCT	10:1-MPEG frame	3,3:1 intra-frame	6,7:1 intra-frame DCT	Long-CoP	nein	3,3:1 intra-frame DCT	4,4:1 intra-frame DCT	4,2:1 MPEG-4	
Video-Digitalisierung	8 bit	8 bit	8 bit	10 bit	10 bit	8 bit	8 bit	8 bit	8 bit	8 bit	8 bit	8 bit	8 bit	8 bit	8 bit	10 bit	10 bit
Video-Datenrate	216 Mbit/s	142 Mbit/s	142 Mbit/s	288 Mbit/s	125,58 Mbit/s	41,85 Mbit/s	50 Mbit/s	25 Mbit/s	46 Mbit/s	50 Mbit/s	100 Mbit/s	25 Mbit/s	1600 Mbit/s	50 Mbit/s	185 Mbit/s	440 / 880 Mbit/s	
digitale Audiokanäle	4	4	4	4	4	2	2	2	4	4	8	2	12	4 / 8	12	12	
Audio-Digitalisierung	16 bit	20 bit	16 bit	20 bit	20 bit	16 bit	16 bit	12 / 16 bit	16 bit	16 bit	16 bit	16 bit	16 bit	16 bit	16/24	24	24
Spurbreite	45 µm	35 µm	18 µm	18 µm	26 µm	12 µm	20 µm	18 µm	32 µm	18 µm	18 µm	18 µm	k.A.	21 µm	k.A.	20	13,2
Azimuth Recording	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Rotierende Köpfe	12	4	10	--	14	2 (?)	6	14	16	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	8	18	k.A.	k.A.
Band-Geschwindigkeit	2,87 cm/s	1,32 cm/s	8,32 cm/s	16,72 cm/s	9,67 cm/s	3,38 cm/s	k.A.	2,822 cm/s	5,96 cm/s	3,38 cm/s	6,764 cm/s	k.A.	49,7 cm/s	5,378 cm/s	8,07 cm/s	11,76 cm/s	
Band-Kopf-Geschwindigkeit	35,3 m/s	30,2 m/s	23,88 m/s	23,88 m/s	19,08 (8,63) m/s	13,7 m/s	14,6 m/s	10,2 m/s	19,1 m/s	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	46 m/s	k.A.	k.A.	k.A.
kürzeste Wellenlänge	0,9 µm	0,79 µm	0,71 µm	0,71 µm	0,59 µm	0,49 µm	0,58 µm	0,49 µm	0,76 µm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,81 µm	k.A.	0,49 µm	0,294 µm
kleinste Bitfläche	40,5 µm²	25,2 µm²	13 µm²	13 µm²	7,67 µm²	4,39 µm²	11,6 µm²	7,35 µm²	12,2 µm²	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	6,6 µm²	k.A.	k.A.	k.A.
Bandbreite	19 mm	19 mm	12,65 mm	12,65 mm	12,65 mm	6,35 mm	12,65 mm	6,35 mm	12,65 mm	6,35 mm	6,35 mm	6,35 mm	6,35 mm	19 mm	12,65 mm	12,65 mm	12,65 mm
Magnetschicht	CoFe	MP	MP	MP	MP	MP-Zweischicht	MP	ME	MP	ME	MP	MP	MP, ME	ME	MP	MP	MP
Koerzitivfeldstärke	67,5 kA/m	120 kA/m	120 kA/m	143 kA/m	120 kA/m	k.A.	k.A.	k.A.	120 kA/m	k.A.	k.A.	k.A.	120 kA/m	135 kA/m	125 kA/m	132 kA/m	220 kA/m
maximale Spielzeit (PAL)	94 min	208 min	245 min	120 min	120 min	270 min	104 min	184 min	180 min	90 min	46 min	94 min	46 min	220 min	149 min	149 min	

NEUNTES BAND: Technische Magnetbandspeicher

Instrumentationsband

„Instrumentation“⁴⁰⁴³ gehört zu jenen Fachausdrücken aus dem Amerikanischen, für den die deutsche Sprache kein ähnlich prägnantes Äquivalent besitzt; der Begriff ist am besten mit „Messwertespeicherung“ wiederzugeben und war jahrzehntelang synonym mit „Messwertespeicherung auf Magnetband“. Wo immer technische Prozesse so komplex wurden, dass sich die Vorgänge der unmittelbaren menschlichen Beobachtungsfähigkeit entzogen, war die reproduzierbare Speicherung von Messergebnissen zur späteren systematischen Auswertung erforderlich. Erste Ansätze dazu muss es bereits Ende der 1930er und anfangs der 1940er Jahre gegeben haben, als der Flugzeugbau genaue Analysen von Messungen bei Testflügen forderte.⁴⁰⁴⁴

Ob und in welchem Umfang Magnetophone und Tonschreiber zwischen 1936 und 1945 zur Messwertaufzeichnung herangezogen wurden, ist nicht belegt. Die Indizien, die entsprechende Verwendung vermuten lassen (etwa frühe Anwendungen von Bruno Woelke⁴⁰⁴⁵), sind zu vage, um Zweck und Ergebnisse abschätzen zu können. Verlässliche Hinweise darauf, dass bei der deutschen Raketenentwicklung (1940 ... 1945) Magnetband als Messwertspeicher eingesetzt wurde, sind bisher nicht gefunden worden.

Die wesentlichen Anwendungsgebiete haben sich bis zur Ablösung des Magnetbands durch Computer beziehungsweise Festplatten und schließlich durch Festkörperspeicher kaum geändert. Friedrich Krones fasste schon 1969 zusammen:

Ursprünglich nur für die Schallaufzeichnung in den Rundfunkstudios entwickelt, hat sich [das Magnetband] seit 1950 immer weitere Anwendungsgebiete erobert, wie z. B. das Fernsehen, die digitale Speicherung von Daten bei Computern sowie die analoge Meßwertespeicherung. Es hat wertvolle Dienste geleistet bei der Entwicklung von Raketen, Flugzeugen, Boden-Fahrzeugen aller Art, in der Geophysik (Seismik, Ölbohrungen), in der Medizin (EKG, Elektrokardiogramme) oder EEG: Elektro-Enzephalogramme = Hirnströme, Röntgenbilder) und in der Physik (Spektrum-Analysen einmaliger flüchtiger Vorgänge, Frequenztransformationen durch Geschwindigkeitstransformation, Zeitraffung bzw. Zeitdehnung, auch bei Sprache ohne Änderung der Tonhöhe u. a. m.).⁴⁰⁴⁶

Die rasante technische Entwicklung in den USA, vor allem ihrer (teils auf den deutschen Vorarbeiten aufbauende) Raketen- und Weltraumfahrt-Technik, ist ohne „instrumentation“ nicht vorstellbar. Die nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Gründen auf die USA konzentrierten Forschungen⁴⁰⁴⁷ brachten einen umfangreichen Markt von „instrumentation recorders“ und „instrumentation tapes“ zuwege, der eine monopolartige Stellung amerikanischer Hersteller zur Folge hatte. Kaum verwunderlich ist, dass die Ampex Corporation, die nach ihrem erfolgreichen Start mit Ton-Bandgeräten im Jahr 1948 nach und nach alle anderen Anwendungsmöglichkeiten erkundete, im Auftrag der US-Navy 1950 den ersten echten Instrumentations-Recorder, Model 500,⁴⁰⁴⁸ baute und entsprechende Arbeiten über die Aufzeichnung von Telemetriedaten auf Magnetband veröffentlichte.⁴⁰⁴⁹

Europäische Firmen profitierten nur ganz beschränkt von eher zivilen Forschungsvorhaben. Dazu gehörten neben der Luftfahrtforschung vor allem Medizin, Seismik (die Erforschung des Erdinnern anhand der Laufzeit von Schallimpulsen, beispielsweise zur Erkundung von Erdöllagerstätten) oder Geräuschanalysen im Großmaschinen- und Fahrzeugbau. Hier sind auch die Aktivitäten der AEG-Telefunken im Bereich „technische Magnetophone“ zu nennen, zu dem Spezialentwicklungen auf Basis aktueller Magnetophon-Modelle, wie etwa das Messmagnetophon M 5M (Seite 400), aber auch Sonderbauformen wie der auf Seite 629 beschriebene Miniatur-Bandspeicher für das AZUR-Projekt sowie typische Computerbandlaufwerke gehören (der Umzug der Magnetophon-Fertigung von Wedel nach Konstanz war ja mit der Zusammenlegung der Fertigungszeige begründet worden). Zusatzgeräte für das Spezialgebiet Zeitraffung beziehungsweise Zeitdehnung von Tonaufnahmen baute die AEG-Beteiligungsgesellschaft Telefonbau und Normalzeit, Frankfurt (Seite 165).

Die deutschen Magnetbandhersteller haben an diesem Markt, der 1967 auf 10 % der Welt-Magnetbandproduktion geschätzt wurde, erst spät und, wie angesichts der Quasi-Monopole absehbar, nur in geringem Umfang teilgehabt. Dokumentiert ist immerhin, dass 1972 ein „BASF-Magnetband“ – ohne Typangabe – im Werk Preston der British Aircraft Corp. zur Maschinensteuerung beim Rumpfbau des Überschall-Passagierflugzeugs „Concorde“ eingesetzt war.⁴⁰⁵⁰

Magnetfolien

Im Sprachgebrauch der frühen Jahren der Magnetontechnik erscheint „Magnetfolie“ meist zur Kennzeichnung blockbreiten Materials, ohne auf eine besondere Verwendung hinzudeuten. In Blockbreite dürften seit den 1950er Jahren spezielle Magnetmaterialien geliefert worden sein, aus denen durch Prägen unter geheizten Stempeln gerillte Platten für Diktiergeräte entstanden (etwa für das Dimafon der Firma Wolfgang Assmann GmbH, Bad Homburg⁴⁰⁵¹). Trägermaterial für diese Anwendung konnte nur PVC sein, da Polyester-Folie erst bei unpraktikabel hohen Temperaturen erweicht. Bedarf gab es noch in den späten 1970er Jahre, bis vorwiegend kleine und leichte Kassetten-Diktiergeräte die Plattenmaschinen ablösten.

Als „Magnetfolien“ im engeren Sinn bezeichnet man meist schmale, kurze Streifen eines magnetband-ähnlichen Materials, auf dem magnetisch aufgezeichnete und lesbare Identifizierungsdaten gespeichert sind. Die bekanntesten Anwendungen sind Scheckkarten, Ausweise, Flugtickets, Fahrscheine und Eintrittskarten. Zu den

ebenso verbreiteten, aber eher unbeachteten Einsätzen gehören magnetisierbare Sicherungstreifen, die derart in das Papier von Banknoten eingebettet sind, dass sie sich nicht zerstörungsfrei herauslösen lassen. Diese Verwendung wurde den BASF-Mitarbeitern Hugo Rosenkranz und Hermann Klippel bereits 1950 patentiert.⁴⁰⁵² Der Abnehmerkreis für die entsprechenden BASF-Produkte dürfte auf Staatsbanken und die von ihnen beauftragten Druckereien beschränkt geblieben sein. Magnetfolien aus BASF-Produktion wurden seit 1973 auf die Rückseite der Tickets der Pariser U-Bahn aufgeklebt.⁴⁰⁵³

Als Verkaufsprodukt sind BASF-Magnetfolien erstmals in Datenblättern von 1961 genannt, und zwar gleich mit sieben verschiedenen Typen. 1994 war das Magnetfolien-Sortiment der BASF Magnetics GmbH auf 18 Typen angewachsen, die sich teils nur geringfügig voneinander unterschieden.⁴⁰⁵⁴ Diese Vielfalt ist einerseits bedingt durch die verschiedenen Verfahren, mit denen die Folie mit ihrer Unterlage verbunden wird, außerdem natürlich von den technischen Anforderungen: je höher die Datendichte, desto höher muss auch die Koerzitivfeldstärke des verwendeten Magnetmaterials sein.

Magnetband im Sprachlabor

Publikationstitel wie *„Das Tonband als Assistent des Lehrers“*⁴⁰⁵⁵ oder *„Wertvoller Helfer des Lehrers: Das Tonband im Unterricht“*⁴⁰⁵⁶ zeigen, dass nicht zuletzt Pädagogen erkannt hatten, welche Chancen das Tonbandgerät zur Bereicherung des Unterrichts bieten konnte. Aus der trivialen Erkenntnis, dass zur gleichen Zeit ein einziges Gerät immer nur einer Person erlaubt, ihre Aussprache oder sonstigen sprachlichen Fähigkeiten zu verbessern, entstanden vermutlich ausgangs der 1950er Jahre die ersten Sprachlabors, die jeweils ganzen Klassen diese Möglichkeiten erschlossen. Spätestens 1970 waren derartige Einrichtungen so weit verbreitet, dass die Nachfrage nach einem geeigneten Band – nachdem die gängigen Heimtonbänder nicht durchweg zufriedenstellten – stark genug wurde, um einen speziellen Bandtyp zu entwickeln und anzubieten. Dass BASF mit Sprachlabor-Spulenband nur begrenzte Erfolge hatte, dürfte zu verschmerzen gewesen sein, als die Sprachlabors mehr und mehr zu Kassetten-Laufwerken übergingen. In vielen Schulen bedeutete ohnehin die meist auf 25 Plätze begrenzte Kapazität das Nutzung-Ende der Sprachlabors, wenn die Schülerzahlen in der Regel bis auf 30 pro Klasse anwuchsen.

Flugsicherungsband

Magnetbänder, auf denen vorwiegend die Sprechfunk-Dialoge zwischen Flugzeugbesatzungen und den Leitstellen am Boden aufgezeichnet werden, genannt „Flugsicherungsbänder“, tragen Aufzeichnungen, die durchaus den Charakter von Urkunden haben. Daher müssen Geräte und Bänder entsprechend zuverlässig arbeiten, was intensive Prüfungen und entsprechend präzise gefasste Spezifikationen voraussetzt. Gemäß internationalen Vereinbarungen sollte der gesamte Funk- und Fernspreverkehr zwischen Flugsicherungs-Kontrolldienst, landenden und startenden Maschinen sowie anderen am Flugbetrieb beteiligten Stellen aufgezeichnet und für mindestens 30 Tage archiviert werden. Die Dokumentation sollte helfen, Verstöße gegen Vorschriften nachzuweisen oder Unfallursachen aufzuklären. Für diese Aufgaben bot sich die Magnetspeichertechnik an. Bereits in den fünfziger Jahren waren eigens konstruierte Vielspur-Magnetbandgeräte im Einsatz, die mehrere Dialoge gleichzeitig aufzeichnen konnten, so dass der zeitliche Ablauf von Vorgängen, die voneinander abhingen, immer rekonstruierbar blieb. Eine besondere Magnetbandspur speicherte eine Art Zeitansage, ebenso wurden Informationen über die Flughöhe, die Geschwindigkeit und weitere Einstellungen beweisicher aufgezeichnet.

Magnetbandgeräte für die Flugsicherung schrieben bis zu 24 Spuren auf 17,8 mm (0,7 Zoll) oder 25,4 mm (1 Zoll) breite Magnetbänder, die Spuren waren 0,7 mm breit und hatten einen gegenseitigen Abstand von 0,35 bis 0,4 mm. Da nur ein Frequenzband zwischen 300 Hz und 3.000 Hz, also die für Sprachdokumentation gerade ausreichende „Telefonqualität“, gefordert war, konnten die Maschinen, natürlich auch im Interesse langer ununterbrochener Aufzeichnungsdauer, mit der Bandgeschwindigkeit 4,75 cm/s arbeiten. Diese Arbeitsbedingungen erforderten aber besonders sorgfältig produzierte Bänder. Es versteht sich, dass hier nur Typen eingesetzt wurden, die dem jeweils höchsten technischen Standard entsprachen. Aussetzer, wie sie die Viertelspurtechnik anfänglich plagten, waren unter keinen Umständen tolerierbar, konnte doch ein einziges kurzes Wort einer Anweisung entscheidende Beweiskraft haben.

Wegen der beachtlichen Länge – Mitte der 1960er Jahre waren mindestens 12 Stunden Aufzeichnungsdauer gefordert⁴⁰⁵⁷ – musste darauf geachtet werden, dass die Banddicke, quer zur Bandlaufrichtung, allenfalls minimal schwankte und die Kanten sauber geschnitten waren. Andernfalls konnten sich wegen der großen Windungszahl wulstartige Verdickungen aufbauen, so dass die Außenwindungen nicht mehr zylindrisch, sondern kegelartig aufwickelten. Damit bestand die Gefahr, dass derartige Verformungen „einfroren“ und die Bandkanten verdehnten, mit der Folge von Ausfällen auf den Randspuren. Eine im Dauereinsatz besonders gewichtige Forderung war, dass die Bänder die Magnetköpfe nicht übermäßig abschleifen durften, was bei Jahresbetriebszeiten der Laufwerke von 4.400 Stunden leicht zu verstehen ist. Niedrige Abschliffraten gehörten also zu den Hauptforderungen an das Magnetband. Die Magnetköpfe der Flugsicherungsrecorder waren zwar auf lange Lebensdauer ausgelegt (große Spalttiefe), erreichten aber meist keine längere Lebensdauer als zwei Jahre. Wie immer bei solchen Spezialanwendungen, konnten Messwerte allein nichts Entscheidendes über die Qualität der Magnetbänder im Einsatz aussagen; nur dank enger Zusammenarbeit zwischen Magnetband- und Gerätehersteller und der intensiven Auswertung von Praxiserfahrungen war die nötige Einsatzsicherheit zu erreichen und mit ange-

passten Prüfverfahren zu sichern.⁴⁰⁵⁸ Wie es scheint, hat BASF bei ihren zwischen 1957 und etwa 1970 produzierten Flugsicherungsbandern vor allem mit der Firma Wolfgang Assmann GmbH, Bad Homburg v.d.H., zusammengearbeitet, die mit ihren Flugsicherungsanlagen einen hochspezialisierten, wenn auch relativ kleinen Markt in Europa beherrschte.⁴⁰⁵⁹ Wann und aus welchen Gründen diese Zusammenarbeit und die Produktion der Flugsicherungsbander auslief, ist nicht dokumentiert.

Die Geräte-Entwicklung dürfte Ende der 1980er Jahre abgeschlossen gewesen sein. Diese letzten mit Magnetband arbeitenden Flugdatenschreiber waren bemerkenswert robust konstruiert, damit das Band auch nach heikelsten Unfällen noch auswertbar blieb: unter anderem mussten sie Temperaturen bis zu 1000 °C für 30 Minuten und Verbleib in 12.000 m Seetiefe für 30 Tage, Druck von 4,5 t und Beschleunigungen bis zu 1.000 g widerstehen können (der Marianengraben, tiefste Stelle der Weltmeere, ist etwa 11.000 m tief und 2.500 km lang, der Wasserdruck beträgt dort 1070 bar). Das in einer Endloskassette untergebrachte, 6,3 mm breite Magnetband lief mit 9,5 cm/s und hatte eine Durchlaufdauer von 30 Minuten.⁴⁰⁶⁰

Auch aus den Flugdatenschreibern verschwand das Magnetband mit fortschreitender Digitalisierung.

Ein feinmechanisches Meisterstück: Datenspeicher für einen Satelliten

Im Jahre 1965 hatten sich namhafte Vertreter aus Industrie und Wissenschaft in Deutschland unter Führung des Bundesministeriums für wissenschaftliche Forschung entschieden, in die aufstrebende Weltraumtechnologie einzusteigen. Dazu dienten Entwicklung und Bau eines naturwissenschaftlichen Satelliten: AZUR. Sein Start war im November 1969 in Vandenberg, Kalifornien, und seine Aufgabe war die Vermessung der Sonnenaktivitäten und deren Einfluss auf die Teilchenstrahlung in den van-Allen-Gürteln, auf das Erdmagnetfeld und auf Polarlicht-Phänomene. Im Rahmen des Programms wurde die deutsche Industrie aufgefordert, sich an dieser neuen Technologie zu beteiligen. AEG-Telefunken übernahm mehrere Pakete: Außer Sender und Empfänger entwickelte und baute die Firma im Werk Wedel die Stromversorgung mit Solarzellen, die damals noch vom Werk Heilbronn geliefert wurden (deren himmelsblau spiegelnde Oberfläche gab übrigens dem Projekt seinen Namen). Das Werk Konstanz entwarf und baute den „Bordbandspeicher“ SBS 1/150 (Abbildung 768), der die gemessenen Daten während eines Umlaufes des Satelliten aufnahm und sie beim Überqueren der deutschen Erdefunkstelle in Raisting (Oberbayern) an diese weitergab.

Während heute andere Technologien zur Datenverarbeitung an Bord üblich sind, stellte dieser Bordbandspeicher die damals modernste Lösung dar, die zwar nur relativ selten realisiert wurde, deren zahlreiche technische Besonderheiten aber auch heute noch interessante Leckerbissen sind.

Bei den vorliegenden Gerätedaten fällt auf, dass diese keinen in sich konsistenten Datensatz ergeben; so ist etwa die mögliche Speicherzeit doppelt so lang wie die AZUR-Umlaufzeit. Es ist daher anzunehmen, dass das Gerät auf „Zuwachs“ für weitere Satellitentypen entwickelt wurde.

Der Erdumlauf des AZUR dauerte knapp 123 Minuten. In dieser Zeit wurden die Daten pulskodiert (gemäß einem Telemetrie-Standard des Godard Space Flight Center) und mit einer Datenrate <100 bit/s bei 1 cm/s Bandgeschwindigkeit gespeichert. Dafür waren also knapp 75 m Bandlänge erforderlich; zur Verfügung standen 150 m. Sobald Funkkontakt mit der Erdefunkstelle bestand, erhielt der Satellit den Befehl, die gemessenen Daten auszulesen und zur Bodenstation zu senden. Da dafür nur etwa fünf Minuten zur Verfügung standen, mussten die Daten mit gut 4800 bit/s bei 50 cm/s Bandgeschwindigkeit ausgelesen und gesendet werden.

Als Datenspeicher wurde ein Standardband von ¼ Zoll Breite eingesetzt, das ohne Spule in einem endlosen Wickel in einer Kammer unter dem Antrieb abgelegt war (Abbildung 769). Wie bei dieser Technik üblich (und wie schon im Kassetten-Magnetophon KL 1, Seite 88 oder der „8-track-cartridge“, Seite 500), wurde das Band in der Mitte des Wickels abgezogen, wodurch dieser zu rotieren begann und dabei das durchgelaufene Band außen auf dem Wickel wieder aufnahm. Wegen der vorliegenden Bandlänge musste das Verfahren durch ein zusätzliches Gleitmittel erst ermöglicht werden; dazu wurde Graphit auf der Bandrückseite so aufgebracht, dass er nicht staubförmig abgerieben werden konnte. Zusätzlich wurden die das Band leitenden Kernrollen vom Motorblock aus über ein „Gummiband“ angetrieben. Da das Magnetband als endlose Schleife vorlag, war für ein Umspulen keine Zeit erforderlich: Zum Wiedergeben wurden nur die Bandgeschwindigkeit erhöht und die Magnetköpfe umgeschaltet.

Die Köpfegruppe (Löschen, Aufnahme und Wiedergabe) wurde direkt nach dem Abwickeln des Bandes und vor den Transportrollen durchlaufen. Der Löschkopf hatte einen besonders breiten Spalt, damit Datenreste vom vorhergehenden Umlauf die Messungen auch bei „unsauberer“ Bandführung nichts verfälschen konnten.

Besondere Forderungen an den Bordbandspeicher ergaben sich aus dem großen Geschwindigkeitsunterschied zwischen Aufnahme und Wiedergabe sowie aus der Forderung, dass keine Drallkräfte, wie sie rotierende Massen nun einmal erzeugen, auf den Satelliten wirken durften: Die Ausrichtung des Satelliten längs zu den Feldlinien des Erdmagnetfelds erfolgte mit Magnetstäben im Erdmagnetfeld; selbst geringe zusätzliche Drallkräfte hätten die Ausrichtung unmöglich gemacht. (Die für die Kühlung des Satelliten optimale, geringe Drehzahl um die Längsachse wurde vor den ersten Messungen mit dem so genannten YoYo-Verfahren eingestellt und musste dann konstant bleiben.) Gelöst wurde der Bandtransport mit einer Vier-Motoren-Antriebs-Einheit, die eine auf den ersten Blick verwirrende Anzahl von Zahnrädern aufweist. Dieses sogenannte Getriebe (Abbildung 770) wurde nach den Spezifikationen von AEG-Telefunken von der Firma MS Grässlin in St. Georgen gebaut und

arbeitete folgendermaßen: Im Aufnahmemodus besorgten zwei „kleine“ Elektromotoren den Bandantrieb. Dabei drehten sie entgegengesetzt und waren nach der ersten Drehzahl-Reduktion zusätzlich über zwei Stirnzahnräder miteinander gekoppelt; so kompensierte sich das äußere Drallmoment der beiden Motoren. Über einen „Schneckentrieb“ und eine Überholkupplung wurden „Ton“-Rolle und Andruckrolle, zwischen denen das Magnetband durchgezogen wurde, angetrieben. Zur Verbesserung des Durchziehvermögens waren diese beiden Rollen über ein weiteres Stirnradpärchen miteinander gekoppelt und die Tonrolle durch eingedrückte Diamantsplitters auffällig rau gemacht worden. Neben den Tonrollen waren auf der gleichen Welle die Rillenträger für den Antrieb der Kernrollen befestigt (Abbildung 769).

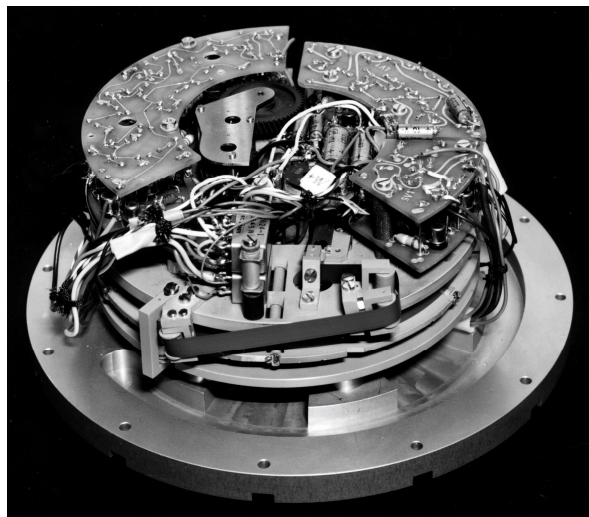


Abbildung 768 (LINKS): Bordbandspeicher vor dem Einbau in die hermetisch dichte Kammer. Die „Elektronik“ ist in der damals üblichen Technik zwischen zwei Platinen aufgebaut. In der Mitte ist die Antriebseinheit montiert. Im Vordergrund fällt eine Magnetbandumlenkung zwischen der Kopfebene und der Wickelebene auf. Die vielen unfixierten Drähte lassen vermuten, dass diese Aufnahme an einem Vormuster gemacht wurde.

Abbildung 769 (RECHTS): Wickelebene des Bandes. Das Band ist in zwei Teilwickel aufgeteilt, die mit entgegengesetztem Drehsinn drehen, so dass sich die Drallmomente der Teilwickel kompensieren. In der Mitte die Antriebseinheit, die das Band auf der linken Seite (drei dicht zusammenstehende Rollen) antreibt. Zwischen innerem Wickel und Bandantrieb liegen die drei Magnetköpfe. Zur Entlastung des Wickelantriebs wurden Kernrollen eingesetzt, welche die Bandwickel nicht nur führten, sondern mit einem „Gummiband“ (im Bild noch nicht montiert) vom Antriebsblock her auch noch antrieben. – Maßstab in cm; Gesamtdurchmesser in der Größenordnung einer CD!

Auch das Drallmoment des Bandwickels musste kompensiert werden. Der Wickel wurde dafür in einen inneren und einen äußeren Teilwickel mit entgegengesetztem Drehsinn getrennt (Abbildung 769). Dabei wurde beachtet, dass das Drallmoment mit der dritten Potenz des Mittenabstandes wächst, so dass der innere Wickel deutlich größere Masse haben muss.

Die erhöhte Wiedergabegeschwindigkeit wurde mit zwei größeren Motoren erzwungen, die natürlich auch über Stirnzahnräder gekoppelt waren. Auf dem Weg zu den Rollen lag eine weitere Überholkupplung, so dass sicher gestellt war, dass bei Aufnahme genau wie bei Wiedergabe immer nur ein Antriebstrang von den Motoren zu den Rollen im Eingriff sein konnte. Auffällig ist bei beiden Teilgetrieben die große Getriebeübersetzung bei kleinen Abmessungen (1:88 bei Aufnahme), zu deren Realisierung besonders die schräg verzahnten Ritzel auf den Motorwellen mit nur drei Zähnen beitrugen, eine spezielle Entwicklung der TU Braunschweig.

In jenen Jahren wurden für Satelliten noch grundsätzlich extrem geringes Gewicht und niedriger Leistungsbedarf gefordert. Deshalb war die Lösung mit verschiedenen Motoren für schnellen beziehungsweise langsamen Lauf günstiger als ein einzelnes Motorpärchen, das für hohe Leistung hätte ausgelegt sein müssen, aber die meiste Zeit bei niedriger Leistung gelaufen wäre. Als Motoren wurden Motoren mit eisenlosem, glockenförmigem Läufer – damals auch noch mit Kollektor – der Firma Faulhaber / Stuttgart eingesetzt, die besonders leicht waren, schnell reagierten und gut in ihrer Drehzahl geregelt werden konnten. Diese Regelung (Gleichlaufschwankung $\leq \pm 4\%$) erfolgte mit Hilfe eines optischen Tacho-Generators, der von den Wellen des Getriebes angesteuert wurde. Der Leistungsbedarf des Bordbandspeichers konnte bei der Aufnahme auf 1,2 Watt, bei der Wiedergabe auf 3,5 Watt gehalten werden.

Das ganze Gerät wurde in einem luftdichten Gehäuse gekapselt und unter Schutzgas gesetzt. In dieser 1,7 kg schweren Einheit – AZUR wog insgesamt 72,6 kg – befand sich auch die dazugehörige Elektronik (Tonköpfe mit Ansteuerung, Aufsprech- und Auslese-Einheit, Regelung der Bandgeschwindigkeit und so weiter). Deren Realisierung erfolgte mit diskreten Bauelementen in der damals üblichen Form auf geätzten, durchbohrten Platinen (siehe Abbildung 768).

AZUR arbeitete einwandfrei und brachte interessante Ergebnisse, so dass man von einem Erfolg des Vorhabens sprach, auch wenn die Betriebsdauer unter den Erwartungen blieb: Während man auf eine Funktionsdauer von einem Jahr gehofft hatte, reagierte der Satellit nach 223 Tagen nicht mehr. Eine Ausfallsanalyse war nicht

möglich; es wird vermutet, dass die Weltraumstrahlung, die an der Position des Satelliten im ersten van-Allen-Gürtel besonders stark ist, die Halbleiter in dieser kurzen Zeit zerstört hat.⁴⁰⁶¹

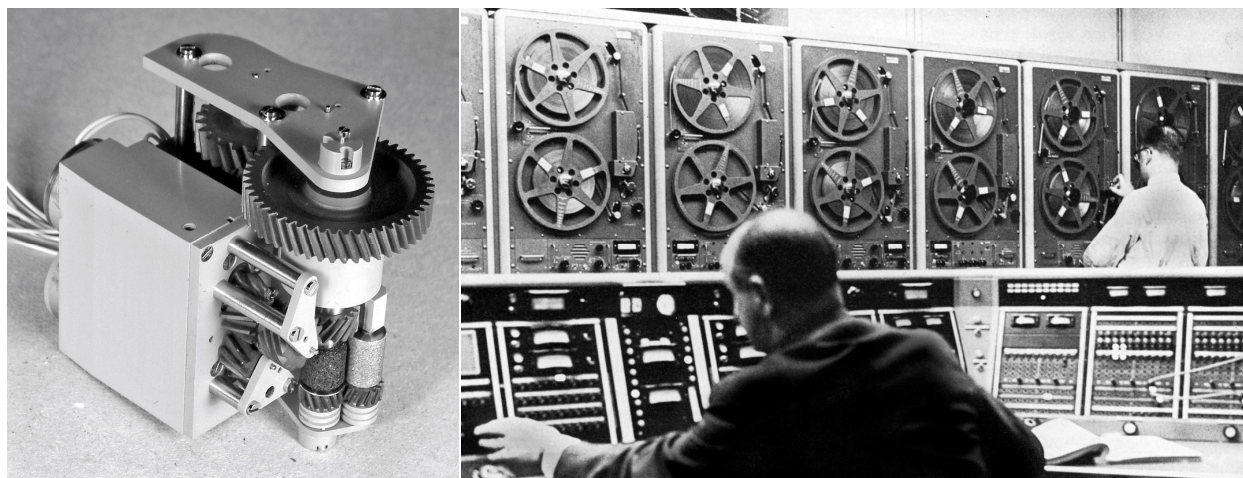


Abbildung 770 (LINKS): AZUR-Antriebsblock mit zwei Motor-Pärchen: Die kleineren Motoren liegen horizontal vor dem Block, Zahnräder zum Betrachter. Der Abgang dieses Antriebs arbeitet über einen Schneckentrieb auf die senkrecht stehenden Rollen, zwischen denen das Magnetband durchgezogen wird; links die weiche Gummirolle, rechts die diamantierte Metallrolle, beide wieder über Stirnräder verbunden, unter diesen die Rillenräder für den Antrieb der Kernrollen. Die größeren Motoren für den schnellen Wiedergabe-Antrieb stehen hinten im Block, Zahnräder oben. Auf der Antriebswelle unter dem großen Zahnrad ist die Überholkupplung montiert, welche die beiden Antriebe voneinander unabhängig macht.

Abbildung 771 (RECHTS): Flugfunk-Dokumentation anno 1971: „Das Magnetband ist für die Flugsicherung zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel geworden. Für Kontroll- und Dokumentationszwecke werden alle Gespräche mit den Flugzeugbesatzungen aufgenommen.“ Im Hintergrund sind Flugsicherungs-Bandläufer der Firma Wolfgang Assmann GmbH, Bad Homburg v.d.H. zu sehen.

Magnetspeicher zur Datenaufzeichnung

Es ist ein kurioser Zufall, dass Oberlin Smith's Aufsatz „*Some Possible Forms of Phonograph*“ am gleichen Tag erschien, an dem Hermann (Herman) Hollerith, Sohn pfälzischer Einwanderer in die USA, die endgültige Fassung seines Patents US 395,782 „*Art of Compiling Statistics*“, beim US-Patentamt einreichte,⁴⁰⁶² das man durchaus als Auftakt zur Datenverarbeitung und eben auch der Datenspeicherung betrachten kann. Holleriths Maschinen gingen 1890, praktisch sofort, in Betrieb: hatte ein Jahrzehnt früher die Auswertung einer USA-Volkszählung noch sieben Jahre benötigt, lag jetzt das Ergebnis innerhalb von vier Wochen vor. Das wesentliche Element in Holleriths System war der erste Datenträger überhaupt, nämlich die Lochkarte, die sich, mehrfach verbessert, bis Anfang der 1960er Jahre gehalten hat.

Holleriths Maschinen – der Erfinder gehört zu den Gründern der IBM (International Business Machines)⁴⁰⁶³ – waren überall da zu finden, wo große Datenmengen aus statistischen Erhebungen zu verarbeiten waren, also auch bei Buchungsvorgängen und Lohnabrechnungen und dergleichen (die erste Hollerith-Maschine der damaligen Badischen Anilin- & Sodafabrik arbeitete seit 1911⁴⁰⁶⁴). Während sich nun Poulsen, Stille und andere über die nächsten Jahrzehnte mit der magnetischen Schallaufzeichnung abmühten, kam der Österreicher Gustav Tauschek erst 1932 auf ein Verfahren, um Ziffern auf einer Stahlfläche zu speichern – ausdrücklich als „*Punktmagnetisierung nach Poulsen*“.⁴⁰⁶⁵ IBM soll Tauschek diese Erfindung (und viele seiner folgenden Patente) abgekauft, aber nicht umgesetzt haben.

Der entscheidende Unterschied zwischen analoger Schallspeicherung und digitaler Aufzeichnung auf Magnetträgern besteht darin, dass nicht sinusförmige Wellen als „Grundelement“ auftreten, sondern Impulse – auf Magnetträgern also sprunghafte Änderungen des magnetischen Kraftflusses. Bei aller Gemeinsamkeit erfordert dies eine je eigene Betrachtungsweise.⁴⁰⁶⁶

Einen großen Schritt zur praktischen Verwendbarkeit der magnetischen Datenspeicherung machten Vater und Sohn (gleichen Vornamens) Gerhard Dirks, als sie im Juli 1943 Patente auf eine „*Einrichtung zur wahlweisen Aufzeichnung, Speicherung, Abföhlung oder Löschung von digital dargestellten Daten*“ und im Oktober 1944 auf eine „*Rechenvorrichtung mit einem magnetisierbaren Speicher*“ beantragten.⁴⁰⁶⁷ Was daran besonders fortschrittlich war, bewertet kein Geringerer als der eigentliche Erfinder des Computers, Konrad Zuse:

Er hatte unter anderem rotierende Speicher in Scheiben- und Trommelform angemeldet. Dabei werden die Informationen – aufgelöst in Folgen von Bits – in mehreren parallelen Spuren auf der Mantelfläche einer Trommel gespeichert, die mit einer Magnetschicht versehen ist. Wichtig ist hier, im Gegensatz zur Musikaufzeichnung auf Tonbändern, die genaue zeitliche Taktung aller Vorgänge beim Zusammenspiel zwischen Rechenwerk und Speichertrommel. Dirks verwendete dazu ein zunächst unscheinbares Hilfsmittel, die Taktspur: auf dem Trommelumfang wird eine besondere Spur mit einer konstanten Folge gleichmäßig verteilter Impulse vorgesehen, die den Rhythmus für das Arbeiten der ganzen Maschine angeben. Bei der Abgrenzung seiner Ideen gegenüber den bis dahin bekannten stellte sich diese Taktspur als die entscheidende Neuerung heraus. Es ist schwer, einen mit Trommelspeicher arbeitenden Computer ohne diese

Taktspur zu bauen. Alle Bemühungen, passende Entgegenhaltungen zu finden, scheiterten. Dennoch dauerte auch hier das Erteilungsverfahren sehr lange.⁴⁰⁶⁸

Ein letzter Beleg für die Behauptung, die Magnetspeichertechnik sei das „Eldorado der Doppelerfindungen“ gewesen: 1949 erschien in einer renommierten Fachzeitschrift der Aufsatz „Numerische Rechenmaschine mit Magnetophonspeicher“, der im Grunde auf den gleichen Gedankengängen aufbaute wie die Dirks'schen Geräte.⁴⁰⁶⁹ Der Autor, Heinz Billing (1914 – 2017), hatte schon während des 2. Weltkriegs mit einer Magnetophonband-Schleifenvorrichtung gearbeitet. Es war also ein logischer Schritt, Magnetophonband in zahlreiche Oberflächen-Nuten einer rasch rotierenden Trommel einzukleben und über dieser Schreib- und Lese-Magnetköpfe anzubringen. Auch Billing hatte zwei Spuren für „Takt“ und „Nullstellung“ der Trommel vorgesehen.

Nun wäre zu erwarten gewesen, dass Dirks auf Billings Aufsatz hin die Priorität seiner Arbeit verteidigen würde, doch waren in den ersten Nachkriegsjahren die Kommunikationsmöglichkeiten noch so unzuverlässig, dass Billings erst Jahre später von der Vorerfindung erfuhr: Dirks Patent DE 1011178 wurde erst 1957 bekannt und erst nach einem aufwendig abgewehrten Nichtigkeitsverfahren schließlich 1966 veröffentlicht.⁴⁰⁷⁰

Unbestritten ist Billings eigenständige wissenschaftliche Leistung. Er war, was Konrad Zuse als „einen entscheidenden Schritt in der Entwicklung elektronischer Rechengenäte“ bezeichnet, erstmals zur seriellen (statt parallelen) Datenverarbeitung übergegangen, was sich gegenüber dem Trommelspeicher als der wichtigere Entwicklungsschritt erwies. Nochmals Zuse: „Die in Göttingen entwickelte Gl war der erste deutsche wirklich gut arbeitende elektronische Computer. Sie zeichnete sich durch besondere Einfachheit aus, was damals sehr wichtig war.“⁴⁰⁷¹

Computertechnologie war indessen nur ein Teil von Billings Lebenswerk. Er hat nahezu lebenslang zur Erforschung der Gravitationswellen beigetragen, und so stammt auch eine scheinbar simple, tatsächlich hochwichtige Anregung von ihm: nämlich statt des zunächst geplanten einzigen Gravitationswellen-Detektors gleich zwei zu bauen, und zwar in großer Entfernung zueinander, was die Erfolgs-Chancen erheblich verbesserte. So hat er als 101jähriger die Genugtuung gehabt, die erste direkte Messung dieser Gravitationswellen am 14. September 2015 zu erleben.⁴⁰⁷²

Anstelle des aussichtslosen Versuchs, im gegebenen Rahmen die Entwicklung der Datenspeicherung auf Magnetmedien auch nur skizzieren zu wollen, listet die folgende Tabelle bedeutende Entwicklungsschritte bis etwa 1998 auf.

1945 ff	Labors in den USA benutzen Magnetophonband Typ L für erste Experimente mit Trommelspeichern: zwei Scheiben von 5 Zoll = 12,7 cm Durchmesser, Umfangsgeschwindigkeiten zwischen 125 bis 1570 Zoll pro Sekunde = 3,18 m/s ... 39,9 m/s werden erzielt. ⁴⁰⁷³
1947	Magnettrommel-Speicher am Max-Planck-Institut Göttingen: Heinz Billing ⁴⁰⁷⁴
1948	33 Patentanmeldungen auf Arbeiten seit 1944: Tragbare Elektronenrechner mit Magnetspeicher, Bürorechner mit Dateneingabe und Steuerung durch magnetisierbare Flächen auf Karteikarten, erst 1957 publiziert: Gerhard Dirks in Frankfurt/Main ⁴⁰⁷⁵
1950	Erster speicherprogrammierbarer Röhrenrechner, Beginn der modernen Computerindustrie Univac I: Eckert and Mauchly Computer Co., später Remington Rand. ⁴⁰⁷⁶ Bandspeicher hierfür: Uniservo mit ½-Zoll-Metallband, Datendichte 128 b/in, Kapazität etwa einige MB ⁴⁰⁷⁷
1951	Erster Ferritkernspeicher: J. W. Forrester und W. N. Papian in Cambridge, Mass. ⁴⁰⁷⁸
1951	Univac-Scientific mit Trommelspeicher, zehnfache Speicherkapazität gegenüber Univac I: Remington-Rand ⁴⁰⁷⁹
1951, Okt.	Prototypen des IBM-Bandspeichers 726 sind arbeitsfähig (zunächst mit ¼-Zoll-Kunststoff-Magnetband, vor Auslieferung auf ½-Zoll-Band umgestellt); Bandgeschwindigkeit 75 in/s, Datendichte 100 b/in ⁴⁰⁸⁰
1952	Experimente bei IBM mit Datenaufzeichnung auf magnetisierbaren, rotierenden Platten ⁴⁰⁸¹
1953	Erste Auslieferungen des IBM-Bandspeichers 726: ½-Zoll-Band auf 10,5-Zoll-Spule, Bandgeschwindigkeit 75 in/s, Datendichte 100 b/in ⁴⁰⁸²



Abbildung 772: BASF-Magnetbandfabrik Willstätt, August 1966: Stückprüfung von Halbzoll-Computerbändern auf speziellen Prüf Laufwerken. – Die Magnetbandfabrik Willstätt war 1966 offiziell in Betrieb gegangen.



Abbildung 773: BASF-Bandlaufwerke für Halbzoll-Computerbänder im Rechenzentrum des Werks in Ludwigshafen/Rhein, 1985. Im Vordergrund die Computerbänder in ihren speziellen Archivierungs-Kassetten.

- 71957 IBM liefert RAMAC (Random access method of accounting and control) mit dem Plattenspeicher IBM 350, Datendichte 2000 bits/in², Kapazität 5 MB, Kosten: USD 10.000 pro MB, vorgestellt bereits am 13. September 1956. IBM 350 besteht aus 50 Platten mit 24 Zoll Durchmesser. ⁴⁰⁸³
- 1962 Aktueller IBM-Bandspeicher Modell 729-6, Bandgeschwindigkeit 113 in/s, Datendichte 800 b/in ⁴⁰⁸⁴
- 1963 IBM liefert den Plattenspeicher 1311 mit dem Plattenstapel 1316, Plattendurchmesser zunächst 13 Zoll, später 14 Zoll (Entwicklungsbeginn 1958) ⁴⁰⁸⁵
- 1964 Einstieg der BASF in den Bereich Computerband ⁴⁰⁸⁶
- 1965, Sept. Fachveröffentlichung "Thin Metallic Films for High Density Digital Recording", G. Bates, IBM ⁴⁰⁸⁷
- 1965 7.000 produzierte BASF-Computerbänder wurden gut beurteilt ⁴⁰⁸⁸
- 1966 Computerband-Absatz in der BRD 1966 ca. 200.000 Bänder, davon BASF 27.000. Konkurrenz seit 1966: von 3M und Audio Devices, zuvor bereits von Agfa, Audio, Ampex, Kodak, Mac Panel, Memorex, Pyral, Reeves Soundcraft. [1964 dagegen nur Ampex, CDC, Computron, IBM]. ⁴⁰⁸⁹
- 1966 IBM liefert Plattenspeicher 2314 mit Plattenstapel 2316: 20 Plattenseiten, Plattendurchmesser 14 Zoll ⁴⁰⁹⁰
- 1967, Sept. In den USA sind etwa 35.000 EDV-Anlagen installiert, unmittelbar gefolgt von der Bundesrepublik Deutschland mit 3.000 Anlagen. Der Weltmarkt für Magnetband im Jahr 1968 wird auf ca. USD 225 Mio geschätzt mit einem Wachstum bis 1972 auf USD 325 Mio. Von diesen 325 Mio werden voraussichtlich 200 Mio auf Computer- und Instrumentations-Band entfallen, der Rest von USD 90 Mio auf Audioband. ⁴⁰⁹¹
- 1968 BASF fertigte 1968 189.000 Computerbänder im Wert von DM 19,5 Mio (Zuwachs 46,5 %, Anteil am Umsatz 16 %) sowie 4.088 Magnetplattenstapel (6 Platten) im Wert von DM 5 Mio (Anteil 4%). ⁴⁰⁹²
- 1969 Ampex Corp. stellt Terabit Memory vor, die Bandspeicher sind modifizierte 2-Zoll-Videorecorder (Kapazität pro Laufwerk ca. 10 GB), bis zu 32 Laufwerke können zusammenarbeiten, Kapazität bis zu 375 GB ⁴⁰⁹³
- 1969, Okt. BASF stellt als Weiterentwicklung des Magnetplattenstapels 616 den Typ 621 mit 11 Magnetplatten vor ⁴⁰⁹⁴
- 1969 In diesem Jahr wurden 334.000 Computerbänder im Wert von DM 23,6 Mio gefertigt, eine Steigerung gegenüber dem Vorjahr von 76,7 % entsprechend einem Umsatzanteil von 13,5 %. Weiter wurden 28.296 Magnetplattenstapel (je sechs Platten) im Wert von DM 21,5 Mio produziert, das entspricht einem Anteil von 12,2 %. ⁴⁰⁹⁵
- 1971 Erste Disketten (floppies), Durchmesser 8 Zoll, jede hat die Kapazität von 3.000 Lochkarten oder 81,6 kB ⁴⁰⁹⁶
- 1971, März Zwischen 1964 und 1970 stieg die Zahl der EDV-Anlagen in der BRD von 1.000 auf 7.260; für 1975 rechnet man mit 13.000 Computern. Der Weltjahresumsatz an Speichermedien lag 1970 bei ca. DM 2,2 Mia (davon DM 900 Mio für Plattenstapel und DM 580 Mio für Computerband). – Zunahme der EDV-Anlagen in der BRD: 1964 1.000; 1966 2.000, 1968 4.000, 1969 6.350; Mitte 1970 ca. 7.260 ⁴⁰⁹⁷
- 1971, Nov. Intel stellt den Mikroprozessor 4004 vor, der 60.000 Operationen pro Sekunde ausführen kann und anfangs USD 200 kostet ⁴⁰⁹⁸
- 1973 Aktueller IBM-Bandspeicher Modell 3420-8, Bandgeschwindigkeit 200 in/s, Datendichte 6250 b/in, Bandlänge 2400 ft, Speicherkapazität 150 MB ⁴⁰⁹⁹
- 1973 IBM Plattenspeicher Winchester (genauer: 3340) mit dem Datenmodul 3348 ⁴¹⁰⁰
- 1973 Erstes Auftauchen des Begriffs *microcomputer* ⁴¹⁰¹
- 1974 Intel stellt den Mikroprozessor 8080 vor mit einem Satz von 75 Befehlen, die Leistung beträgt 3 MIPs, der Mikroprozessor kann 64 kB Speicher adressieren ⁴¹⁰²
- 1974 Programmierbarer Taschenrechner HP 65 von Hewlett-Packard ⁴¹⁰³
- 1975 Erstes Auftauchen des Begriffs personal computer; Bill Gates und Paul Allen gründen Microsoft (April) und lizenzieren ihre Programmiersprache BASIC ⁴¹⁰⁴
- 1975, Okt. Einen der ersten IBM-Großraumspeicher 3850 mit einer Kapazität von rund 200 Milliarden Bytes will die Badische Anilin- und Sodafabrik (BASF) 1977 installieren. Dem Rechenzentrum des Magnetbandherstellers wird das Handling der jetzt knapp 40.000 Magnetbänder zu umständlich. ... ⁴¹⁰⁵
- 1976 Steve Wozniak und Steve Jobs beenden die Arbeiten am Apple I (Preis USD 666.66) und gründen The Apple Computer Company. Erstes Auftauchen von 5 ¼ Zoll-Disketten und Laufwerken ⁴¹⁰⁶
- 1976 Shugart Associates liefern Laufwerke für 5 ¼ Zoll-Disketten aus, Kapazität 81 kB, 1981 erweitert bis 1,2 MB ⁴¹⁰⁷
- 1977 Allein in den USA stellen 19 Firmen Disketten her ⁴¹⁰⁸
- 1978, Juni Aktuelle Fakten über die Aussichten „kleiner“ (d.h., 8-Zoll- anstelle von 14-Zoll-)Festplatten: „Now it is the turn of the ubiquitous minicomputer. An increasing proportion of the exploding population of users, particularly users of business systems, want to interact directly with the minicomputer, and this requires more and more on-line storage of data. The result is a market for mini-sized disk-memory units that is growing even faster than the surging minicomputer business. Five years ago, only 10% of the minicomputers had disks; today, 60% of the systems come with such memories, and by 1980, penetration is expected to hit 75%.“ ⁴¹⁰⁹
- 1979 Erste Dünnschichtfilm-Magnetköpfe bei IBM im Plattenspeicher 3370 ⁴¹¹⁰; Seagate baut die erste Festplatte im 5,25-Zoll-Format ⁴¹¹¹
- 1980 Shugart liefert erste Winchester-Festplatten aus ⁴¹¹²
- 1980, Okt. Optische Speicher: Zwanzigfach billiger – Vielleicht schon in zwei, drei Jahren werde es durch optische Speichermedien erneut eine Preis-/Leistungsverbesserung geben, durch die die Kosten per Megabit mindestens um das Zwanzigfache geringer würden. „In costs per function“ gäbe es für den Preis von heute 50 bis 60 MB etwa 3000 MB. ⁴¹¹³
- 1981 Sony nimmt die Fertigung von 3,5-Zoll-Disketten und den dazugehörigen Laufwerken auf, Kapazität zunächst 322 kB, dann erweitert bis auf 1,44 MB (formatiert) ⁴¹¹⁴
- 1982, Febr. Stagnation bei den 8-Zoll-Platten? „Mehr als 20 Hersteller stiegen vor einigen Jahren, zu einer Zeit, in der man den 8-Zoll-Festplattenspeichern ausgezeichnete Zukunftschancen prognostizierte, in diesen äußerst gewinnträchtig scheinenden Markt ein. Doch der Markt, vor allem im unteren Leistungsbereich, hat sich bei weitem nicht so entwickelt, wie man sich das vor ein paar Jahren noch vorgestellt hatte.“ ⁴¹¹⁵
- 1984 Datenkassette IBM 3480: Bandlänge 540 ft, Kapazität 200 MB; 3480E 1100 ft und 400 MB, löst nach und nach Computerband auf Spulen ab ⁴¹¹⁶
- 1984 256-kbit-Speicherchips mit mehr als 500.000 Transistoren auf dem Markt, damit der Weg zu Speicherchips im Mbit-Bereich in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre vorgezeichnet ⁴¹¹⁷

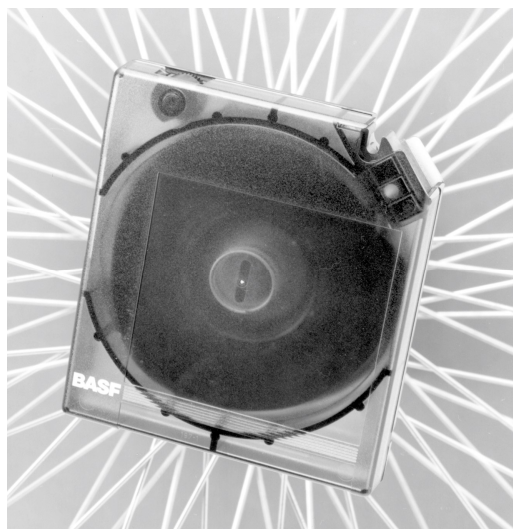


Abbildung 774: (LINKS) eine Computerband-Kassette „MTC“ aus BASF-Produktion, das Bandmaterial ist chromdioxid-beschichtet. (RECHTS) Größenvergleich mit einem herkömmlichen Halb Zoll-Computerband: enormer Platzgewinn und Automatisierungs-Möglichkeit!

- 1984, Febr. Metall dünnschichtplatte vor dem Durchbruch – In der Datenverarbeitung geht die Entwicklung der Magnet-speichertechnik hin zu immer höheren Aufzeichnungsdichten.⁴¹¹⁸
- 1984, Mai Ein Chromdioxid-beschichtetes Computerband hat die BASF-Datentechnik entwickelt. Das Produkt erlaubt Aufzeichnungsdichten bis 40.000 Bytes pro Zoll (High-Density-Cartridge-Systeme).⁴¹¹⁹
- 1984, Juni Senkrechte Bits sind erst ab 1990 verfügbar – Unter den zur Zeit diskutierten neuen Aufzeichnungstechniken ist die magnetische Vertikalaufzeichnung diejenige, die in den nächsten fünf Jahren als erste eine weitere Verbreitung finden könnte. So verspricht sie eine mindestens zehnfache Steigerung der linearen Aufzeichnungsdichte gegenüber der konventionellen Longitudinalaufzeichnung.⁴¹²⁰
- 1984, Okt. Magnetische Speicherung: Aktuell sind maximal 1,6 Megabytes (8-Zoll-Diskette). Basis-Informationen zu kobaltdotiertem Eisenoxid; Isotrope Aufzeichnung; Vertikal-Aufzeichnung; Sputtern – Bedampfen – Abscheiden – Galvanisieren – Magneto-optische Aufzeichnung – Die Techniken der Zukunft.⁴¹²¹
- 1985, März Neues 5-GB-Plattensystem BASF 6485/86; Auslieferungsbeginn ist Anfang 1985⁴¹²²
- 1985, Okt. Die Serienfertigung der Magnetbandkassette BASF 480 mit Chromdioxidband zum Einsatz in IBM 3480-Magnetbandsystemen hat begonnen.⁴¹²³
- 1985, Okt. BASF beginnt mit der Großserienproduktion metallbeschichteter Platten. Die Aluminiumplatten sind überzogen mit einer dünnen metallischen Schicht; Schichtdicke 0,05 µm (Oxidplatte 0,5 µm); eine 5.25-Disk speichert bis zu 25 MB.⁴¹²⁴
- 1985, Nov. Die Kapazität von Winchesterplatten soll wesentlich erhöht werden können. Die Magnetplatten aus Aluminium werden nicht mehr mit einem Gemisch aus Eisenoxid und Bindemittel überzogen, sondern mit einer dünnen metallischen Schicht aus einem Kobalt und Phosphor enthaltenden Material. Für die Steigerung der Aufzeichnungsdichte gibt es zwei Gründe: die wegen des Wegfalls des Bindemittels in der Magnetschicht um etwa 40 Prozent erhöhte Dichte des magnetisch aktiven Materials und die Reduzierung der Schichtstärke auf ein Zehntel des bisherigen Wertes.⁴¹²⁵
- 1986 IBM setzt 1-Megabit-Chip in Großrechner ein⁴¹²⁶
- 1986, Juli BASF gibt die Eigen-Produktion von Festplatten-Laufwerken auf⁴¹²⁷ und stellt (März 1987) den Vertrieb von 5 1/4 -Zoll-Winchester-Laufwerken ein.⁴¹²⁸
- 1986, Sept. Jahrelang kaum mehr als eine Laborkuriosität, drängen optische Plattenspeicher seit kurzem mit wachsender Intensität auf den Markt. Und da es von ihnen nicht weniger als drei Grundtypen mit zahllosen Varianten gibt, kann, wie schon ein kurzer Blick auf dieses Gebiet zeigt, die Gilde der einschlägigen Hersteller mit ihnen einmal mehr das Lieblingsspiel der DV-Branche spielen: das Verwirrspiel. ...⁴¹²⁹
- 1987, März BASF bringt eine 3.5-Zoll HD-Diskette, die eine Speicherkapazität von 2 MB aufweist. Möglich wurde dies durch eine Reduzierung der Oxidbeschichtung von 1,2 auf 0,9 Mikrometer bei gleichzeitig höherer Koerzitivfeldstärke.⁴¹³⁰
- 1987, Okt. Eine neue Generation von Magnetbändern setzt sich durch, nämlich die 3480-Magnetbandkassette, die das Computer-Spulenband immer weiter zurückdrängt: jedes zweite Computerband steckt in einer Kassette.⁴¹³¹
- 1988, Juni Die 3.5-Zoll-Diskette als Gewinner: Das überproportionale Wachstum im Diskettenmarkt für Markenprodukte beweist die Durchsetzungs-Geschwindigkeit der 3.5-Zoll- unter anderem gegenüber der 5.25-Zoll Diskette⁴¹³²
- 1989, März Der Durchbruch optischer Speicherplatten wird Mitte der neunziger Jahre erwartet. Dieser auswechselbare Informationsträger höchster Speicherdichte und Datensicherheit ergänzt Magnetband und Magnetplatte als Massenspeicher in wirkungsvoller Weise. Die Optische Speicherplatte wird überall dort ihren Einsatz finden, wo große Datenmengen wie beim Magnetband auf austauschbaren Informationsträgern gespeichert werden müssen und zugleich ein ähnlich schneller Zugriff wie bei der fest eingebauten Magnetplatte gefordert ist.⁴¹³³
- 1989, Aug. BASF weltweit einziger Anbieter von 250-MB-Magnetbandkassetten für Computersysteme, die dem Typ IBM 3480 und Compax 6380 entspricht. Die Kassette bietet im Vergleich zur normalen BASF-MTC eine um 20 Prozent höhere Speicherkapazität – und dies bei gleicher mechanischer Stabilität und gleich gutem elektrischen Verhalten. Damit kann auf die 250-MB-Kassette der BASF die Datenmenge eines 3600-ft-Computerbandes gespeichert werden.⁴¹³⁴

- 1990, März BASF entwickelt Disketten mit noch höherer Speicherkapazität: 3, 5-Zoll-Disketten mit Speicherkapazitäten von vier oder sogar mehr als zehn Megabyte (MB) sind keine Zukunftsmusik mehr. Ab 1991 werden Laufwerke angeboten, für die Disketten mit einer Speicherkapazität von deutlich mehr als 2 MB Speicherkapazität erforderlich sind. Für diese Disketten-Generation sind neue, extrem feinteilige und hochkoerzitive Magnetpigmente erforderlich. Bei einer Speicherkapazität von 4 MB werden die 3,5-Disketten mit einer Bariumferritbeschichtung (BaFe) und bei einer Speicherkapazität von mehr als zehn MB mit einer Metallpigment-Beschichtung (Me-Pigment) versehen sein. ⁴¹³⁵
- 1990, März Steigende Nachfrage nach Magnetbandkassetten 250 MB MTCs für schnellere Roboterzugriffe. Die neue 250-MB-Version eignet sich besonders gut für Robotsilos, da wegen der um 20 Prozent höheren Speicherkapazität Siloerweiterungen eingespart werden können und weniger Cartridges benötigt werden. Weniger Cartridges bedeuten weniger Roboterzugriffe, geringeren Arbeitsaufwand für Archivierungen, Etikettierung und Initialisierung; System-, Archiv- und Operatorkosten sind also geringer, und der Datenzugriff ist schneller. ⁴¹³⁶
- 1990, Sept. Das Zeitalter der Diskette ist noch lange nicht vorbei – Aber sie wird immer kleiner und bekommt immer mehr Speicherkapazität. Bei den neuen 3-Zoll-Disketten mit einer Speicherkapazität von 4 MB ist die Verdoppelung der Kapazität auf netto 2,88 MB gegenüber den bisher üblichen 1,44 MB bei formatierten High-Density-Disketten in erster Linie ein Ergebnis der verbesserten Beschichtung der Datenträger mit Barium-Ferrit. ... ⁴¹³⁷
- 1991, Juni Computerband Mega 2000 von BASF mit über 60 Prozent mehr Speicherkapazität auf einer 8, 5-Zoll-Spule als bei herkömmlichen Bändern. Mit dem 2000 ft langen Band können auf dem gleichen Spulendurchmesser statt der üblichen 80 MB jetzt 130 MB gespeichert werden. Dadurch sinken die Transport- und Verpackungskosten, außerdem wird im Archiv Platz gespart. ⁴¹³⁸
- 1995, April BASF in Mannheim bietet vollständig recycelbare Magnetbandkassetten für die IBM-Laufwerke 3480 und 3490 an. Obwohl Konstruktion und Material von Gehäuse und Band verändert wurden, sind die neuen Kassetten nach Herstellerangaben genauso belastbar und langlebig wie ihre Vorgänger. Die Kassetten werden im BASF-Werk in Willstätt zum Recycling gesammelt und zerlegt. Aus den sortenreinen Bestandteilen lassen sich direkt wieder Bandkassetten produzieren. Die Bänder werden selbstverständlich vorher gelöscht. Das Recycling ist kostenlos, ein Standardband mit einer Kapazität von 800 MB (mit Kompression bis zu 2,4 GB) kostet um die 10,50 Mark. ⁴¹³⁹
- 1996 Seagate präsentiert Cheetah, erste Festplatte mit 10.000 Upm ⁴¹⁴⁰
- 1997 Bei Festplatten werden Datendichten von 2,64 Gb/in² erreicht, mehr als die 1,3-millionenfache Dichte des IBM 350 von 1957 (s.d.) ⁴¹⁴¹
- 1998 Seagate bietet Maximalkapazitäten bei Barracuda-Festplatten von 50 GB (im Jahr 2000 183 GB) ⁴¹⁴²

ZEHNTES BAND: Informationsteil

Tabellen, Statistiken, Informationen, grafische Darstellungen

Tabelle 25: Patentliste der Familie Pfelemer (1906 bis 1958)

Kraftfahrzeugreifen-Füllung und Schaumstoff-Herstellung

Pat.-Nummer	Anmeldung	Ausgabe	Erfinder	Anmelder	Titel
GB 190603314	10.02.06	07.06.06	Pfl., Fritz, Hans, Herman, Mimi, Mizi, Robert	Pfl., Fritz, Hans, Herman, Mimi, Mizi, Robert	Method and Apparatus for Producing an Elastic, Cellular or Spongy Substance for Filling Tyres of Wheels.
CH 36677	16.02.06	15.02.07	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Radreifen, einen mit einer zellenförmigen, elastischen Masse gefüllten Schlauch besitzend
CH 36363	16.02.06	31.12.06	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Vorrichtung zur Herstellung einer elastischen, an Luftblasen reichen Füllung aus einer in Schaum verwandelten gallertartigen Substanz in Radreifen
AT 31914	16.08.06	25.02.08	Pfl., Fritz, Hans, Herman, Mimi, Mizi, Robert	Pfl., Fritz, Hans, Herman, Mimi, Mizi, Robert	Verfahren zur Erzielung großer Lufträume bei einer unter Druck in Schaum verwandelten gallertartigen Füllmasse für Radreifen.
DK 9209	14.01.07	14.01.07	Pfl., Fritz, Hans, Herman, Mimi, Mizi, Robert	Pfl., Fritz, Hans, Herman, Mimi, Mizi, Robert	Fremgangsmaade til Fremstilling af Fyldinger til Cyklere.
GB 190911300	12.05.09	19.08.09		Caldwell R.J.; Pfl., Fritz; Pfeumatic Syndicate Ltd., GB	An Improved Manufacture of Filling or Stuffing Material
GB 190911301	12.05.09	28.10.09		Caldwell R.J.; Pfl., Fritz; Pfeumatic Syndicate Ltd., GB	Improvements in Apparatus for use in the Manufacture of Elastic Cellular, Foamy or Spongy Material for Filling Tyres, Cushions and the like.
AT 48996	11.04.10	25.07.11		Caldwell R.J.; Pfl., Fritz; Pfeumatic Syndicate Ltd.	Verfahren zur Herstellung von elastischen, zelligen oder schwammigen Massen zum Füllen von Radreifen, Kissen und dergl.
DK 14349	13.04.10	13.03.11	Caldwell R.J.; Pfl., Fritz	Pfeumatic Syndicate Ltd., GB	Apparat til Fremstilling af elastisk, porøst eller svampet Materiale til Indfyldning i Hjulringe, Puder og lignende.
DK 14535	13.04.10	08.05.11	Caldwell R.J.; Pfl., Fritz	Pfeumatic Syndicate Ltd., GB	Fremgangsmaade til Fremstilling af et Fylde- eller Stoppe-materiale ...
AT 47834	16.04.10	10.05.11		Caldwell R.J.; Pfl., Fritz; Pfeumatic Syndicate Ltd.	Vorrichtung zur Herstellung von elastischem, zellenartigem, schaumigem oder schwammigem Material zum Füllen von Reifen, Kissen und dergl.
DE 249777	07.08.10			Pfl., Fritz	Verfahren zur Herstellung von heißvulkanisiertem Schaum aus Kautschuk, Guttapercha und Balata
GB 191111624	13.05.11	23.11.11		Pfl., Fritz	Process for Manufacturing Hot Vulcanised Froth from India Rubber, Guttapercha and Balata.
AT 52609	09.06.11	11.03.12	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Verfahren zur Herstellung vulkanisierten Schaumes aus Kautschuk, ...
GB 191212245	23.05.12	09.01.13	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	An Improved Process for Preparing and Utilizing Spongy Fillings for Hollow Elastic Tyres and the like.
AT 65236	23.05.12	10.06.14	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Verfahren zur Herstellung von mit vulkanisiertem Schaum gefüllten ...
DK 17179	07.04.13	07.04.13	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Fremgangsmaade til Fremstilling af i Varme vulkaniseret Stoppeeller ...
AT 73363	28.06.13	10.05.17	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Wagenrad
GB 191329272	18.12.13	12.02.14	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Improvements in and relating to Vehicle Wheels

Holzverdichtung (Fritz und Herman Pfelemer)

Pat.-Nummer	Anmeldung	Ausgabe	Erfinder	Anmelder	Titel
DE 291943	26.06.15	17.05.16	Pfl., Fritz u. Herman	Pfl., Fritz u. Herman	Verfahren zum Verdichten von Holz
AT 76053	30.03.16	10.04.19	Pfl., Fritz u. Herman	Pfl., Fritz u. Herman	Verfahren zum Verdichten von Holz.
NL 2496	17.06.16	11.05.18	Pfl., Fritz u. Herman	Pfl., Fritz u. Herman	Werkwijze voor het verdichten van hout
GB 100792	24.06.16	28.12.16	Pfl., Fritz u. Herman	Pfl., Fritz u. Herman	Treatment of Lumber to Increase its Density
US 1386727	05.09.16	09.08.21	Pfl., Fritz u. Herman	Chemical Foundation Inc.	Treatment of lumber
DE 334013	22.02.19	08.03.21		Pfl., Herman	Sich selbst öffnender Autoklavverschluss für Hochdruck
DK 24355	07.04.19	07.04.19	Pfl., Fritz u. Herman	Pfl., Fritz u. Herman	Fremgangsmaade til Fortætning af Træ.
CA 202065	20.07.20	20.07.20	Pfl., Fritz u. Herman	Pfl., Fritz u. Herman	Treatment of Lumber / Traitement du Bois
FR 541443	17.12.20	06.05.21	(Pfl., Fritz u. Herman)	(Pfl., Fritz u. Herman)	Procédé pour augmenter la densité du bois
DE 381461	06.08.21	20.09.23		Pfl., Fritz	Verfahren zur Herstellung von heißvulkanisiertem Schaum aus Kautschuk

Presskörper, Schaumgummi und Diverses

Pat.-Nummer	Anmeldung	Ausgabe	Erfinder	Anmelder	Titel
DE 298739	25.10.16	23.06.17	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Thermoelektrischer Stromerzeuger
DE 336817	16.08.17	17.05.21	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Thermoelektrischer Stromerzeuger [Zusatz zu DE 298 739]
GB 111489	16.11.17	25.07.18	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Thermo-electric Generator
DE 375673	03.03.22	17.05.23		Pfl., Herman	Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Presslingen aus Holz
AT 98163	02.08.22	10.10.24	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Verfahren zur Herstellung von Schaumstücken aus Kautschuk u. dgl.
GB 184468	08.08.22	10.12.23		Pfl., Fritz	Improvements in or relating to the manufacture of articles of rubber sponge or the like
FR 563049	03.03.23	24.11.23	Pfl., Herman		Procédé et dispositif pour la fabrication de pièces pressées en bois
GB 194320	05.03.23	28.06.23		Pfl., Herman	Process and device for manufacturing compressed wood articles
US 1542576	08.03.23	16.06.25	Pfl., Fritz	Naamlooze Vennootschap Ago Mij	Process and device for making form pieces of wood
DE 438552	04.12.25	20.12.26		Pfl., Herman	Isolierstoff aus Schaumgummi
DE 542905	17.09.27	29.01.32		Pfl., Herman; Krüger, Franz; Oexmann, Heinrich	Verfahren und Metallrahmen zur Herstellung von Presspulvertabletten
DE 533240	04.11.27	10.09.31		Pfl., Herman; Krüger, Franz; Oexmann, Heinrich	Druckverfahren zur Verzierung von Presskörpern
US 1822172	12.09.28	08.09.31	Pfl., Herman; Oexmann, Heinrich		Method of producing tablets of powdery material framed in metal
DE 905670	08.07.42	04.03.54	Pfl., Herman	Vorwerk & Sohn	Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von Formkörpern aus Kautschuk ...
DE 914318	10.07.42	01.07.54	Pfl., Herman	Vorwerk & Sohn	Verfahren zum Herstellen von Leichtstoffen mit geschlossenen, gasgefüllten ...
DE 1627047	17.10.50	16.08.51	Pfl., Herman	Pfl., Herman	Einspul-Vorrichtung für Kleinbildkameras
DE 971266	01.11.52	31.12.58	Pfl., Herman	Pfl., Herman	Pressvorrichtung zum Herstellen verdichteter Holzverbundkörper

Fritz Pfelemer zuzuschreibende Patente (ohne Erfindernennung)

Pat.-Nummer	Anmeldung	Ausgabe	Erfinder	Anmelder	Titel
DE 473919	03.04.24	23.03.29	(Pfl., Fritz?)	Chem. Fabrik von Heyden, Dresden	Herstellung eines besonders festen Blattmetallersatzes
DE 467884	06.07.24	02.11.28	(Pfl., Fritz?)	Chem. Fabrik von Heyden, Dresden	Verfahren zum Herstellen von Metallfolien
DE 547829	23.08.27	04.04.32	(Pfl., Fritz?)	Wickel & Co Komm.-Ges. in Dresden	Trinkröhrchen
DE 601937	19.01.33	28.08.34	(Pfl., Fritz?)	Vereinigte Papierwerke A.-G. in Nürnberg	Verfahren zur Erzeugung von Trinkröhrchen aus Papier

Magnettontechnik (Fritz Pfelemer)

Pat.-Nummer	Anmeldung	Ausgabe	Erfinder	Anmelder	Titel
DE 500900	31.01.28	26.06.30		Pfl., Fritz	Lautschrifträger
DE 544302	31.01.28	17.02.32		Pfl., Fritz	Verfahren zur Herstellung von Stahlpulver
FR 669443	30.01.29	15.11.29	Pfl., Fritz		Support pour inscriptions sonores
GB 333154	05.02.29	05.08.30		Pfl., Fritz	Improvements in or relating to sound records
DE 543563	03.01.30	06.02.32		Pfl., Fritz	Verfahren zur Herstellung von Stahlpulver
DE 552787	27.11.30	17.06.32		Pfl., Fritz	Lautschrifträger
CA 306485	09.12.30	09.12.30	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Sound Record Carrier / Porte-Empreinte Des Sons
DE 563306	13.06.31	03.11.32		Pfl., Fritz	Lautschrifträger
DE 612489	22.11.31	25.04.35	Pfl., Fritz	AEG	Verfahren und Vorrichtung zum Vormagnetisieren bandförmiger Magnetogrammträger
DE 593878	07.05.32	05.03.34		Pfl., Fritz	Lautschrifträger
FR 41897	11.06.32	01.05.33	Pfl., Fritz		Support pour inscriptions sonores
GB 394810	13.06.32	06.07.33		Pfl., Fritz	Improvements relating to the recording of sound
DE 617796	26.11.32	28.08.35	Pfl., Fritz	AEG	Sprechkopf zur Wiedergabe von in Längsmagnetisierung aufgezeichneter Lautschrift
DE 652453	31.12.32	30.10.37	Pfl., Fritz	AEG	Vorrichtung zum Herstellen von Magnetogrammträgern
DE 649408	09.09.33	23.08.37	Pfl., Fritz	AEG	Magnetogrammträger
DE 637642	29.11.34	02.11.36	Pfl., Fritz	AEG	Trägerbahn für magnetisierbare Lautschrifträger mit pulverförmigem Auftrag
DE 712759	14.04.35	24.10.41	Pfl., Fritz	AEG	Verfahren zur magnetischen Schallaufzeichnung nach dem Gegentaktverfahren
DE 640809	17.03.36	13.01.37	Pfl., Fritz	AEG	Verfahren zur Herstellung bandförmiger magnetisierbarer Lautschrifträger
GB 511164	28.10.37	07.08.39		Pfl., Fritz; Hafner, Theodor	Improvements in or relating to sound record carriers
US 2247847	23.07.38	01.07.41	Pfl., Fritz	Pfl., Fritz	Recording and reproducing device for magnetic sound writing

Kautschuktechnik (Hans Pfeumer)

Pat.-Nummer	Anmeldung	Ausgabe	Erfinder	Anmelder	Titel
US 2258804	26.04.38	14.10.41	Pfl., Hans	Rubatex	Pressure chamber
US 2335309	18.07.39	30.11.43	Pfl., Hans	Rubatex	Pressure chamber
US 2297022	02.08.40	29.09.42	Pfl., Hans	Rubatex	Method of making closed cell rubber
US 2422797	08.03.41	24.06.47	Pfl., Hans	Rubatex	Leakproof fuel tank
US 2395293	21.08.41	19.02.46	Pfl., Hans	Rubatex	Method of making high-pressure closed cell rubber
US 2377177	08.09.41	29.05.45	Pfl., Hans	Rubatex	Reflective vulcanizing chamber
US 2372793	16.09.41	03.04.45	Pfl., Hans	Rubatex	Method for gas expanding closed cellular rubber
US 2466271	18.12.41	05.04.49	Pfl., Hans	Rubatex	Method of making electric power transmission cable
US 2383734	18.03.42	28.08.45	Pfl., Hans	Rubatex	Expanded cell tight rubber-avoidance of surface stickiness
US 2338535	28.05.42	04.01.44	Pfl., Hans	Rubatex	Shock absorbing and buoyant vest
US 2404594	06.06.42	23.07.46	Pfl., Hans	Rubatex	Reinforced buoyant rubber disk
US 2540831	24.10.44	06.02.51	Pfl., Hans	Rubatex	Buoyant disk
US 2449316	22.12.45	14.09.48	Pfl., Hans		Canning jar
US 2420815	18.06.46	20.05.47	Lester Cooper, Pfl., Hans	Rubatex	Process of producing expanded rubber material
US 2500603	18.06.46	14.03.50	Lester Cooper, Pfl., Hans	Rubatex	Process of producing expanded rubber material
US 2421847	22.11.46	10.06.47	Pfl., Hans	Rubatex	Hydraulic closure for autoclaves
US 2546868	14.10.47	27.03.51	Pfl., Hans	Rubatex	Process of making closed cell cellular soft rubber sheet by single ...
US 2622645	25.02.49	23.12.52	Pfl., Hans	Rubatex	Expanded rubber container and method of making same
US 2769205	03.04.52	06.11.56	Pfl., Hans	Rubatex	Expanded cellular rubber with elliptical cells and method of making
US 3003192	24.02.58	10.10.61	Pfl., Hans	Rubatex	Method for the production of closed cell rubber

Tabelle 26: Patentliste Eduard Schüller

Patent	Anmel- dung	Ausgabe	Erfinder	Gegenstand
DE 656834	13.09.32	16.02.38	Erwin Meyer; Eduard Schüller	Sprechkopf zur Wiedergabe von Magnetogrammen
DE 621522	13.09.32	08.11.35	Erwin Meyer; Eduard Schüller	Vorrichtung zur Schallaufzeichnung auf magnetisierbare Schallträger
CA 829409A		09.12.69	Eduard Schüller	Multi-Channel Recording In Common Groove
FR 1434773A		22.06.66	Eduard Schüller	Bobine plate pour bandes d'enregistrement
DE 660377A	24.12.33	21.05.38	Eduard Schüller	Magnetisierungskopf für Längsmagnetisierung von Magnetogrammträgern
DE 675789A	19.06.34	17.05.39	Eduard Schüller	Magnettonmaschine mit Entmagnetisierungseinrichtung für den Sprechkopf
AT 143240B	14.12.34	25.10.35	Eduard Schüller	Magnetisierungskopf für Schallaufzeichnung und Wiedergabe
DE 698140A	04.03.36	02.11.40	Eduard Schüller	Einseitig berührender Löschkopf für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung (Löschkopf für Gleichstrommagnetisierung)
DE 710594A	04.03.36	17.09.41	Eduard Schüller	Einseitig berührender Löschkopf für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung (Löschkopf für Gleichstrommagnetisierung)
DE 702345A	06.05.36	05.02.41	Eduard Schüller	Antriebsvorrichtung für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung
DE 673396A	20.06.36	21.03.39	Eduard Schüller	Elektromagnetisches Verfahren und elektromagnetische Vorrichtung zum Zählen oder Sortieren von Gegenständen aus nicht magnetisierbaren Werkstoffen
DE 702998A	21.06.36	25.02.41	Eduard Schüller	Antriebsvorrichtung für bandförmige Tonträger
DE 719546A	24.06.36	11.04.42	Eduard Schüller, Hans Westpfahl	Schaltanordnung für eine Antriebsvorrichtung für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung
DE 949337B	28.10.36	20.09.56	Eduard Schüller	Gerät zur Bestimmung der Richtung oder Entfernung von Schallquellen
DE 700178A	30.10.36	14.12.40	Heinz Lübeck, Willi Patzschke, Eduard Schüller	Schaltanordnung für Sprechkopfwicklungen in Magnetoneinrichtungen
AT 154504B	13.11.36	10.10.38	Eduard Schüller	Aufzeichnungsverfahren für Magnetogramme auf vormagnetisierte Träger
DE 673134A	19.02.37	16.03.39	Eduard Schüller	Einrichtung zum Entmagnetisieren des Lösch- und/oder Sprechkopfes
DE 934334B	27.08.37	20.10.55	Eduard Schüller	Richtungsermittlung von Schallquellen mittels Tonaufzeichnungsgerätes
AT 156696B	17.02.38	10.08.39	Eduard Schüller	Einrichtung zur Entmagnetisierung von Lösch-, Sprech- und Hörköpfen
DE 696068A	19.06.38	10.09.40	Eduard Schüller, Hans Schießer	Spule zum Aufwickeln von Aufzeichnungsträgern, wie Filmen oder Magnetogrammträgern
DE 721198A	27.08.38	29.05.42	Eduard Schüller	Hörkopf zum Abtasten von Magnetogrammen mit gegenüber der Aufnahmegeschwindigkeit veränderter Wiedergabegeschwindigkeit
DE 702298A	24.11.38	04.02.41	Eduard Schüller	Hör- oder Sprechkopf zur Längsmagnetisierung von bandförmigen Tonaufzeichnungsträgern nach dem Gegentakverfahren
DE 713997A	05.04.39	19.11.41	Eduard Schüller	Mitnahmeverrichtung für Filmspulen
US 2230913A	17.08.39	04.02.41	Eduard Schüller	Magnetic sound recorder
US 2195192A	30.08.39	26.03.40	Eduard Schüller	Sound translating apparatus
DE 726723A	27.06.40	19.10.42	Eduard Schüller	Vorrichtung zur Kenntlichmachung des Ablaufes eines Federtriebwerkes
DE 973824B	20.10.40	15.06.60	Heinz Lübeck, Eduard Schüller	Verfahren zur magnetischen Schallaufzeichnung
DE 891360B	07.12.40	28.09.53	Eduard Schüller	Verfahren zum Kopieren eines Bildtonfilms mit einer magnetischen Tonspur
DE 882956B	10.12.40	13.07.53	Eduard Schüller	Verfahren zum Synchronisieren von getrennt laufenden Ton- und Bildfilmen
DE 746041A	14.12.40	03.06.44	Eduard Schüller	Verfahren zum Kennzeichnen besonderer Stellen von Magnetogrammträgern
DE 735259A	15.12.40	11.05.43	Eduard Schüller	Verfahren zum Einfügen von Zusätzen und Änderungen in nach dem Magnettonverfahren aufgenommene Diktate
DE 883836B	24.12.40	20.07.53	Eduard Schüller	Verfahren zum Synchronisieren getrennt aufgezeichneter Bildfilme und Magnettonfilme
DE 751442A	23.01.41	14.07.52	Heinz Lübeck, Eduard Schüller	Verfahren zur Dynamikregelung bei der Aufzeichnung von Schallereignissen

Patent	Anmel- dung	Ausgabe	Erfinder	Gegenstand
DE 730598A	02.02.41	14.01.43	Eduard Schüller	Verfahren zum Beschriften von Magnetogramträgern
DE 737090A	01.05.41	06.07.43	Eduard Schüller	Verfahren zum Vermeiden von Knackgeräuschen beim Vorbeilaufen einer Klebestelle des Films in Magnetoneinrichtungen
DE 746291A	31.05.41	15.06.44	Eduard Schüller	Sprechkopf für Magnetongeräte
DE 881056B	28.11.41	25.06.53	Eduard Schüller	Verfahren zum magnetischen Aufzeichnen von Zeichen, Impulsen, Impulsfolgen od. dgl.
DE 903380B	24.02.42	04.02.54	Ludwig Lüttich, Eduard Schüller	Vorrichtung zur Betaetigung einer Steuer- oder Signaleinrichtung an einer bestimmten, wählbaren Stelle in dem Wickel eines bandförmigen Schallaufzeichnungsträgers
DE 972166B	04.06.42	27.05.59	Eduard Schüller	Verfahren und Vorrichtung zum Löschen eines Magnetogramträgers, der zu einer Spule gewickelt ist
DE 877370B	25.06.42	21.05.53	Eduard Schüller	Hör- oder Sprechkopf für Zweispuraufzeichnung nach dem Magnettonverfahren
DE 965536B	25.06.42	27.06.57	Eduard Schüller	Hör- oder Sprechkopf für Mehrspuraufzeichnung bei der magnetischen Schallaufzeichnung
DE 876921B	04.11.42	18.05.53	Eduard Schüller	Einrichtung zum Aufzeichnen und Abtasten magnetischer Schallaufzeichnungen
DE 924591B	23.07.43	03.03.55	Eduard Schüller	Nach dem Magnettonverfahren arbeitendes Diktiergerät mit zeilenförmiger Querbeschriftung
DE 881151B	19.04.44	29.06.53	Eduard Schüller	Spulenkern mit Klemmvorrichtung für Streifen, Bänder oder Filme
DE 971401B	09.12.44	22.01.59	Eduard Schüller	Einrichtung zur Aufnahme bzw. Wiedergabe von Schallaufzeichnungen
DE 831330B	02.10.48	11.02.52	Rudolf Goetze, Eduard Schüller	Umleitrolle für Geräte zur magnetischen Tonaufzeichnung und -wiedergabe
DE 822171B	02.10.48	22.11.51	Eduard Schüller	Leitrolle für die Tonbaender von Geräten zur magnetischen Tonaufzeichnung
DE 835956B	02.10.48	07.04.52	Eduard Schüller	Einrichtung zum Abheben des Magnettonträgers bei Magnetongeräten
DE 831778B	02.10.48	18.02.52	Rudolf Goetze, Eduard Schüller	Aussteuerungsmesser für Geräte zur magnetischen Tonaufzeichnung
DE 974718B	31.12.48	06.04.61	Eduard Schüller	Anordnung zur magnetischen Tonaufzeichnung
DE 840455B	31.12.48	13.06.52	Eduard Schüller	Anordnung zum Regeln der Aussteuerung beim Herstellen von magnetischen Tonaufzeichnungen
DE 875872B	10.02.49	07.05.53	Rudolf Goetze, Eduard Schüller	Verfahren zum Einfügen von Korrekturen in Magnetongeräten
DE 934127B	09.03.49	13.10.55	Eduard Schüller	Laufwerk für band- oder drahtförmige Aufzeichnungsträger
DE 875731B	02.04.49	07.05.53	Harry Petersen, Eduard Schüller	Laufwerk für band- oder drahtförmige Aufzeichnungsträger
DE 847357B	09.04.49	25.08.52	Eduard Schüller	Lagerung der Gummiandruckrolle in Laufwerken für band- oder drahtförmige Aufzeichnungsträger
DE 891756B	29.10.49	01.10.53	Eduard Schüller	Spaleinstellvorrichtung für Magnetköpfe
DE 839872B	23.05.50	26.05.52	Eduard Schüller	Löschkopf für Magnetongeräte
DE 839822B	27.06.50	26.05.52	Rudolf Goetze, Eduard Schüller	Anordnung zur Überwachung elektrischer Leitungsnetze mit Speicherung der zu überwachenden Spannungen
DE 860869B	29.07.50	29.12.52	Eduard Schüller	Anordnung zur Beruhigung des Laufs des Tonträgers bei mit band- oder drahtförmigen Tonträgern arbeitenden Schallaufzeichnungs- und/oder Wiedergabegeräten, insbesondere Magnetongeräten
DE 875873B	19.08.50	07.05.53	Eduard Schüller	Magnetisierungskopf, insbesondere Löschkopf für Magnetongeräte
DE 856076B	23.09.50	20.11.52	Eduard Schüller	Antriebsvorrichtung für Schallaufzeichnungs- und -wiedergabe-Geräte mit band- oder drahtförmigem Tonträger, insbesondere für Magnetongeräte
DE 873311B	26.09.50	13.04.53	Eduard Schüller	Magnetisierungskopf für Magnetongeräte
DE 893372B	24.02.51	15.10.53	Eduard Schüller	Anordnung zur Überwachung elektrischer Leitungsnetze mit magnetischer Speicherung der zu überwachenden Spannungen
DE 938683B	27.02.51	02.02.56	Eduard Schüller	Laufwerk für band- oder drahtförmige Aufzeichnungsträger
DE 924060B	01.03.51	24.02.55	Bernhard Moeller, Eduard Schüller	Anordnung zur Zeilenrückschaltung bei Magnetongeräten
DE 950333B	14.03.51	18.10.56	Eduard Schüller	Mit band- oder drahtförmigem Tonträger arbeitendes Magnetongerät, insbesondere Diktiergerät
DE 881114B	15.03.51	29.06.53	Carl Dethlefsen, Eduard Schüller	Anordnung zur Unterdrückung des Übersprechens von Sprechkopf auf den Hörkopf bei Magnetongeräten
DE 946091B	16.03.51	26.07.56	Eduard Schüller	Pulverkern für Magnetköpfe für Magnetongeräte
DE 926046B	19.05.51	04.04.55	Eduard Schüller, Georg Nentwig	Magnetisierungskopf in Ringform für Magnetongeräte
DE 882764B	19.05.51	13.07.53	Rudolf Goetze, Eduard Schüller	Antriebsanordnung bei Schallaufzeichnungs- und -wiedergabegeräten zur Erzielung eines Vorlaufs und Rücklaufs mit Normalgeschwindigkeit und eines schnellen Vorlaufs bzw. Rücklaufs, insbesondere bei Magnetongeräten
DE 970561B	20.06.51	02.10.58	Eduard Schüller	Aufsprech- oder Aufsprech/Wiedergabe-Magnetisierungskopf
DE 877207B	11.08.51	21.05.53	Eduard Schüller	Magnetongerät mit verschiedenen Tonträgergeschwindigkeiten
DE 882311B	26.08.51	06.07.53	Eduard Schüller	Spulenteller für Magnetongeräte
DE 946014B	26.10.52	19.07.56	Hans Brandt, Eduard Schüller	Filterhebelanordnung bei den Laufwerken von Magnetbandgeräten
DE 927999B	01.07.53	23.05.55	Eduard Schüller	Vorrichtung zur magnetischen Aufzeichnung und Wiedergabe von Fernsehbildern
DE 1016955A	27.08.53	03.10.57	Rudolf Goetze, Eduard Schüller	Zwei Spalte aufweisender Löschkopf für magnetische Schallaufzeichnungen
DE 961662B	10.09.53	11.04.57	Eduard Schüller	Spaltfüllung für Magnetisierungskopf
CH 325518A	06.08.54	15.11.57	Rudolf Goetze, Eduard Schüller	Mindestens zwei Spalte aufweisender Löschkopf für magnetische Schallaufzeichnungen
DE 1010752B	30.03.55	19.06.57	Hans Brandt, Eduard Schüller	Laufwerk für mit band- oder drahtförmigen Aufzeichnungsträgern, insbesondere Tonträgern, arbeitende Aufzeichnungs- und/oder Wiedergabegeräte
DE 1018638B	25.08.56	31.10.57	Eduard Schüller	Vorrichtung zur Erleichterung des Zusammenfügens von Bändern oder Streifen, vorzugsweise von Magnettonbändern
DE 1037167B	22.02.57	21.08.58	Eduard Schüller	Magnetongerät mit Cuttervorrichtung, bei dem die Cuttervorrichtung seitlich versetzt zum Abtastkopf angeordnet ist
DE 1083559B	22.02.57	15.06.60	Eduard Schüller	Klappe zur magnetischen Abschirmung von Magnetköpfen in Geräten zur magnetischen Aufzeichnung und/oder Wiedergabe von Signalen, z. B. Magnetongeräten

Patent	Anmel- dung	Ausgabe	Erfinder	Gegenstand
DE 1155612B	16.08.57	10.10.63	Werner Ösinghaus, Eduard Schüller	Vorrichtung zum Registrieren schnell verlaufender oder mit Störungen behafteter Vorgänge
DE 1060616B	27.11.57	02.07.59	Walter Becker, Eduard Schüller	Einrichtung zur Kupplung des Spulenkörpers mit seiner Antriebsachse, z. B. bei Geräten zur magnetischen Aufzeichnung und/oder Wiedergabe von Signalen
CH 357307A	29.11.57	30.09.61	Eduard Schüller	Trommel-Öffner und -Reiniger
DE 1120172B	04.09.58	21.12.61	Harald Harkensee, Eduard Schüller	Sprechkopf für magnetische Aufzeichnung
DE 1166265B	09.02.60	26.03.64	Werner Dziekan, Heinz Hoffmann, Eduard Schüller	Magnetkopfanordnung
DE 1152056B	08.04.60	25.07.63	Eduard Schüller	Einrichtung zum Sortieren von auf einem Förderband beförderten ...
CH 406693A	21.03.61	31.01.66	Eduard Schüller	Einrichtung zum Sortieren von auf einem Förderband beförderten Gegenständen ...
FR 1288350A	31.03.61	24.03.62	Eduard Schüller	Installation pour trier des objets véhiculés sur des bandes transporteuses ...
DE 1144324B	08.09.61	28.02.63	Eduard Schüller	Vorrichtung zur magnetischen Aufzeichnung von Fernsehbild- und -tonsignalen
DE 1143225B	12.09.61	07.02.63	Eduard Schüller	Rotierende Magnetkopfanordnung zur Abtastung von breitbandigen Signalen, ...
DE 1211811B	26.05.62	03.03.66	Eduard Schüller	Diktatgerät für magnetisierbare Aufzeichnungsträger mit Führungsrollen
DE 1177206B	17.08.62	03.09.64	Eduard Schüller	Magnetkopfanordnung
US 3255307A	10.09.62	07.06.66	Eduard Schüller	Magnetic recorder-reproducer having grooved tape
DE 1176392B	15.02.63	20.08.64	Eduard Schüller, Rolf Schwabe	Wickeltellerantrieb für Magnetbandgeräte
FR 1366446A	16.08.63	10.07.64	Eduard Schüller	Dispositif de tête magnétique
CH 403328A	16.08.63	30.11.65	Eduard Schüller	Anordnung zur Aufzeichnung von Signalen unter Verwendung eines Magnetkopfes
DE 1449443A	14.09.63	10.07.69	Eduard Schüller	Magnetische Taktgebereinrichtung und Speicherfolie für Digitalspeicher
CH 418665A	10.10.63	15.08.66	Eduard Schüller, Fritz Radensleben	Magnetbandgerät mit Flanschspulen
FR 1373984A	29.10.63	02.10.64	Eduard Schüller, Fritz Radensleben	Magnétophone muni de bobines à brides
US 3282521A	30.10.63	01.11.66	Fritz Radensleben, Eduard Schüller	Tape reel threading means
CH 409445A	02.12.63	15.03.66	Eduard Schüller	Magnetbandgerät mit einer Öffnung zum Einführen und Entnehmen des ...
CH 409446A	05.12.63	15.03.66	Eduard Schüller, Rolf Schwabe	Wickeltellerantrieb für Magnetbandgeräte
CH 421545A	05.12.63	30.09.66	Eduard Schüller	Antriebsanordnung für bandförmige magnetisierbare Aufzeichnungsträger
FR 1380032A	09.01.64	27.11.64	Eduard Schüller	Dispositif d'entraînement pour supports d'enregistrement en forme ...
FR 1380033A	09.01.64	27.11.64	Eduard Schüller, Rolf Schwabe	Commande d'entraînement pour le plateau d'enroulement des appareils ...
US 3372243A	14.01.64	05.03.68	Eduard Schüller	Video transducer including high and low frequency systems
FR 1379462A	14.01.64	20.11.64	Eduard Schüller	Appareil à bande magnétique avec ouverture latérale d'introduction ...
US 3289906A	13.02.64	06.12.66	Eduard Schüller	Capstan and pressure shoe
US 3332635A	14.02.64	25.07.67	Eduard Schüller, Rolf Schwabe	Drive for tape utilizing devices
US 3273815A	20.02.64	20.09.66	Eduard Schüller	Tape recorder
DE 1474256A	14.05.64	11.12.69	Eduard Schüller	Flanschspule für bandförmige Aufzeichnungsträger
DE 1474257A	30.05.64	11.12.69	Eduard Schüller	Flanschspule für bandförmige Aufzeichnungsträger
CH 421652A	13.05.65	30.09.66	Eduard Schüller	Flanschspule für bandförmige Aufzeichnungsträger
DE 1549080A	07.02.67	04.03.71	Eduard Schüller	Traeger mit wenigstens zwei in einer gemeinsamen Rille aufgezeichneten ...
DE 1572524A	22.07.67	09.04.70	Rudolf Goetze, Eduard Schüller	Magnettongerät mit einschiebbarer Kassette
DE 1572525A	22.07.67	05.03.70	Jürgen Hering, Wolfgang Kaping, Eduard Schüller	Magnettongerät mit einschiebbarer Kassette
DE 1572528A	28.09.67	05.03.70	Eduard Schüller	Drucktastenschalter für Magnettongeräte
DE 1572529A	29.09.67	06.05.70	Eduard Schüller	Vervielfältigungsverfahren für Magnetbaender
DE 1277305A	24.10.67	12.09.68	Eduard Schüller	Gerät zur magnetischen Aufzeichnung und Wiedergabe von Fernsehsignalen
DE 1690321A	24.10.67	13.05.71	Eduard Schüller	Betriebsartenschalter für Geräte der Nachrichtentechnik
DE 1549109A	21.12.67	01.04.71	Gerhard Dickopp, Eduard Schüller	Abtaster für eine Informationsaufzeichnung in einer Rille eines Aufzeichnungsträgers
AT 288732B	05.02.68	15.01.71	Eduard Schüller	Aufzeichnungsträger aus ferromagnetischem Material mit zwei In ...
US 3569636A	06.02.68	09.03.71	Eduard Schüller	Recording At Least Two Signal Channels In A Common Groove ...
CH 470045A	06.02.68	15.03.69	Eduard Schüller	Aufzeichnungsträger mit wenigstens zwei in einer gemeinsamen Rille ...
DE 1574489A	13.02.68	10.09.70	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	System zur Wiedergabe gespeicherter Signale
DE 1562038A	13.02.68	23.07.70	Eduard Schüller	System zur Aufzeichnung und Abtastung von Bildsignalen
DE 1574491A	29.02.68	30.07.70	Eduard Schüller	Aufzeichnungs- und/oder Wiedergabegerät für schnell laufende, runde, flexible Aufzeichnungsträgerfolien
US 3600523A	30.09.68	17.08.71	Eduard Schüller	Reproduction Process For Magnetic Tapes
CH 512804A	12.02.69	15.09.71	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	Verfahren zur Aufzeichnung von Signalen auf einem Aufzeichnungsträger ...
US 3652809A	12.02.69	28.03.72	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	System For Reproducing Mechanically Stored Signals Including Carrier ...
US 3646259A	12.02.69	29.02.72	Eduard Schüller	System For Recording And Scanning Video Signals On A Disc
CH 520383A	12.02.69	15.03.72	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	Abtaster zur Wiedergabe von auf einem Aufzeichnungsträger gespeicherten ...
CA 923046A	13.02.69	20.03.73	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	System For Reproducing Mechanically Recorded Signals
US 3603742A	27.02.69	07.09.71	Eduard Schüller	Reproducing System Utilizing Round Flexible Magnetizable Recording ...
DE 1927408A	29.05.69	11.03.71	Gerhard Dickopp, Eduard Schüller, Helmut Batsch	Anordnung für ein System zur Wiedergabe gespeicherter Signale

Patent	Anmel- dung	Ausgabe	Erfinder	Gegenstand
DE 1933202A	26.06.69	14.01.71	Eduard Schüller	Verfahren zur Bandspannungsregelung für mit Bändern als Aufzeichnungsträger arbeitende Zweikopf-Bildaufzeichnungsgeräte
DE 1950340A	02.10.69	22.04.71	Gerhard Dickopp, Eduard Schüller	Kassette für Video-Bandaufzeichnungs- und -wiedergabegeräte
DE 1965778A	23.12.69	15.07.71	Gerhard Dickopp, Wolfgang Rainer, Eduard Schüller	Anordnung zum Abspielen eines schallplattenähnlichen Aufzeichnungsträgers und Träger zur Verwendung in dieser Anordnung
US 3654401A	28.05.70	04.04.72	Gerhard Dickopp, Helmut Batsch, Eduard Schüller	Playback System With Radiation Guide Member Having A Slide Portion ...
RO 063794A1	23.06.70	15.01.79	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	Procede et dispositif pour la reproduction des signaux enregistres
KR 101979000058	03.03.71	28.02.79	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	Method Of Reproducing Record Signals And Arrangement For Applying ...
KR 101978000440	25.03.71	14.10.78	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller, Wolfgang Rainer	Mechanism For Disc With Recorded Image Signals
CH 531295A	14.05.71	15.01.73	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	Druckabtasteranordnung zur Abtastung eines Trägers längs einer vorbestimmten ...
US 3691318A	17.05.71	12.09.72	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	Pressure Pickup Transducers For Mechanically Stored Signals
CA 940053A	17.05.71	15.01.74	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	Pressure Pickup Head
RO 077614A1	03.06.71	04.11.81	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	Mecanisme de deplacement pour le dechiffrage des visques video
CH 543793A	16.06.71	14.12.73	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller, Wolfgang Rainer	Wiedergabeeinrichtung für die Abtastung eines scheibenförmigen Aufzeichnungsträgers
FI 061582B	17.06.71	30.04.82	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	Aotergivningsapparat foer en skiva med i spaor upptagna bildsignaler
FI 061582C	17.06.71	10.08.82	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	Aotergivningsapparat foer en skiva med i spaor upptagna bildsignaler
CA 946976A	18.06.71	07.05.74	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	Mechanism For A Plate With Image Signals Stored In Grooves
CA 942682A	10.01.73	26.02.74	Gerhard Dickopp, Horst Redlich, Hans-Joachim Klemp, Eduard Schüller	System For Reproducing Mechanically Recorded Signals

Magnetband-Produktionsstatistiken 1935 bis 1945

Tabelle 27: Magnetophonband-Fertigung und Belegschaft der Magnetophonbandfabrik 1935 – 1945

Jahr	Magnetophonband-Fertigung		Angestellte	Arbeiter	Belegschaft
1935	529 km	nur Oktober bis Dezember			
	261 km	davon an AEG			
1936	944 km	nur Juni bis Dezember			
1937	851 km	nur Januar bis Juli			
1938	6.750 km				
1939	9.600 km	(11.400 km ?)	1	7	8
1940	16.020 km			8	10
1941	20.300 km				13
1942	41.215 km		7	29	36
1943	62.000 km	davon: ⁴¹⁴³ 10.000 km 1. bis 28. Juli 12.000 km im 4. Quartal			31
1944	86.000 km				
1945	14.200 km				
1938 – 1944	186.085 km	62.000 h Spielzeit (bei 77 cm/s etwa 2.584 Tage bzw. 7 Jahre)			

Tabelle 28: Magnetophonband-Versand, Stückzahlen im Jahre 1943, 1944 und I. Quartal 1945 ⁴¹⁴⁴

Diese Tabelle dürfte einige geschätzte Werte enthalten (siehe die zum Teil auffallend „glatten“ Zahlen), was ihrem besonderen Wert – Lieferungen an die wichtigsten Abnehmer in den letzten Kriegsjahren – keinen Abbruch tut. Aufschlussreich sind insbesondere die Mengen, die 1944 an die RRG und die Tonband GmbH gingen: die „Kopieranstalt“ erhielt 60 % der RRG-Zulieferungen. Das kopierte Material dürfte zum größten Teil an die Sender der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft geliefert worden sein.

Monat	RRG		Tonband GmbH Berlin		AEG	Magnetophon GmbH Berlin		Wehrmacht	Div. Stellen ⁺	Gesamt	
		Weiss-film		Weiss-film			Weiss-film				Weiss-film
Jan '43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Feb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mär	1.645	—	1224	—	4.210	600	500	300	350	8.029	500
Apr	2.679	—	600	—	1087	10	—	—	129	5.005	—
Mai	40	—	870	—	1785	200	—	—	—	2.825	—
Jun	2.782	—	—	—	1785	1545	—	—	25	6.137	—
Jul	1.401	—	—	—	—	—	—	—	845	2.246	—
Aug	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sep	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Okt	2.237	—	—	—	—	585	—	—	—	2.832	—
Nov	3.239	—	—	—	—	—	—	—	—	3.239	—
Dez	—	—	500	—	—	—	—	300	60	860	—
Sa. '43	14.033	—	3.324	—	8.867	2.940	500	600	1.409	31.173	500
Jan '44	1.540	—	991	—	—	520	—	—	610	3.661	—
Feb	1.630	250	1600	180	120	—	—	400	570	4.320	430
Mär	2.155	400	490	400	—	—	—	100	—	2.745	800
Apr	2.025	—	1.507	—	50	100	—	50	280	4.012	—
Mai	2.625	—	2.195	—	—	—	—	—	20	4.840	—
Jun	2.525	600	3.000	800	—	—	—	500	—	6.025	1.400
Jul	2.500	400	2.000	400	—	200	—	500	300	5.500	800
Aug	3.500	300	1.500	400	—	—	—	1.000	200	6.200	700
Sep	3.500	—	1.500	—	—	—	—	—	200	5.200	—
Okt	2.500	400	394	400	—	—	—	—	—	2.894	800
Nov	3.600	—	1.200	—	—	200	—	—	—	5.000	—
Dez	2.810	400	2.200	400	—	—	—	—	—	5.010	800
Sa. '44	30.910	2.750	18.577	2.980	170	1.020	—	2.550	2.180	55.407	5.730
Jan. '45	3.800	—	2200	—	—	—	—	—	—	6.000	—
Feb	4.450	—	500	—	—	—	—	—	—	4.950	—
Mär	3.250	—	—	—	—	—	—	—	—	3.250	—
Sa.	11.500	—	2.700	—	—	—	—	—	—	14.200	—

Bemerkungen:

+ Diverse Bezieher waren:

Reichspost Berlin - Ausw. Amt - Ordensburg Sonthofen - Reichsmin. Berlin - Phys. Techn. Reichsanstalt Berlin - NSDAP München - Reichspost Prag - Gauleitung Tirol - Messerschmitt Augsburg - I.P. Bamberg ⁴¹⁴⁵ - I.G. Leverkusen - Interradio - Autozug Deutschland ⁴¹⁴⁶

Technische Informationen

Tabelle 29: Zusammenstellung ausgewählter Braunbuch-Bezeichnungen ⁴¹⁴⁷

R	Bezeichnung	Ausgabe	V	Bezeichnung	Ausgabe
R 2	Betriebsanweisung für R 122	01.05.1939	V 5	Magnetton-Wiedergabeverstärker	01.05.1942
R 3	Betriebsanweisung für R 122a	01.12.1942	V 6	Magnetofonverstärker	01.07.1940
R 4a	Wachstonabnehmer	01.04.1933	V 7	Magnetton-Aufsprechverstärker	04.05.1939
R 5	Tonabnehmer	15.06.1936	V 7b	Magnetton-Aufsprechverstärker	01.05.1942
R 6	Wachstonabnehmer		V 21	Hauptverstärker	01.10.1938
R 7	Sprechkopfsatz	01.05.1939	V 21a	Hauptverstärker	15.03.1937
R 7a	Kopfträger	01.12.1942	V 22	Zusatzverstärker	15.03.1937
R 7b	Bedienungsanweisung für Kopfträger		V 22a	Zusatzverstärker	01.09.1943
R 8	Sprechkopfsatz	01.07.1940	V 29	Überblendverstärker	17.03.1949
R 12	Schallfoliensreiber	15.06.1936	V 35	Übertragungsapparat	15.06.1936
R13	Wachssreiber		V 36	Leitungsverteilverstärker	01.12.1938
R 18	Kopfträger	06.06.1959	V 37	Mikrofonverteilverstärker	01.08.1939
R 19	Kopfträger	06.06.1959	V 40	Mikrofonvorverstärker	01.11.1938
R 20	Schallplattenaufnahmemaschine		V 41	Vor- und Hauptverstärker	01.07.1943
R 21	Gelatineblätter-Aufnahmegerät	16.03.1933	V 41a	Vor- und Hauptverstärker	28.04.1950
R 22	Laufwerk (Magnetophon HTS)	01.05.1939	V 41a	Vor- und Hauptverstärker	13.08.1956
R 23	Laufwerk (Magnetophon K 6)	01.07.1940	V 41m	Meßverstärker	30.06.1956
R 23a	Tornister-Magnetofon (Tonschreiber d)	01.11.1944	V 42	Zusatzverstärker	07.05.1947
R 24	Koffermagnetofon (Magnetophon K 4)	01.11.1941	V 42	Zusatzverstärker	28.04.1950
R 25a	Reportofon (MMK 1)	1950	V 42a	Zusatzverstärker	31.05.1951
R 25b	Reportofon (MMK 2)	1951	V 42b	Zusatzverstärker (Schaltbild)	01.02.1952
R 26	Kleinstübertragungsgerät	18.12.1942	V 42b	Zusatzverstärker	15.04.1953
R28e	Magnetofon-Laufwerk (Magnetophon T 8)	08.12.1952	V 43	Schneid- und Lautsprecherverstärker	28.04.1950
R 29	Magnetofon-Pausenzeichengerät	27.07.1950	V 43a	Abhörverstärker	28.04.1950
R 30	Steuergerät zum Pausenzeichengerät	27.07.1950	V 43c	Abhörverstärker	04.09.1951
R 40	Pausenzeichenmaschine	12.02.1952	V 43c	Abhörverstärker	01.03.1956
R 40c	Pausenzeichenmaschine	05.02.1959	V 43a	Abhörverstärker	29.12.1952
R 41	Wiedergabegerät KL 15 (AEG)	22.05.1953	V 45	Übertragungsapparat	01.08.1955
R 44	Kopfträger	05.08.1950	V 46	Magnetofon-Wiedergabeverstärker	12.12.1947
R 45	Wiedergabekopfträger-Aggregat	02.08.1950	V 46a	Magnetofon-Wiedergabeverstärker	17.01.1950
R 48	Magnetofon-Meßkopf	12.12.1947	V 46d	Magnetofon-Wiedergabeverstärker	19.02.1951
R 49	Magnetofonbänder	12.12.1947	V 46e	Wiedergabeverstärker (Schaltbild)	15.06.1950
R 52	Magnetbandschleifen-Wiedergabegerät	05.10.1961	V 47	Magnetofon-Aufsprechverstärker	12.12.1947
R 53	Magnetofon-Meßkopf	24.07.1950	V 47	Magnetofon-Aufsprechverstärker	30.05.1951
R53	Magnetofon-Meßkopf	21.12.1954	V 49	Überblendverstärker	25.03.1950
R 55	Prüfkopf	20.10.1953	V 49a	Überblendverstärker	28.05.1951
R 56	Prüfkopfträger	14.07.1950	V 65	Übertragungsverstärker	03.09.1951
R 57	Magneton-Betriebsmeßgerät	26.07.1957	V 65	Übertragungsverstärker	20.01.1959
R 63	Magnetofontruhe	01.05.1939	V 65a	Übertragungsverstärker	04.09.1953
R 64	Ü-Wagen-Magnetofon	04.09.1951	V 65a	Übertragungsverstärker	20.01.1959
R 65a	Magnetofonapparatur mit V 98/R 66a	11.07.1957	V 65a/6	Übertragungsverstärker	20.01.1959
R 66a	Kopfträger	11.07.1957	V 65b	Übertragungsverstärker	20.01.1959
R 69	Magnetofon-Laufwerk (Magnetophon T 9)	19.12.1952	V 65 b/6	Übertragungsverstärker	20.01.1959
R 69u	Magnetofon-Laufwerk (Magnetophon T 9u)	1959	V 65c	Übertragungsverstärker	20.01.1959
R 71	Normal- und Testband	16.10.1950	V 66a	Aufsprechverstärker	05.01.1955
R 72	Reportage-Koffer-Magnetongerät (Arriphon)	1947	V 67u	Wiedergabeverstärker	02.09.1953
R 76	Magnettontruhe	14.11.1951	V 67u	Magnetton-Wiedergabeverstärker	22.02.1956
R 77	Archivbandprüfgerät	24.10.1951	V 67/38	Magnetton-Wiedergabeverstärker	18.06.1956
R 78	Schmierbandsuchgerät	1952	V 72a	Studioverstärker	12.02.1964
R 79	Pausenzeichenmaschine	15.10.1956	V 72b	Studioverstärker	20.06.1968
R 79	Pausenzeichenmaschine	1953	V 72t	Studioverstärker	25.03.1965
R 82	Löschdrossel	21.10.1957	V 73	4 Watt Kdo-Lautsprecherverstärker	01.09.1955
R 83	Magnetton-Apparaturen	29.09.1957	V 74	Trennverstärker	30.10.1959
R 83a	Magnetton-Apparaturen mit Pilotton	21.10.1957	V 74a	Abzweigverstärker	30.10.1959
R 84	Magnetton-Apparaturen	29.09.1957	V 76	Mikrofonverstärker	16.01.1959
R 84a	Magnetton-Apparaturen mit Pilotton	12.10.1955	V 76	Mikrofonverstärker	22.06.1959
R 85	Reportage-Magnetofon	25.05.1956	V 76m	Meß- und Anpassungsverstärker	13.10.1959
R 85	Anlage: Pilottonkopf	12.10.1955	V 77	Mikrofonverstärker	22.06.1959
R 85a	Reportage-Magnetofon	25.05.1956	V 77	Studioverstärker	04.1958
R 85a	Anlage: Pilottonkopf	11.1952	V 78	Kommandoverstärker	03.12.1953
R 86	Magnetton-Koffergerät MMK3	1953	V 86	Magnetton-Aufnahmeverstärker	22.09.1957
R 87	Magnetton-Koffergerät MMK4	1953	V 86	Aufsprechverstärker	03.1963
R 93	Kopfträger	23.10.1957	V 86	Aufsprechverstärker (Schaltbild)	10.10.1958
R 93a	Kopfträger	19.09.1957	V 87	Magneton-Wiedergabeverstärker	22.09.1957
R 93b	Kopfträger	11.02.1958	V 87	Wiedergabeverstärker	03.1983
R 93a	Kopfträger	11.02.1958	V 97	Wiedergabeverstärker	08.1965
R 122a	Magnetofonschallaufnahme	01.12.1942			
R 122a	Anweisung zur Betriebsüberwachung	03.1948			

Tabelle 30: Tonbänder von Agfa, BASF und I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft

Abkürzungen und Erläuterungen:

(1) (gamma)-Fe₂O₃, rot ... braun – (2) Bezugsband-Leerteil – (3) Carboneisen, grau, kugelig – (4) Digital-Studioband – (5) Fe₃O₄, schwarz – (6) Langspielband – (7) Loop Bin -Band – (8) Masseband

<=>	Magnetpigment ist nadelförmiges Fe ₂ O ₃
□	Magnetpigment ist würfelförmiges Fe ₂ O ₃
■	Masseband, Magnetpigment ist würfelförmiges Fe ₂ O ₃
Allg.	Magnetband für allgemeine Anwendungen
BBL	Bezugsbandleerteil
B _{RS}	Sättigungsremanenz
CA	Trägerfolie Celluloseacetat
CrO ₂	Magnetpigment ist Chromdioxid
DMT	Digital-Studio-Magnetband
H _c	Koerzitivfeldstärke
HTB	Heimtonband
IGF	I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft (1925 – 1948)
Loop Bin	Loop-Bin-Band für die Kassettenduplikation
PE	Trägerfolie ist Polyester
Φ _{RS}	Remanenter Sättigungsbandfluss
PVC	Trägerfolie ist PVC (Polyvinylchlorid)
Prod.	Produktions-Zeitraum
Rdfk	Rundfunkband
STB	Studio-Magnetband

RSM Rückseitenmattierung; die Zahl gibt die Dicke in µm an, danach folgt die Farbe (sw = schwarz, w = weiss)

Quellen: Verschiedene Datenblätter von Agfa und BASF. Angaben für ältere Bänder aus

- Müller, Rudolf, On Improvements of Magnetic Tape Shown by Measurements on Early and Newer Tapes, Journal of the Audio Engineering Society, 1988 October, p. 802 – 820
- Krones, Friedrich, Die Theorie des Magnetspeichers, in: Winckel, Fritz (Hg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960

Eine vergleichbare Tabelle für die Audio-Bänder der Minnesota Mining and Manufacturing Co. (3M) ist unter dem URL <http://www.aes.org/aeshc/docs/3mtape/aorprod2.html> zu finden.

Hersteller, Produktbezeichnung	Prod.	Anwendg.	Pigment- form	Trägermaterial	Träger- dicke µm	Schicht dicke µm	Ges.- dicke µm	RSM*	H _c kA/m	B _{RS} mT	Φ _{RS} nWb/m	Anmerkung
Agfa F	48-53	Allg.	□	CA	--	16	--	--	6,8	34	540	--
Agfa F-2851	--	BBL	□	CA	40	12	52	--	8,7	--	460	(2)
Agfa FR	54-56	Rdfk	□	CA	40	26	66	--	19,0	75	1110	--
Agfa FR 22	59-63	STB	□	CA	39	23	60	--	24,0	98	2250	--
Agfa FR 25	61-61	Rdfk	<=>	CA	40	18	58	--	20	93	1670	--
Agfa FR 4	54-65	Rdfk	□	CA	42	16	58	--	24,7	85	1360	--
Agfa FR 6	56-	Rdfk	□, <=>	CA	--	24	--	--	20	50	1200	--
Agfa FR 6004	--	BBL	□	CA	40	15	55	--	19,0	--	1110	(2)
Agfa FS	51-54	HTB	□	CA	--	--	50	--	--	--	--	--
Agfa FSP	54-58	HTB	□	PVC	35	15	50	--	24,0	90	1350	--
Agfa PE 22	59-63	STB	□	PE	25	25	50	--	24,0	98	2250	--
Agfa PE 31	58-68	HTB	□	PE	20	14,5	35	--	23,5	95	1380	--
Agfa PE 36	68-	HTB	<=>	PE	23	12	35	--	24,0	105	1260	--
Agfa PE 39	86-90	HTB	<=>	PE	23	8	31	--	27,2	135	1080	--
Agfa PE 41	58-68	HTB	□	PE	15	10,5	26	--	23,5	90	950	--
Agfa PE 46	68-	HTB	<=>	PE	15	10	25	--	24,0	105	1050	--
Agfa PE 49	86-90	HTB	<=>	PE	15	8	23	--	27,2	135	1080	--
Agfa PE 65	61-68	HTB	<=>	PE	12	6	18	--	23,1	100	600	--
Agfa PE 66	68-	HTB	<=>	PE	12	6	18	--	24,0	105	630	--
Agfa PEM 268	73-	HTB	<=>	PE	15	10	27	2 / sw	26,4	115	1150	--
Agfa PEM 368	73-90	HTB	<=>	PE	21	10	33	2 / sw	26,4	115	1150	--
Agfa PEM 369	88-90	HTB	<=>	PE	20	11,5	33	1,5 / sw	27,2	115	1350	--
Agfa PEM 455	74-	LPB	<=>	PE	30	13	45	2 / sw	24	100	1300	(7)
Agfa PEM 468	75-91	STB	<=>	PE	30	15	48,5	3,5 / sw	30,4	134	2010	--
Agfa PEM 469	84-90	STB	<=>	PE	30	15	48,5	3,5 / sw	24,2	132	1980	--
Agfa PEM 526	82-96	LPB	<=>	PE	36	16	53	1 / sw	23,9	91	1450	--
Agfa PER	61-63	Rdfk	<=>	PE	33	17	52	rot	19,2	96	1630	--
Agfa PER 368	84-90	Rdfk	<=>	PE	20	10	33	3 / w	28,4	111	1110	--
Agfa PER 525	63-67	Rdfk	<=>	PE	30	12	50	rot	24,0	100	1200	--
Agfa PER 525 stereo	67-81	Rdfk	<=>	PE	30	13	50	rot	--	100	1300	--
Agfa PER 528	81-90	Rdfk	<=>	PE	30	15	48	3 / w	28,4	115	1725	--

Hersteller, Produktbezeichnung	Prod.	Anwendg.	Pigment- form	Trägermaterial	Träger- dicke µm	Schicht- dicke µm	Ges.- dicke µm	RSM*	H _c kA/m	B _{RS} mT	Φ _{RS} nWb/m	Anmerkung
Agfa PER 555	63-	Rdfk	<=>	PE	30	18	56	weiß	24,0	100	1800	--
BASF DP 26	66-70	HTB	<=>	PVC, PE	16	10	26	--	24,0	90	900	--
BASF DP 26	96-	HTB	<=>	PE	15,5	9	26	1,5 / sw	26	145	1300	--
BASF DP 26 LH	70-82	HTB	<=>	PE	16	10	26	--	24,7	110	1100	--
BASF DP 26 LHS	75-78	HTB	<=>	PE	15	10	25	--	25,0	140	1400	--
BASF DPR 26 LH	73-84	HTB	<=>	PE	15	10	29	sw	25,9	120	1200	--
BASF DSM 931	93-96	DMT	CrO ₂	PE	19,5	6	27	1,5 / sw	53	140	840	(4)
BASF DSM 26 CR	83-84	DMT	CrO ₂	PE	19	4	23	--	50	157	625	(4)
BASF DSM 930	84-93	DMT	CrO ₂	PE	20	4	28	sw	50	157	625	(4)
BASF Typ L-extra	49-54	Allg.	□■	PVC	55	55	55	--	19,0	22	1210	(8)
BASF LG, LGN	48-52	Allg.	□	PVC	30 ?	26	56 ?	--	6,4	26	--	--
BASF LGH	50-54	HTB	□	PVC	43	20	63	--	18,8	40	800	--
BASF LGR	56-67	Rdfk	<=>	PVC	35	13	51	rot	24,0	90	1170	--
BASF LGR 30	67-68	Rdfk	<=>	PVC	33	13,5	50	rot	24,7	97	1310	--
BASF LGR 30 P	68-81	Rdfk	<=>	PE	32	13	50	rot	24,7	105	1365	--
BASF LGR 40	81-	Rdfk	<=>	PE	23	9	40	grün	27,5	120	1080	(6)
BASF LGR 50	81-98	Rdfk	<=>	PE	33	16	52	4 / w	27,5	110	1760	--
BASF LGR 51	86	Rdfk	<=>	PE	33	17	53	w	27,0	136	2310	--
BASF LGS 26	58-69	HTB	<=>	PVC	16	10	26	--	24,0	85	850	--
BASF LGS 35	53-69	HTB	<=>	PVC	25	10	34	--	24,7	90	900	--
BASF LGS 52	53-69	Allg.	<=>	PVC	35	13	48	--	24,0	90	1170	--
BASF LM 526	95-	LPB	<=>	PE	36	12	49	1 / sw	24,0	157	1890	(7)
BASF LM 920	84-95	LPB	CrO ₂	PE	30	12	45	sw	40,3	137	1640	(7)
BASF LP 35 LH	69-82	HTB	<=>	PE	25	10	35	--	--	110	1100	--
BASF LP 35 LHS	75-78	HTB	<=>	PE	25	10	35	--	25,0	140	1400	--
BASF LPR 35	96-	HTB	<=>	PE	20	11	35	4 / sw	25	165	1800	--
BASF LPR 35 LH	71-84	HTB	<=>	PE	20	11	36	sw	25,9	120	1320	--
BASF LR 56	60-69	STB	<=>	PVC	34	15	52	gelb	--	100	1500	--
BASF LR 56 P	69-73	STB	<=>	PE	32	17	54	gelb	24,7	100	1700	--
BASF PER 368	91-03	Rdfk	<=>	PE	20	11	35	4 / w	30	175	1925	--
BASF PER 528	91-03	Rdfk	<=>	PE	30	14	48	4 / w	30	137	1920	--
BASF PES 18	61-69	HTB	<=>	PE	12	6	18	--	25,5	100	600	--
BASF PES 26	58-69	HTB	<=>	PE	16	10	26	--	24,0	85	850	--
BASF PES 35	58-69	HTB	<=>	PE	25	10	34	--	24,7	90	900	--
BASF PES 35 LH	67-	HTB	<=>	PE	23,5	11,5	35	--	25,5	115	1320	--
BASF PES 40	58-	Rdfk	<=>	PE	23	10	36	gelb	24,7	105	1050	(4)
BASF SM 468	91-03	STB	<=>	PE	30	14	48	sw	30,4	140	1960	--
BASF SM 900	95-03	STB	<=>	PE	30	18	52	sw	28,6	134	2410	--
BASF SM 910	84-86	STB	<=>	PE	33	15	52	sw	25,9	144	2160	--
BASF SM 911	86-03	STB	<=>	PE	30	16	50	sw	25,5	145	2320	--
BASF SP 50 M	72-	LPB	<=>	PE	35	13	48	--	23,9	110	1430	(7)
BASF SP 52 P	72-	Allg.	<=>	PE	35	13	48	--	24,7	100	1300	--
BASF SP 54 R	83-	Allg.	<=>	PE	33	12	50	sw	26,5	105	1260	--
BASF SPM 50 CR	83-	LPB	CrO ₂	PE	30	12	42	--	40,3	137	1640	(7)
BASF SPR 50 LH	73-84	STB	<=>	PE	33	15,5	51	sw	27,5	110	1700	--
BASF SPR 50 LHL	76-84	STB	<=>	PE	33	16	52	sw	27	105	1650	--
BASF TP 18	70-	HTB	<=>	PE	12	6	18	--	23,9	90	540	--
BASF TP 18 LH	70	HTB	<=>	PE	12	6	18	--	24,7	110	660	--
BASF Typ LG	48-49	Allg.	□	PVC	32	26	58	--	6,4	26	690	--
IGF Typ C	35-36	Allg.	⊙	ZA	30	32	62	--	2,9	24	760	(3)
IGF Typ C	36-39	Allg.	□	ZA	28	37	65	--	7,5	26	960	(5)
IGF Typ C	39-43	Allg.	□	ZA	30 ?	25 ?	55 ?	--	8,4	--	--	(1)
IGF Typ L	43-47	Allg.	□■	PVC	50	50	50	--	6,8	35	--	(8)
IGF Typ LG, Typ LGN	45-48	Allg.	□	PVC	30 ?	26	56 ?	--	6,4	26	--	--

Tabelle 31: Professionelle Magnetbänder, Beispiele für die Entwicklung der mechanischen Eigenschaften

Typ und Hersteller	Herstelljahr	Trägerfolie und Dicke (µm)	Reißlast (N)	Plastische Dehnung (%)	Last für 3 % Dehnung, F3 (N)	Oberflächenrauigkeit (µm)
Magnetophonband Typ C (Carbonyleisen) IG Ludwigshafen	1933 / 34	CA / -	28	0,16	22,7	10
Magnetophonband Typ C IG Ludwigshafen	1936	CA / 28	19,2	0,28	15	8,9
Magnetophonband Typ L IG Ludwigshafen	1943	PVC / 33	20,5	0,27	20	2,8
Magnetophonband Typ LG BASF	1945	PVC / 32	30	0,14	20,5	2,9
F 875 Agfa	1948	CA / 37	31	0,16	29	1,0
Magnetophonband Typ L-extra BASF	1949	PVC / (55)	43	0,16	26	0,64
Magnetophonband Typ LGH BASF	1950	PVC / 35	36,5	0,12	21	3,4
EN Anorgana Gendorf	1954	PVC / (55)	43,2	0,16	26,8	1,5
Magnetonband FR 4 Agfa	1954	CA / 38	23,5	0,24	22	1,6
Magnetonband FR 6 Agfa	1956	CA / 32,5	26,5	0,13	24,2	1,8
Magnetonband FR 22 Agfa	1956	CA / 37,5	31	0,12	29	1,2
Magnetonband PER Agfa	1957	PE / 31	68	0,13	30,5	0,8
Magnetonband FR 25 Agfa	1961	CA / 32	25	0,12	23	0,9
Magnetonband PER 525 Agfa	1963	PE / 30	59	0,08	30	0,7
Magnetonband PER 528 Agfa	1984	PE / 29	51,7	0,15	27,5	0,4
Studio Master 900 BASF Magnetics GmbH	1995	PE / 30	>45	-,	>30	-,

Trägerfolien: CA = Celluloseacetat – PVC Polyvinylchlorid – PE Polyethylenterephthalat, Polyester

Quelle: Müller, Rudolf, On improvements of magnetic tape shown by measurements on early and newer tapes, JAES Volume 36 Number 10 pp. 802 ff., October 1988; überarbeitet [F.E. 2006]

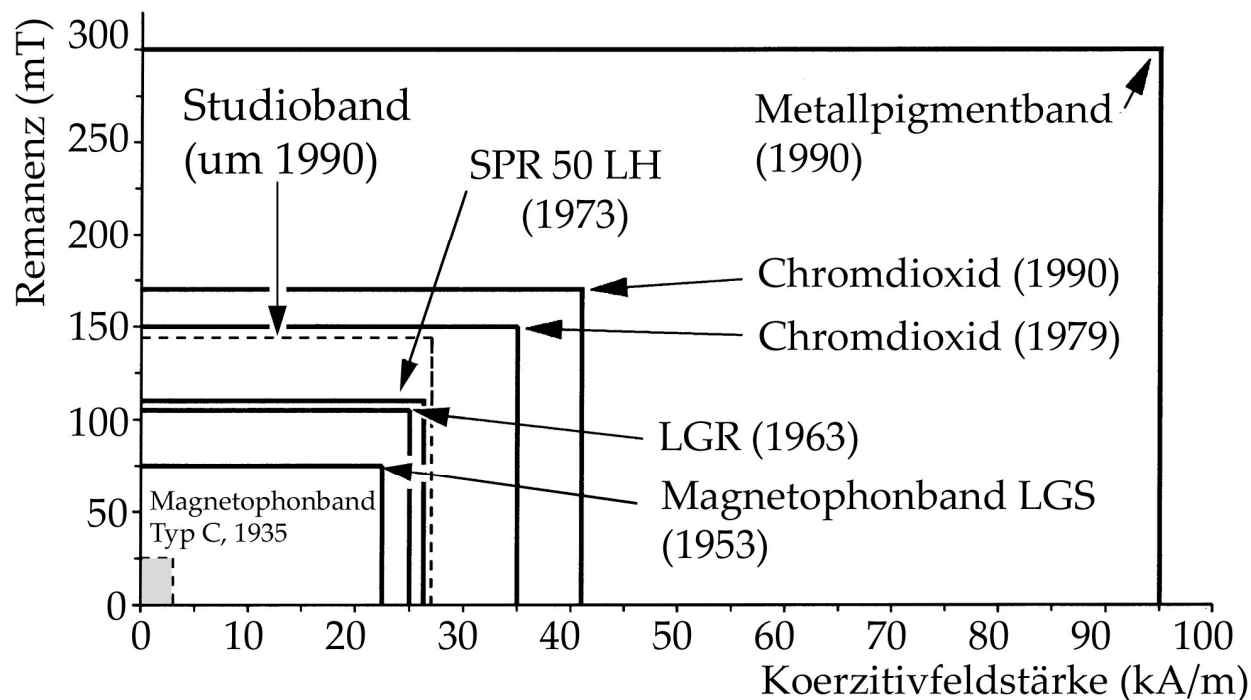


Abbildung 775: Die Entwicklung der beiden Kennwerte Koerzitivfeldstärke und Remanenz bei Audio-Magnetbändern zwischen 1935 und etwa 1990 (das gezeigte Metallpigmentband wurde in Compact-Cassetten eingesetzt; Magnetbänder für die digitale Videoaufzeichnung hatten Koerzitivfeldstärken bis etwa 150 kA/m).

Tabelle 32: Professionelle Magnetbänder, Beispiele für die Entwicklung magnetischer Eigenschaften

Typ und Hersteller		Herstell- jahr	Schichtdicke (µm)	Pigmentform	Ausrichtung, Richtfaktor	Koerzitivfeld- stärke H _c (kA/m)	H _c (Oe)	Remanenz (mT)	SFD
Magnetophonband Typ C (Carbonylei- sen)	IG Ludwigshafen	1933 / 34	32	kugelig	nein / 0,026	2,9	37	23,7	48,5
Magnetophonband Typ C (Fe ₃ O ₄) IG Ludwigshafen		1936	37	kubisch	nein / 0,17	7,5	95	24,3	6,3
Magnetophonband Typ L IG Ludwigshafen; Masseband		1943	15,5	kubisch	-- / 0,21	6,8	86	35,1	5,4
Magnetophonband Typ LG	BASF	1945	26	kubisch	nein / 0,22	6,4	81	26,4	4,7
Magnetonband F 875	Agfa	1948	16	kubisch	nein / 0,27	6,8	86	33,7	4,2
Magnetophonband Typ L-extra Masseband	BASF	1949	55	kubisch	-- / 0,5	17,6	222	21,9	--
Magnetophonband Typ LGH	BASF	1950	20	kubisch	nein / 0,27	18,8	237	39,8	1,7
EN Masseband	Anorgana Gendorf	1954	55	kubisch	-- / 0,35	14,8	186	15,9	2,3
Magnetonband FR 4	Agfa	1954	15,6	kubisch	nein / 0,69	26,7	336	72,4	0,8
Magnetonband FR 6	Agfa	1956	23,5	kubisch und nadelf.	nein / 0,59	17,9	226	49,0	1,0
Magnetonband FR 22	Agfa	1956	21,5	kubisch	nein / 0,71	27,9	352	98,5	0,7
Magnetonband PER	Agfa	1957	15,4	nadelf.	nein / 0,52	18,6	234	95,7	--
Magnetonband FR 25	Agfa	1961	19	nadelf.	nein / 0,51	18,8	237	73,2	--
Magnetonband PER 525	Agfa	1963	11,5	nadelf.	ja / 0,66	23,4	295	108,5	0,7
Magnetonband PER 528	Agfa	1984	16	nadelf.	ja / 0,73	26,9	339	127,4	0,7
Studio Master 900 maxima BASF Magnetics		1995	18	nadelf.	ja	28,6	360	134,0	--

Quelle: Müller, Rudolf, On improvements of magnetic tape shown by measurements on early and newer tapes, JAES Volume 36 Number 10 pp. 802 ff., October 1988; angepasst [F.E. 2006]

Tabelle 33: Professionelle Magnetbänder 1948 bis 1995, Entwicklung elektroakustischer Eigenschaften

Typ und Hersteller	Jahr	Arbeits- punkt (dB)	Aussteuerbarkeit (dB)		Empfindlich- keit (dB)		Störspan- nungs-Ab- stand (dB)	Gleichfeld- rauschen (dB)	Klirr- faktor (%)	Kopier- dämpfung (dB)	
			1 kHz, k ₃ 3 %	10 kHz	1 kHz	10 kHz					
Magnetonband F 875	Agfa	1948	-3,0	-4,5	-7,5	-13,0	-20,5	-53,0	-38	3,0♦	--
Magnetophonband LGH	BASF	1950	0,0	-2,5	-15,5	-15,0	-28,5	-56,0	-36	2,5♦	56
EN		Anorgana	1954	0,0	-10,5	-15,5	-5,0	-24,5	-58,5	-34	6,5♦
Magnetophonband LGS 52	BASF	1953	+1,0	+2,0	+3,0	-5,0	-9,5	-50,5	-42	1,9	52
Magnetonband FR 4	Agfa	1954	+1,0	+2,5	+2,5	-6,0	-11,0	-52,5	-36	2,0	59
Magnetonband FR 6	Agfa	1956	-1,0	+2,5	+2,5	-4,0	-9,0	-53,0	-36	1,6	55
Magnetonband FR 22	Agfa	1956	+2,5	+10,0	+2,0	-3,0	-10,0	-53,0	-38	0,5	56
Magnetonband PER	Agfa	1957	-1,5	+6,0	+5,0	-2,5	-6,0	-52,0	-36	0,8	57
Magnetonband FR 25	Agfa	1961	-1,5	+5,5	+3,5	-3,0	-8,0	-53,0	-33	1,0	55
Magnetonband PER 525	Agfa	1963	0,0	+5,0	+6,0	-2,0	-6,0	-52,0	-40	1,0	58
Magnetonband PER 528	Agfa	1984	0,0	+10,5	+8,0	0,0	-2,5	-52,0	-52	0,3	56
Studio Master 900	BASF Magnetics GmbH	1995									
		0,0 ♣	+15,5	+9,0	+1 ♣	+1 ♣	-52,0	-59,5	0,2	56	

Messbedingungen: Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s, Entzerrung 35 µs, ARD-Referenz-Magnetköpfe (Spaltbreite Aufnahmekopf 18 µm, Wiedergabekopf 5 µm), Spurbreite 2,75 mm, Bezugspegel: 320 nWb/m, Bezugsband: nach ARD-Pflichtenheft 1985, Agfa PER 528, Charge 43 211, Arbeitspunkteinstellung: Klirrfaktor-Minimum des Bezugsbands; Klirrfaktor gemessen bei Bezugspegel (♦ bei Aussteuerung auf 200 nWb/m), Störspannungsabstand bewertet nach CCIR 468-3; ♣ rel. zum IEC-Referenzleerband MT 82472

Quelle: Müller, Rudolf, On improvements of magnetic tape shown by measurements on early and newer tapes, JAES Volume 36 Number 10 pp. 802 ff., October 1988; angepasst [F.E. 2006]

Tabelle 34: Magnetophonband-Produktionsmengen 1946 – 1954 (in Stück zu 1.000 m und Quadratmetern)⁴¹⁴⁸

	Stück Ge- samt	Fläche in m ²	Zuwachs	LG	LGD	LGN	LGH	L	L-extra	Masse- band
1946	8.037	53.996		8.037				431		4 %
1947	35.414	230.191	236 %	25.185	4.597	5.632				0 %
1948	43.532	282.958	23 %	35.928	2.510	4.803		291		1 %
1949	35.870	233.155	-18 %	8.529	3.504	7.879		9.847	6.111	27 %
1950	49.382	320.983	38 %	⊕	⊕	2.529	272	1.310	45.271	94 %
1951	67.116	436.254	36 %			1.100	7.432	⊕	42.881	64 %
1952	99.382	645.983	48 %	LGS		2.137	59.120		21.284	21 %
1953	123.193	800.755	24 %	69.391		706	25.157		12.092	10 %
1954	207.639	1.349.659	69 %	171.329		⊕	4.205 ⊕ ¹		3.986	2 %
1955	256.614	1.667.992	24 %	229.061					571	0,2 %
1956	318.169	2.477.601	49 %	346.239					69 ⊕	0,02 %

An der angegebenen Gesamt-Stückzahl fehlende Teilsommen entfallen auf als Blöcke verkaufte Produkte – ⊕ = Produktion ausgelaufen
¹ im 1. Halbjahr 1954 - ² Die Herkunft dieser Bänder konnte nicht geklärt werden (Produktion Gendorf?)

Walter Dobritz nennt für „Bänder à 1.000 m“ abweichende Zahlen für die Jahre 1950 – 1952.⁴¹⁴⁹ Der Grund war nicht aufzuklären.

	Umsatz in Mio DM	Inland (Bänder à ...	Ausland ... 1000 m)	Produktionsanteil der Lieferungen an Rundfunkanstalten
1950	0,8	33.000	5.000	92 %
1951	1,4	50.000	9.000	80 %
1952	2,6	62.000	16.000	27 %
1953-03				(nahe 0 %)

Tabelle 35: Chronik der Bezugsbandproduktion in Ludwigshafen 1956 – 1979

Datum	Bezeichnung	Beschreibung BP = Bezugspegelteil, FQ = Frequenzgangteil	Kommentar
56-12	Bezugsband 38 6,3 mm	BP 1000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 35 µs, FQ 31,5 bis 15.000 Hz; Leerteil Agfa 6004; 1961-12 Frequenzen im FQ nach ISO-Reihe geändert und bis 18.000 Hz erweitert; 1965-04 Leerteil Agfa PER 525, Charge 0756 1970-10 Leerteil Agfa PER 525 Charge 1544	Erste Bezugsbänder nach DIN 45 513
56-12	Bezugsband 19 6,3 mm	BP 333 Hz, 250 nWb/m, Entzerrung 100 µs, FQ 30 bis 15.000 Hz, Leerteil BASF LGS Charge 22 138 1961-09: BP jetzt 1.000 Hz, 320 nWb/m; Frequenz Spalteinstellteil von 8.000 auf 10.000 Hz geändert, FQ auf Frequenzen aus der ISO- Reihe geändert, 31,5 Hz bis 18.000 Hz, Entzerrung von 100 µs auf 70 µs geändert 1962-05: Entzerrung von 70 µs auf 100 µs geändert 1962-12: Entzerrung erneut von 100 µs auf 70 µs geändert 1965-11: Aufteilung der Bezugsbänder für die Bandgeschwindig- keit 19,05 cm/s in 19 H (Heimton, 50 + 3180 µs) und 19 s (Studio, 70 µs)	
56-12	Bezugsband 19 R 6,3 mm	BP 1.000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 100 µs, FQ 30 bis 15.000 Hz, Leerteil BASF LGS 52 Charge 22138 1962-04: Produktion eingestellt	

Datum	Bezeichnung	Beschreibung BP = Bezugspegelteil, FQ = Frequenzgangteil	Kommentar
56-12	Bezugsband 9 6,3 mm	BP 166 Hz, 250 nWb/m, Entzerrung 200 µs, Spalteinstellteil Frequenz 6.000 Hz, FQ 30 bis 8.000 Hz <sic>, Leerteil BASF LGS 52 22138 1962-03: Frequenz des BPs jetzt 333 Hz, FQ auf Frequenzen aus der ISO-Reihe geändert, 31,5 Hz bis 16.000 Hz, Frequenz des Spalteinstellteils von 6.000 Hz auf 10.000 Hz geändert, Entzerrung von 200 µs auf 120 + 3180 µs geändert. Neuer Leerbandteil: BASF LGS 26 Charge 110211 1965-11: Entzerrung 90 + 3180 µs anstatt 120 + 3180 µs 1968-03: Entzerrung auf 90 + 1590 µs geändert 1969-03: Tiefen-Entzerrung wieder auf 3180 µs geändert 1969-06: Neuer Leerbandteil BASF DP 26 Charge C 264 Z	Entwicklungsschübe bei Heimtonbändern um 1962 und 1969 erlauben schwächere Entzerrung (= weniger Rauschen) auch bei den niedrigen Bandgeschwindigkeiten
62-06	Bezugsband 76 6,3 mm	BP 1000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 35 µs, FQ 31,5 bis 18.000 Hz	vermutlich Hinweis auf größere Überspielaktionen der Rundfunkanstalten: Kopieren der Archivaufnahmen mit 76,2 cm/s auf 38,1 cm/s
62-09	Bezugsfilm 16 mm	BP 1000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 100 µs, FQ 31,5 bis 14.000 Hz; Leerteil Agfa MF 4 Charge 800; Aufzeichnungen 5 mm und Randspur 2,6 mm. Fertigung unterbrochen zwischen 1964 und 1966, dann auf BASF-Magnetfilm P 16 mit Vollspuraufzeichnung fortgesetzt. Leerteil ab 1967 Agfa MF 5, Charge 6015 A. 1970 Entzerrung mit 70 µs (Produktion von Filmen mit 100 µs läuft weiter). Seit 1979-07 mit Leerteil aus laufender BASF-Produktion Weitere Bezugsfilme: 1963-08 Bezugsfilm 17,5 mm, Entzerrung 35 µs 1967-03 Bezugsfilm 35 mm, Entzerrung 35 µs	Beginn der Zusammenarbeit BASF mit Perutz München in Sachen Magnetfilm. Wiederaufnahme 1966 nach Anlaufen der Magnetfilmproduktion in Willstätt
63-05	Bezugsband 4,75 6,3 mm	BP 333 Hz, 250 nWb/m, Entzerrung 120 + 1590 µs, FQ 31,5 bis 10.000 Hz, Leerteil BASF LGS 26 Charge 110 211 1969-07 Neuer Leerteil BASF DP 26 Charge C 264 Z; Entzerrung auf 120 + 3180 µs geändert. 1977-07 Korrekturen im FQ (Magnetkopf oxidiert, dadurch Frequenzgangfehler)	Vierspurtechnik im Heimtonbereich setzt sich durch
64-03	Bezugsband 38 25,4 mm	BP 1000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 35 µs, FQ 31,5 bis 18.000 Hz, Leerteil zunächst LGR Charge 641 096, 1967-06 Leerteil LGR A 966 R und A 968 R, 1974 Leerteil jeweils aus laufender Produktion	
64-03	Bezugsband 38 25,4 mm	ARD-Version: BP 1.000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung mit speziellem Verlauf nach ARD-Entwicklung, FQ 63 bis 14.000 Hz Leerteil LGR Charge 641 096, seit 1974 jeweils aus laufender Produktion	Zunehmende Verbreitung der Mehrspurmashchinen bei ARD. Sonderentzerrung mit Anhebungen bei 4 kHz (oberer Präsenzbe- reich) sollen Rauschverluste aufgrund schmaler Spuren kompensieren
64-06	Kurzbezugsband 38, 6,3 mm	BP 1.000 Hz, 320 nWb/m, FQ 31,5 bis 14.000 Hz	Sonderanfertigung für Kontrollzwecke von Studiomaschinen, solange keine größere Frequenzgang-Abweichung zu erwarten
64-06	Bezugsband 4,75 3,81 mm (FE)	BP 333 Hz, 160 nWb/m, Entzerrung 120 + 1590 µs, Spaltein- stellteil 6.300 Hz, FQ 31,5 bis 10.000 Hz, Leerteil BASF PES 18 Charge 277 581 1968-02 Lieferung auch in Kassette, eingestellt 1968-03 1968-06 Bandfluß des BPs jetzt 250 nWb/m, Spalteinstellteil jetzt 10.000 Hz; neuer Leerteil: BASF PES 12 C 521 V 1972-12 Lieferung auch in Kassette (Compusette 1) 1974-07 Tiefenentzerrung jetzt 3180 µs (anstatt 1590 µs) 1975-07 Neuer Leerteil: BASF TP 18 T 308 S 1976-11 Im FQ neue Festlegung des Soll-Bandflusses erforderlich, da die zuvor zum Bespielen der Bezugsbänder verwendeten Mag- netköpfe oberflächlich oxidiert waren 1977-02 Änderung der BP-Frequenz von 333 Hz auf 315 Hz	Philips führt die Compact-Cassette 1963 ein
64-10	Stereotestband 38, 6,3 mm	BP 1.000 Hz, 360 nWb/m <sic>, Entzerrung 35 µs, FQ 63 bis 10.000 Hz; Bandfluß des BPs 1966-11 auf 510 nWb/m erhöht	ARD bereitet sich auf die Produktion und Ausstrahlung von Stereo-Sendun- gen vor
64-12	Bezugsband 38, 12,7 mm	BP 1000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 35 µs, FQ 31,5 bis 18.000 Hz; Leerteil zunächst LGR Charge A 454 A, seit 1971-12 LGR 30 P, Charge A 421 L/3, seit 1974 jeweils aus laufender Produktion	

Datum	Bezeichnung	Beschreibung BP = Bezugspegelteil, FQ = Frequenzgangteil	Kommentar
65-11	Bezugsband 19 H 6,3 mm	BP 1000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 50 + 3180 µs, FQ 31,5 bis 18.000 Hz; Leerteil BASF LGS Charge 110 211 1968-03 Entzerrung jetzt 50 + 1590 µs 1969-03 Entzerrung wieder 50 + 3180 µs 1969 Leerteil DP 26 Charge C 264 Z	
67-07	Bezugsband 19 S 12,7 mm	BP 1.000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 70 µs, FQ 31,5 bis 18.000 Hz, Leerteil PES 40 B 067 O; seit 1974 jeweils aus laufender Produktion	
67-07	Bezugsband 19 25,4 mm	BP 1.000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 70 µs, FQ 31,5 bis 18.000 Hz, Leerteil BASF PES 40 B 036 O, seit 1974 jeweils aus laufender Produktion	
69-06	Bezugsband 19 12,7 mm	BP 1.000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 50 + 1590 µs, FQ 31,5 bis 18.000 Hz, Leerteil BASF PES 40 B 067 O 1971-01 Entzerrung auf 50 + 3180 µs geändert; Leerteil jeweils aus laufender Produktion	
69-06	Bezugsband 19 H 25,4 mm	BP 1.000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 50 + 3180 µs, FQ 31,5 bis 18.000 Hz, Leerteil BASF PES 40 B 067 O, ab 1974 jeweils aus laufender Produktion	
69-11	Bezugsband 38 6,3 mm	BP 1.000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 50 + 3180 µs (NAB), FQ 31,5 bis 18.000 Hz Weitere Ausführungen mit Entzerrung 50 + 3180 µs: 1969-11 Bezugsband 38 25,4 mm 1970-02 Bezugsband 38 12,7 mm Leerteil zunächst LGR Charge A 454 A, seit 1971-12 LGR 30 P, Charge A 421 L/3, seit 1974 jeweils aus laufender Produktion	Bezugsbänder nach NAB-Standards als verkaufsunterstützende Maßnahmen für den Export in die USA, Japan usw.
72-01	Stereotestband 19 6,3 mm	BP 1.000 Hz, 510 nWb/m, Entzerrung 70 µs, FQ 63 bis 10.000 Hz, kein Leerteil 1972-07 weitere Ausführung mit BP 1.000 Hz, 320 nWb/m lieferbar	
72-07	Bezugsband 38 50,8 mm	BP 1.000 Hz, 185 nWb/m (seit 1974-02 320 nWb/m), Entzerrung 50 + 3180 µs, FQ 31,5 bis 18.000 Hz, Leerteil aus jeweils laufender Produktion Weitere Ausführungen: 1972-08 Bezugsband 38 50,8 mm, Entzerrung 35 µs	Anlaufen der Mehrspur-Technik auf 50,8 mm = 2 Zoll breitem Magnetband.
72-07	Bezugsband 4,75 3,81 mm Cr	BP 333 Hz, 250 nWb/m, Entzerrung 70 + 3180 µs, FQ 31,5 bis 12.500 Hz 1973-03: Tiefenentzerrung von 3180 µs auf 1590 µs geändert; Auslieferung jetzt mit Leerteil BASF TP 18 Charge C 401 R 1974-08 Tiefenentzerrung von 1590 µs auf 3180 µs geändert; 1977-01 Bezugspegelfrequenz von 333 Hz auf 315 Hz geändert	Bezugsband für „chromdioxidfähige“ Compact-Cassetten-Recorder, Unterstützung für die anlaufende Produktion der BASF-Chromdioxid-Compact-Cassetten
73-02	Bezugsband 19 50,8 mm	BP 1.000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 70 µs, FQ 31,5 bis 18.000 Hz, Leerteil aus jeweils laufender Produktion Weitere Ausführung: 1973-02 Bezugsband 19 50,8 mm Entzerrg. 50 + 3180 µs	
74-11	Bezugsband 4,75 3,81 mm HiFi FE	BP 333 Hz, 250 nWb/m, Entzerrung 120 + 3180 µs, FQ 31,5 bis 18.000 Hz <sic>, Pegel -26 dB, Leerteil BASF PES 12 C 521 V 1975-11 Neuer Leerteil: BASF TP 18 T 308 S 1976-02 Korrekturen im FQ (wegen Magnetkopf-Oxidation erforderlich geworden) 1977-02 Bezugspegelfrequenz jetzt 315 Hz (zuvor 333 Hz) 1977-09 Pegel der Frequenzgangaufzeichnungen auf -20 dB angehoben Weitere Ausführung: 1974-11 Bezugsband 4,75 3,81 mm HiFi Cr	Erweiterte Version des DIN-Bezugsbands 4,75 3,81 mm mit einem bis 18 kHz reichenden Frequenzgangteil
75-05	BASF-Dolby-Testband 4,75 3,81 mm FE	Pegelfrequenz 400 Hz, Bandfluß 200 nWb/m, Entzerrung 120 + 3180 µs, Frequenzumfang 31,5 bis 12.500 Hz	Messmittel zur korrekten Einstellung der Schaltkreises „Dolby B“ zur Rauschminderung
75-09	Bezugsband 76 50,8 mm	BP 1.000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 17,5 µs, FQ 31,5 bis 18.000 Hz Weitere Ausführungen: 1975-10 Bezugsband 76 50,8 mm, Entzerrung 35 µs 1975-10 Bezugsband 76 50,8 mm, Entzerrg 50 + 3180 µs 1975-11 Bezugsband 76 25,4 mm, Entzerrung 17,5 µs 1976-03 Bezugsband 76 12,7 mm, Entzerrung 17,5 µs 1976-03 Bezugsband 76 12,7 mm, Entzerrung 35 µs	Wiederentdeckung der Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s für die Mehrspur-Technik, insbesondere mit 24 und 32 Spuren, zur Kompensation der Rauschverluste infolge relativ schmaler Spuren und voller Ausnutzung der Höhenaufzeichnungs-Fähigkeit neuer Magnetbänder der Generation BASF SPR 50 LH
76-03	Dolby-Testband 4,75 3,81 mm	Pegelfrequenz 400 Hz, Bandfluß 200 nWb/m, Entzerrung 120 + 3180 µs	

Datum	Bezeichnung	Beschreibung BP = Bezugspegelteil, FQ = Frequenzgangteil	Kommentar
77-01	Fernsehton-Bezugsband 25 für Bandgeschwindigkeit 24,3 cm/s (Video B-Format)	BP 1.000 Hz, 254 nWb/m, Entzerrung 15 µs, FQ 31,5 bis 16.000 Hz, kein Leerteil 1978-01 Spaltstellung und Pegel des BP korrigiert	Ton-Bezugsband zur Einstellung des Ton- Wiedergabeverstärkers von 1-Zoll-Videorecordern im „B-Format“
78-03	Bezugsfilm 16 mm nach EBU-Standard	BP 1.000 Hz, 320 nWb/m, Entzerrung 70 µs, FQ 31,5 bis 14.000 Hz, Leerteil: Agfa MF 5	Magnetfilm mit Timecode-Aufzeichnungen zwecks vereinfachter Synchronisation von Kamera und Magnetfilmläufer
78-04	Bezugsband 9 25,4 mm	BP 315 Hz, 250 nWb/m, Entzerrung 90 + 3180 µs, FQ 31,5 bis 16.000 Hz, kein Leerteil Weitere Ausführung: 1978-04 Bezugsband 9 12,7 mm Entzerrung 90 + 3180 µs	z.B. für Master-Produktionsmaschinen und Masterläufer in Schnellkopieranlagen, auch mit längeren Aufzeichnungen im Frequenzgangteil lieferbar

Tabelle 36: Primäre IEC-Referenzleerbänder für Heimton- und professionelle Anwendungen ⁴¹⁵⁰

Festlegung im Jahr ...	1979/1981	1987-10	1995
Heimtonanwendung			
IEC I <i>Eisenoxid-Bänder</i>	R 723 DG (BASF) Palo Alto, Oktober 1979		Y 348 M (BASF)
IEC II <i>Chromdioxid und dotierte Eisenoxidpigmente</i>	S 4592 A (BASF) IEC-Tagung Prag 1981 Vorgänger: C 401 R (1971)	U 564 W (BASF), 1987	
IEC III <i>Doppelschichtbänder (Eisenoxid + Chromdioxid)</i>	CS 301 (Sony) Palo Alto, Oktober 1979		
IEC IV <i>Metallpigment</i>	E 912 BH (TDK) IEC-Tagung London, Dezember 1981		MJ 507 A (TDK)
Heimtonband 6,3 mm (4,76 cm/s, 9,5 cm/s und 19,05 cm/s)	C 264 Z (BASF) seit 1969		
Professionelle Anwendung (6,3 mm)			
19,05 cm/s	A 342 D (BASF) Vorgänger: A 341 D (1965)		
38,1 cm/s und 76,2 cm/s	MT 82472 (3M)		

Tabelle 37: Leerteile, Bezugsbänder, Entzerrungen

Datum	Bezugsband	Entzerrung	Norm	Leerteil
1940 (?)	.-	.-	.-	I.G. Farben Charge 368
1946	.-	.-	.-	BASF Charge LG 368
1955-06	BB 76	35 µs	DIN 45 513 Teil 1 (Vornorm)	.-
1955-06	BB 38	35 µs	DIN 45 513 Teil 2 (Vornorm)	.-
1955-06	BB 19 (19 N)	100 µs	DIN 45 513 Teil 3 (Vornorm)	.-
1955-06	BB 9,5	200 µs	DIN 45 513 Teil 4 (Vornorm)	.-
1956	.-	100 µs (19) 200 µs (9,5)	.-	Heimton: BASF LGS 52, Charge 22 138
1960	.-	35 µs	ARD-Pflichtenheft	Rundfunk/Studio 38,1 cm/s: Agfa FR, Charge 6004
1960	.-	35 µs	ARD-Pflichtenheft	Rundfunk/Studio 76,2 cm/s: Agfa F, Charge 2851 A
1962	.-	.-	.-	Heimton: BASF LGS 26, Charge 110 211
1962-06	BB 76	35 µs	DIN 45 513 Blatt 1	.-
1962-06	BB 38	35 µs	DIN 45 513 Blatt 2	.-
1962-06	BB 19 (19 R)	100 µs	DIN 45 513 Blatt 3	.-
1962-06	BB 9.5	3180 + 120 µs	DIN 45 513 Blatt 4	.-
1962-06	BB 4.75 / 6.3	3180 + (2x 70 µs)	DIN 45 513 Blatt 5 (Vornorm)	.-
1964	.-	3180 + 120 µs	.-	Compact-Cassette Fe (BASF-intern): PES 18, 277 581 (1963 - 64)
1965	.-	70 µs	ARD-Pflichtenheft	Studio 19,05 cm/s: BASF PES 40, Charge A 341 D
1965	.-	35 µs	ARD-Pflichtenheft	Rundfunk/Studio 38,1 cm/s: Agfa PER 525, Charge 0756
1966	.-	3180 + 120 µs	.-	Compact-Cassette Fe: BASF QP 12 C 521 V (1966-1973)
1966-03	BB 4.75 / 6.3	1590 + 120 µs	DIN 45 513 Blatt 5	.-
1966-03	BB 4.75 / 3.81	1590 + 120 µs	DIN 45 513 Blatt 6 (?)	.-
1966-10	BB 19 H	3180 + 50 µs	DIN 45 513 Blatt 3	.-
1966-10	BB 19 S	70 µs	DIN 45 513 Blatt 3	.-
1967-10	BB 38	35 µs	DIN 45 513 Blatt 2	.-
1968	BB 9.5	1590 + 90 µs	vorübergehend	.-
1968-01	BB 9.5	3180 + 90 µs	DIN 45 513 Blatt 4	.-
1968-04	BB 76	35 µs	DIN 45 513 Blatt 1	.-

Datum	Bezugsband	Entzerrung	Norm	Leerteil
1969-06	-.-	3180 + 120 µs 3180 + 90 µs 3180 + 50 µs	-.-	Heimton 6,3 mm, 4,75 cm/s bis 19,05 cm/s BASF DP 26 LH, Charge C 264 Z
1970	-.-	35 µs	ARD-Pflichtenheft ¾	Studio 38,1 cm/s: Agfa PER 525, Charge 1544
1971	-.-	3180 + 120 µs	-.-	Compact-Cassette CrO ₂ : BASF TP 18 C 401 R (seit 1971)
1971-05	BB 4,75 / 6,3	3180 + 120 µs	DIN 45 513 Blatt 5	-.-
1972-07	BB 4,75 / 6,3	3180 + 120 µs	DIN 45 513 Blatt 5	-.-
1975	-.-	3180 + 120 µs	-.-	Compact-Cassette Fe, 3,81 mm: BASF T 308 S (1973 – 1979)
1976-02	BB 4,75/4	3180 + 70 µs	DIN 45 513 Blatt 7	-.-
1976-05	BB 4,75/4	3180 + 120 µs	DIN 45 513 Blatt 6	-.-
1979	-.-	3180 + 70 µs	IEC 94 Teil 5	Compact-Cassette IEC III: Sony CS 301
1980	-.-	3180 + 120 µs	IEC 94 Teil 5	Compact-Cassette IEC I: BASF R 723 DG
1980?	-.-	3180 + 70 µs	IEC 94 Teil 5	Compact-Cassette IEC IV: TDK E 192 BH
1980?	-.-	35 µs	ARD-Pflichtenheft ¾	Rundfunk 38,1 cm/s: Agfa PER 528 Charge 43 211
1981?	-.-	70 µs	IEC 94 Teil 5	Studio 19,05 cm/s: BASF PES 40, Charge A 342 D
1981?	-.-	35 µs 17,5 µs	IEC 94 Teil 5	Studio 38,1 cm/s und 76,2 cm/s: 3M MT 82472
1982	-.-	3180 + 70 µs	IEC 94 Teil 5	Compact-Cassette IEC II: BASF S 4592 A
1982-06	BB 76	17,5 µs	DIN 45 513 Teil 1	-.-
1982-07	BB 38	35 µs	DIN 45 513 Teil 2	-.-
1982-07	BB 19h	3180 + 50 µs	DIN 45 513 Teil 3	-.-
1982-07	BB 19s	70 µs	DIN 45 513 Teil 3	-.-
1982-07	BB 9,5	3180 + 90 µs	DIN 45 513 Teil 4	-.-
1982-07	BB 4,75/6	3180 + 120 µs	DIN 45 513 Teil 5	-.-
1982-07	BB 4,75/4	3180 + 120 µs	DIN 45 513 Teil 6	-.-
1982-07	BB 4,75/4	3180 + 70 µs	DIN 45 513 Teil 7	-.-
1988-02	-.-	3180 + 70 µs	IEC 94 Teil 5	Compact-Cassette IEC II: BASF U 564 W
1995?	-.-	3180 + 70 µs	IEC 94 Teil 5	Compact-Cassette IEC IV: TDK MJ 507 A
1995-02	-.-	3180 + 120 µs	IEC 94 Teil 5	Compact-Cassette IEC I: BASF Y 348 M

Tabelle 38: Entzerrungs-Berechnung (alle Werte in dB)

Zeitkonstanten:	Studiobereich				Heimtonband / Cassette			
Höhen (µs)	17,5	35	50	70	70	90	120	140
Tiefen (µs)	∞	∞	3180	∞	3180	3180	3180	3180
Bezugsfrequenz (Hz)	1000	1000	1000	1000	315	315	315	315
31,5 Hz	0,05	0,20	5,87	0,77	5,44	5,50	5,60	5,47
40 Hz	0,05	0,20	4,49	0,77	4,06	4,12	4,22	4,09
63 Hz	0,05	0,20	2,52	0,76	2,10	2,15	2,25	2,11
125 Hz	0,05	0,20	1,04	0,75	0,61	0,65	0,74	0,59
250 Hz	0,05	0,19	0,54	0,72	0,09	0,11	0,15	-0,03
315 Hz	0,05	0,18	0,46	0,69	0,00	0,00	0,00	-0,21
500 Hz	0,04	0,15	0,34	0,56	-0,19	-0,26	-0,40	-0,72
1000 Hz	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,78	-1,17	-1,81	-2,48
2000 Hz	-0,15	-0,56	-1,04	-1,72	-2,51	-3,55	-5,02	-6,12
4000 Hz	-0,72	-2,28	-3,72	-5,35	-6,15	-7,84	-9,91	-11,26
6300 Hz	-1,65	-4,45	-6,52	-8,62	-9,41	-11,34	-13,59	-15,01
8000 Hz	-2,44	-5,92	-8,24	-10,50	-11,29	-13,29	-15,60	-17,03
10000 Hz	-3,39	-7,46	-9,96	-12,32	-13,11	-15,15	-17,49	-18,94
12500 Hz	-4,56	-9,12	-11,76	-14,18	-14,97	-17,05	-19,40	-20,86
14000 Hz	-5,22	-10,00	-12,69	-15,13	-15,93	-18,01	-20,38	-21,84
16000 Hz	-6,07	-11,06	-13,80	-16,27	-17,06	-19,16	-21,53	-22,99
18000 Hz	-6,87	-12,01	-14,78	-17,27	-18,07	-20,17	-22,55	-24,01
20000 Hz	-7,61	-12,88	-15,67	-18,17	-18,97	-21,08	-23,46	-24,92

Tabelle 39: Entzerrungs-Berechnung: Differenzwerte

Zeitkonstanten:	Studiobereich: $\tau = 35 \mu\text{s}$ vs. $\tau = 50 + 3180 \mu\text{s}$			Heimtonband: 9,53 cm/s vs. 19,05 cm/s (bzw. Standard vs. EE bei 9,53 cm/s)			Compact-Cassette: IEC I vs. IEC II / IV		
Höhen (μs)	35	50	Differenz	90	50	Differenz	120	70	Differenz
Tiefen (μs)	∞	3180	(dB)	3180	3180	(dB)	3180	3180	(dB)
Bezugsfrequenz (Hz)	1000	1000		315	315		315	315	
31,5 Hz	0,20	5,87	5,66	5,50	5,40	-0,09	5,60	5,44	-0,15
40 Hz	0,20	4,49	4,28	4,12	4,03	-0,09	4,22	4,06	-0,15
63 Hz	0,20	2,52	2,32	2,15	2,06	-0,09	2,25	2,10	-0,15
125 Hz	0,20	1,04	0,84	0,65	0,57	-0,08	0,74	0,61	-0,13
250 Hz	0,19	0,54	0,35	0,11	0,08	-0,03	0,15	0,09	-0,06
315 Hz	0,18	0,46	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
500 Hz	0,15	0,34	0,18	-0,26	-0,13	0,13	-0,40	-0,19	0,22
1000 Hz	0,00	0,00	0,00	-1,17	-0,46	0,70	-1,81	-0,78	1,03
2000 Hz	-0,56	-1,04	-0,48	-3,55	-1,51	2,04	-5,02	-2,51	2,51
3150 Hz	-1,50	-2,57	-1,07	-6,18	-3,03	3,15	-8,09	-4,68	3,41
6300 Hz	-4,45	-6,52	-2,07	-11,34	-6,98	4,35	-13,59	-9,41	4,18
8000 Hz	-5,92	-8,24	-2,33	-13,29	-8,71	4,58	-15,60	-11,29	4,31
10000 Hz	-7,46	-9,96	-2,51	-15,15	-10,43	4,73	-17,49	-13,11	4,38
12500 Hz	-9,12	-11,76	-2,64	-17,05	-12,22	4,83	-19,40	-14,97	4,43
14000 Hz	-10,00	-12,69	-2,69	-18,01	-13,15	4,86	-20,38	-15,93	4,45
16000 Hz	-11,06	-13,80	-2,74	-19,16	-14,26	4,90	-21,53	-17,06	4,47
18000 Hz	-12,01	-14,78	-2,77	-20,17	-15,25	4,92	-22,55	-18,07	4,48

Tabelle 40: Entzerrungs-Zeitkonstante vs. Geräuschspannungsabstand

gewünschte Entzerrung	Vorgegebene Entzerrungszeitkonstante						Lesebeispiel: Wenn die Entzerrung von $\tau = 70 \mu\text{s}$ auf $\tau = 50 \mu\text{s}$ geändert wird, wird der Geräuschspannungsabstand um 2,0 dB besser "++"-Zeichen zu lesen als "Geräuschspannungsabstand wird besser/höher" Zahlenmäßiger Unterschied bei Geräuschspannungsangabe nach CCIR-468-3 und IEC: ca. 12,5 dB Zahlenmäßiger Unterschied zwischen IEC (A-Filter bzw. NAB) und DIN 45 405 (RG ₀): ca. 8,5 dB
	17,5 μs	35 μs	50 μs	70 μs	90 μs	120 μs	
120 μs	-9,0 dB	-7,2 dB	-5,8 dB	-3,8 dB	-2,1 dB	+0,0 dB	
90 μs	-6,9 dB	-5,1 dB	-1, dB	-3,7 dB	+0,0 dB	+2,1 dB	
70 μs	-5,2 dB	-3,4 dB	-2,0 dB	+0,0 dB	+1,7 dB	+3,8 dB	
50 μs	-3,2 dB	-1,4 dB	+0,0 dB	+2,0 dB	+3,7 dB	+5,8 dB	
35 μs	-1,8 dB	+0,0 dB	+1,4 dB	+3,4 dB	+5,1 dB	+7,2 dB	
17,5 μs	+0,0 dB	+1,8 dB	+3,2 dB	+5,2 dB	+6,9 dB	+9,0 dB	

Tabelle 41: Spurbreite vs. Dynamik (berechnete Werte)

mm	0,60	1,00	1,10	1,75	2,00	2,20	2,75	4,75	6,30	Lesebeispiel: Wird eine 2,75 mm breite Aufzeichnung mit einem nur 2,0 mm breiten Wiedergabekopf abgetastet, gehen 1,38 dB der Dynamik verloren.
0,60	0,00	-2,22	-2,63	-4,65	-5,23	-5,64	-6,61	-8,99	-10,21	
1,00		0,00	-0,41	-2,43	-3,01	-3,42	-4,39	-6,77	-7,99	
1,10			0,00	-2,02	-2,60	-3,01	-3,98	-6,35	-7,58	
1,75				0,00	-0,58	-0,99	-1,96	-4,34	-5,56	
2,00					0,00	-0,41	-1,38	-3,76	-4,98	
2,20						0,00	-0,97	-3,34	-4,57	
2,75							0,00	-2,37	-3,60	
4,75								0,00	-1,23	
6,30									0,00	

Tabelle 42: Bandgeschwindigkeit in cm/s / m/min / m/h sowie Bandlänge für 30 / 45 / 60 min Spielzeit

Bandgeschwindigkeit in ...		
cm/s	m/min	m/h
2,4	1,44	86,4
4,76	2,86	171,4
9,53	5,72	343,1
19,05	11,43	685,8
38,1	22,86	1371,6
76,2	45,72	2743,2
77	46,20	2772,0
100	60,00	3600,0

Bandlänge für Spielzeit ...						
v (cm/s)	t (min)	Länge (m)	t (min)	Länge (m)	t (min)	Länge (m)
2,4	30	43,2	45	64,8	60	86,4
4,76	30	85,7	45	128,5	60	171,4
9,53	30	171,5	45	257,3	60	343,1
19,05	30	342,9	45	514,4	60	685,8
38,1	30	685,8	45	1028,7	60	1371,6
76,2	30	1371,6	45	2057,4	60	2743,2
77	30	1386,0	45	2079,0	60	2772,0
100	30	1800,0	45	2700,0	60	3600,0

Tabelle 43: Vorspannbänder und ihre Bedeutung in der professionellen Praxis ⁴¹⁵¹

Geschwindigkeit	Farbe / Farbfolge	Aufnahmeart	Ort
9,53 cm/s	grau	Mono	Bandanfang
9,53 cm/s	grau - weiß	Stereo	Bandanfang
19,05 cm/s	blau - weiß	Stereo	Bandanfang
19,05 cm/s	blau	Mono	Bandanfang
19,05 cm/s	blau - weiß - schwarz	Stereo + Timecode	Bandanfang
38,1 cm/s	rot - weiß	Stereo	Bandanfang
38,1 cm/s	rot	Mono	Bandanfang
38,1 cm/s	rot - weiß - schwarz	Stereo + Timecode	Bandanfang
76,2 cm/s	weiß	Mono	Bandanfang
76,2 cm/s	weiß-schwarz	Stereo	Bandanfang
Alle	gelb	Mono und Stereo	Bandanfang, Trennung, Ende

Informationsgrafiken

Die hier gezeigten Grafiken geben wertvolle Hinweise vor allem für die Archivierung bzw. für Migrationsvorbereitungen für Aufzeichnungen auf Magnetband. Genauer ist in der einschlägigen Fachliteratur zu finden.

Abbildung 776: Zur Veranschaulichung der Folgen von Azimut-Fehlern. Gezeigt ist eine Wellenlänge der Aufzeichnung auf Magnetband sowie der Spalt des Wiedergabekopfs.

(LINKS): Das Optimum ergibt sich nur bei einwandfreier Senkrechstellung des Wiedergabekopf-Spalts.

(RECHTS): Der Extremfall der Azimutverluste: der Magnetkopfspalt steht gewissermaßen „diagonal“ über der Aufzeichnung einer Wellenlänge; die Feldlinien verlaufen am oberen Spurrand entgegengesetzt zu denen am unteren, daher ist die Wiedergabespannung hier gleich Null (das gilt genau genommen nur für die aktuelle Wellenlänge).

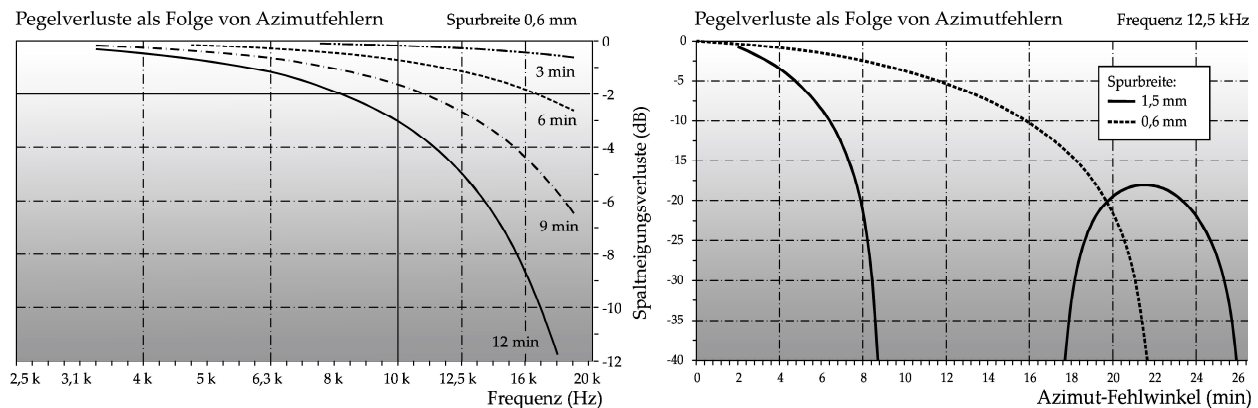
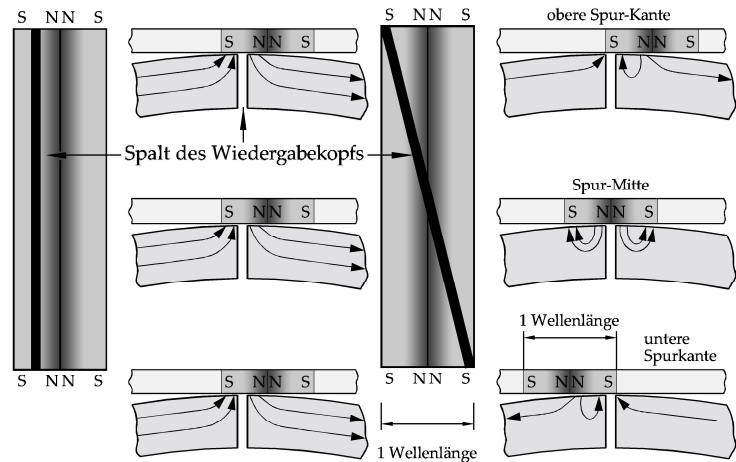


Abbildung 777: Die Auswirkung verschiedener Fehlwinkel der Wiedergabekopf-Spaltstellung auf den Frequenzgang. Bereits scheinbar geringe Spaltschiefstellungen erzeugen bei niedrigen Bandgeschwindigkeiten erhebliche Pegelverluste. Breite Spuren sind dabei kritischer als schmale. So erklärt sich, warum sich beim „Zusammenschalten“ von Stereo-Spuren Azimut-Fehler besonders stark bemerkbar machen.

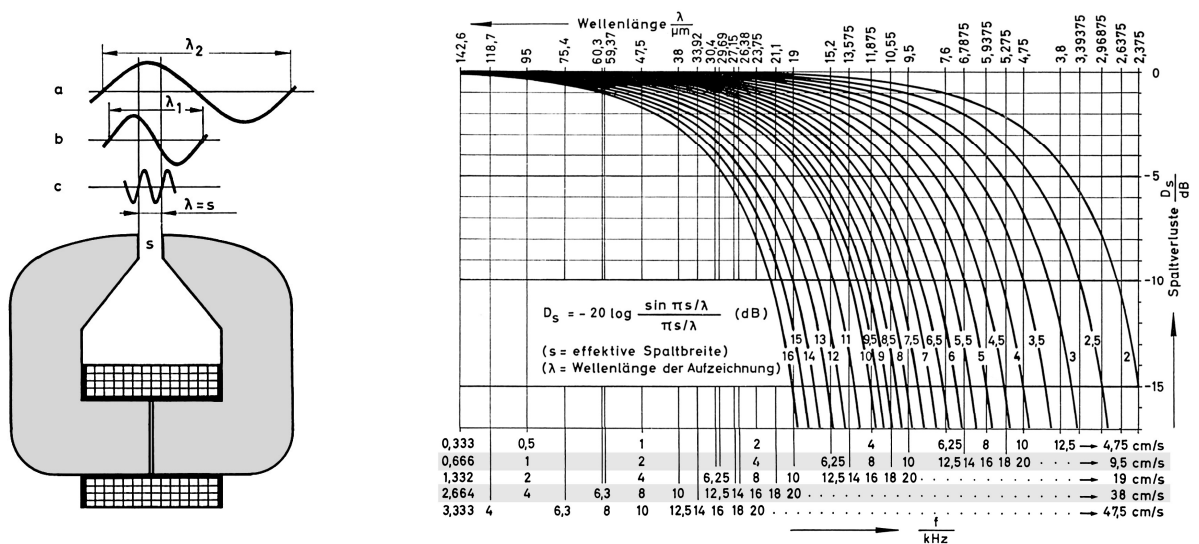


Abbildung 778: Die Spaltbreite des Wiedergabekopfs begrenzt die kürzeste Wellenlänge, die ohne kritische Verluste abgetastet werden kann. Im Allgemeinen muss die Spaltbreite so gewählt werden, dass bei der oberen Frequenzgrenze keine Verluste über etwa 3 dB entstehen. Kritisch sind insbesondere hohe Frequenzen, also kurze Wellenlängen, bei niedrigen Bandgeschwindigkeiten.

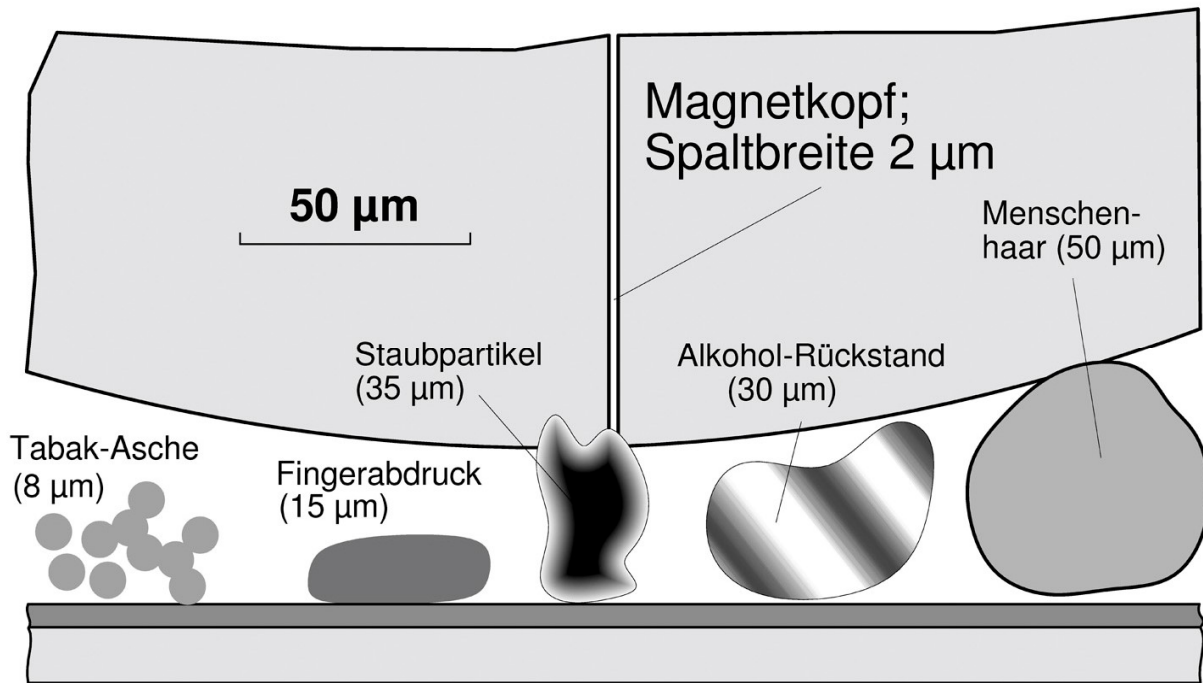


Abbildung 779: Gängige Schmutz- und Staubeilchen auf der Bandoberfläche können teils drastische Ausfällen des Wiedergabesignals zur Folge haben, selbst bei der relativ unkritischen Audioaufzeichnung mit höheren Bandgeschwindigkeiten.

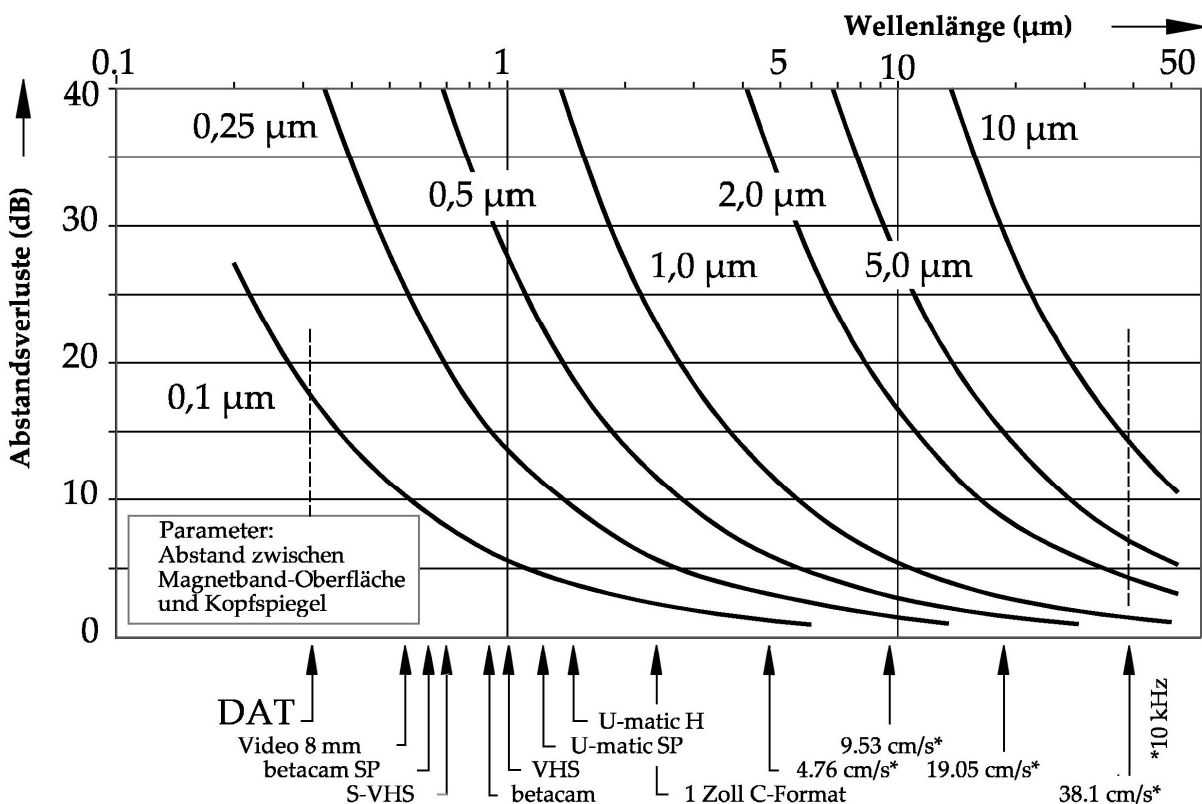


Abbildung 780: Je kürzer die Wellenlänge, desto deutlicher wirken sich Verschmutzungen aus; insbesondere bei Video- und Digitalaufzeichnungen ist daher peinliche Sauberkeit, auch im Umgang („handling“) mit den Aufzeichnungsträgern, oberstes Gebot.

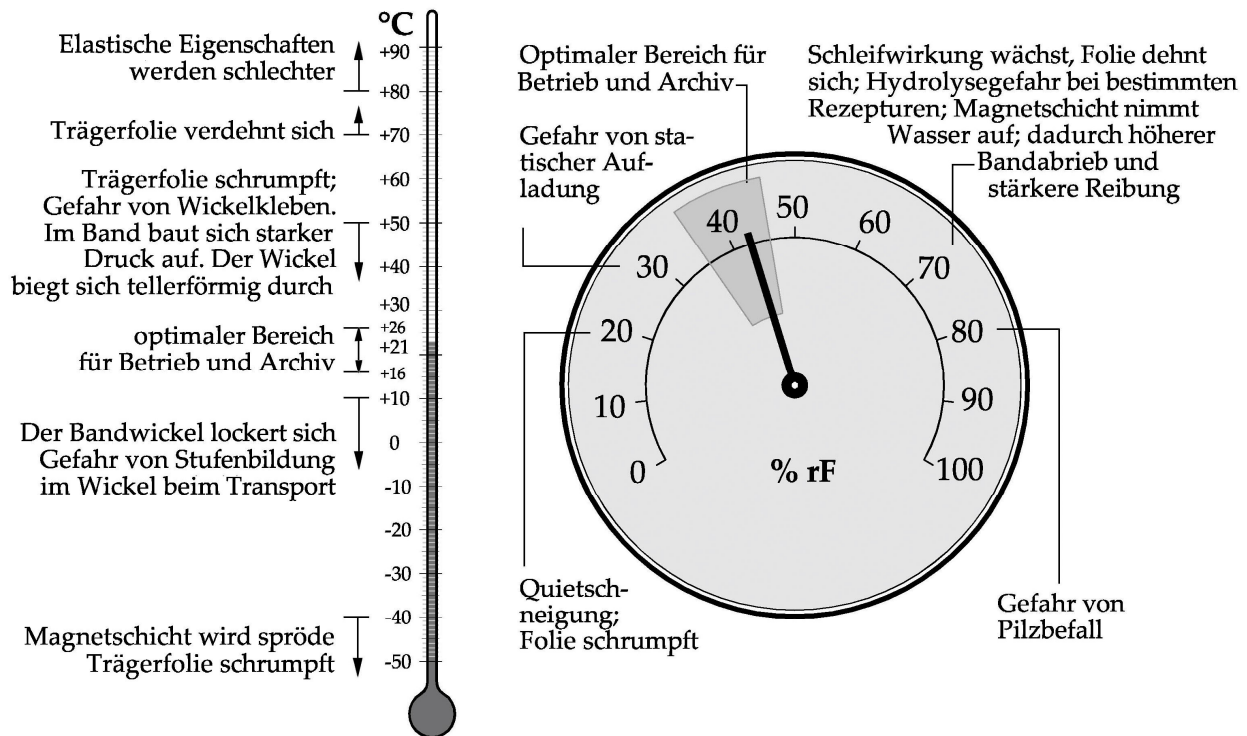


Abbildung 781: Die Einflüsse von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Betriebseigenschaften von Magnetbändern – besonders wichtig für die Langzeitlagerung und sichere Archivierung von Audio-, Video-, Digital- und Computer Magnetbändern auf Spule und in Kassetten.

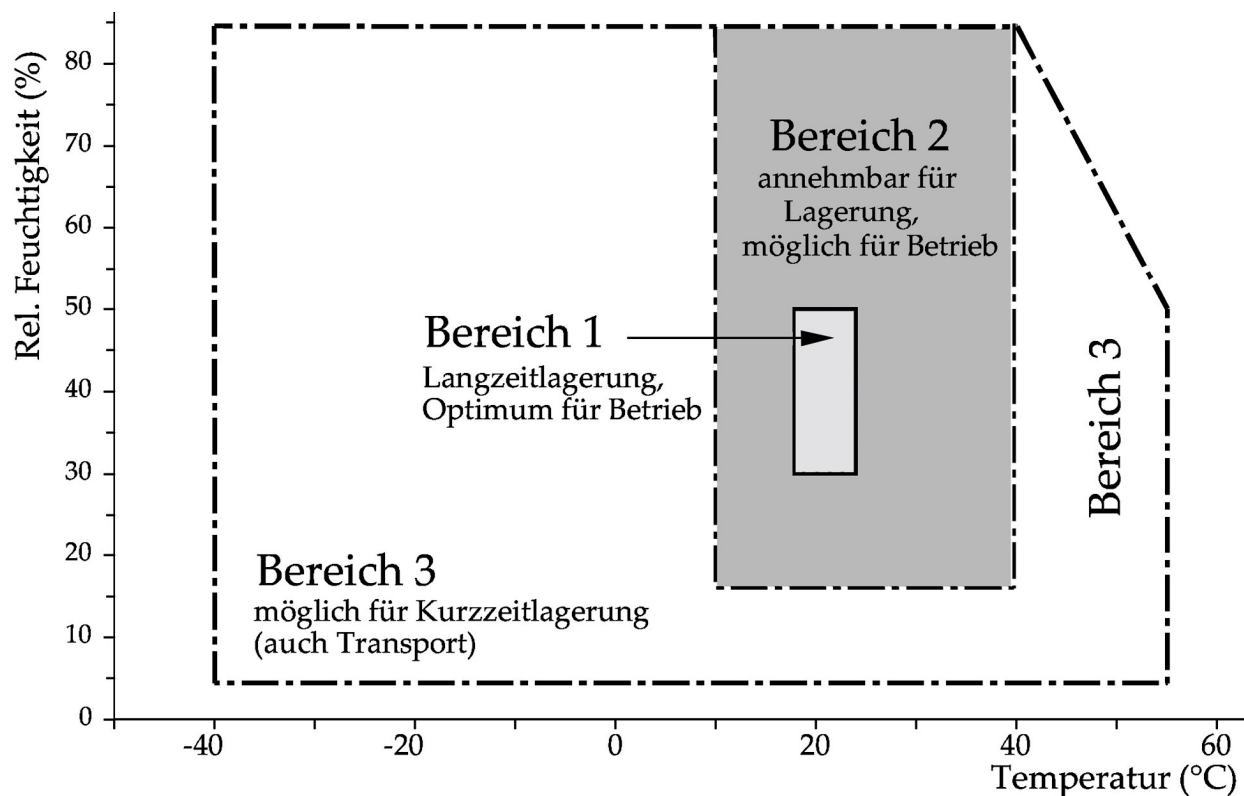


Abbildung 782: Drei Temperatur-Luftfeuchtigkeits-Bereiche für unterschiedliche Lagerungszeiten, Betrieb und Transport von Magnetbändern

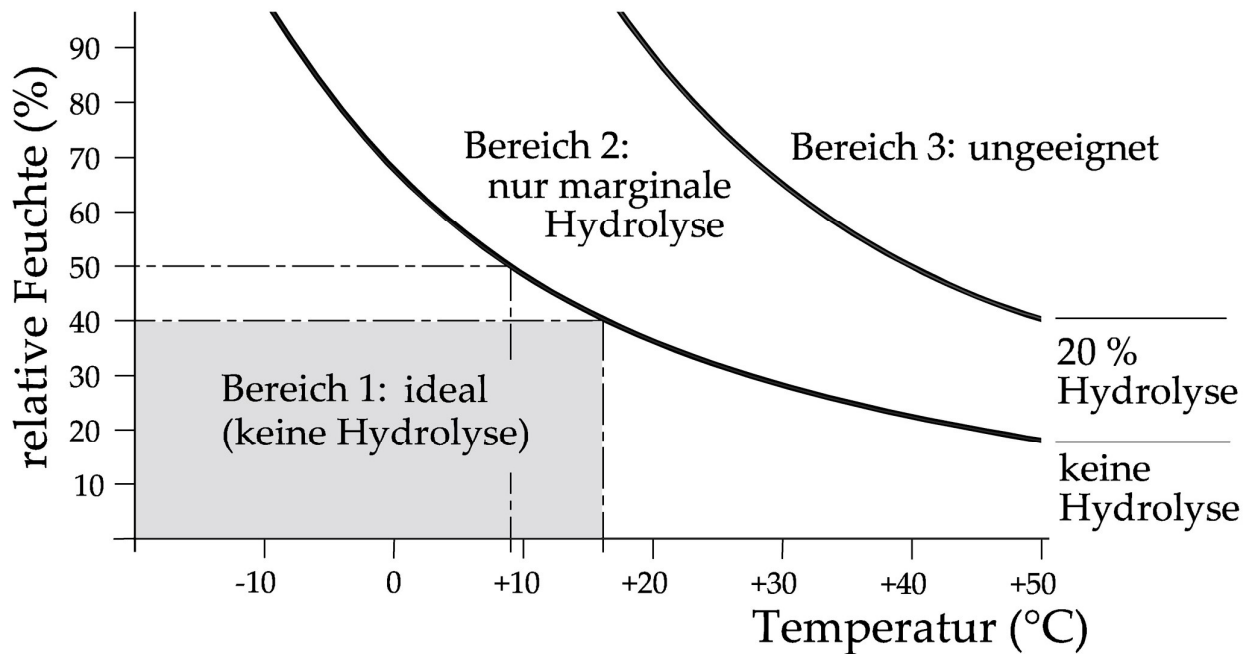


Abbildung 783: Bestimmte Polyurethane, die als Bindelacke von Magnetbändern eingesetzt wurden, neigen unter ungünstigen Lagerungsbedingungen zu hydrolytischer Zersetzung des Magnetschicht-Bindemittels. Vorbeugung ist durch Lagerung unter optimalen Temperatur-Feuchte-Bedingungen möglich. – Hydrolytisch zersetzte Bindelacke schmieren beim Abspielen die Wiedergabekopf-Spiegel derart zu, dass es zu erheblichen Laufproblemen (bis zum Bandstillstand) und deutlichen Pegelverlusten des Wiedergabesignals kommt. BASF-Magnetbänder zeigen keine Hydrolyse, beim Agfa-Studioband PEM 468 waren einige wenige Chargen betroffen. Bestimmte Magnetbänder aus USA-Produktion zeigten bei weitem stärkere Schäden.

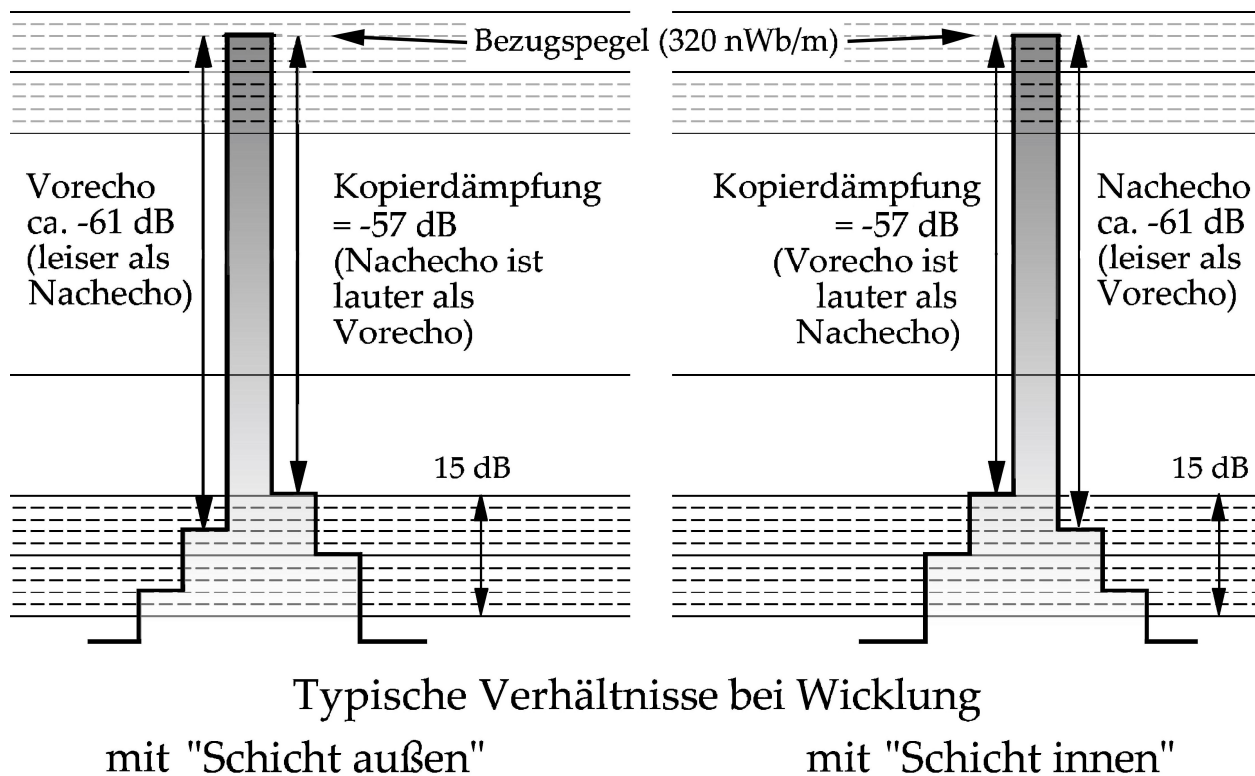


Abbildung 784: Kopierdämpfung: Pegelverhältnis Vor- zu Nach-Echo. Die (etwas idealisierte) Grafik zeigt den „Pegelschrieb“ der Wiedergabe einer Prüfaufzeichnung mit Bezugspegel (hier 1 kHz, 320 nWb/m, Länge knapp einer Bandwindung entsprechend). Die Pegel der Vor- und Nachechos unterscheiden sich bei diesem typischen Rundfunkband um etwa 4 dB. Die für den Rundfunkbetrieb in Deutschland typische Wicklung mit „Schicht außen“ wurde nicht zuletzt wegen der etwas geringeren Störwirkung des Vorechos gewählt.

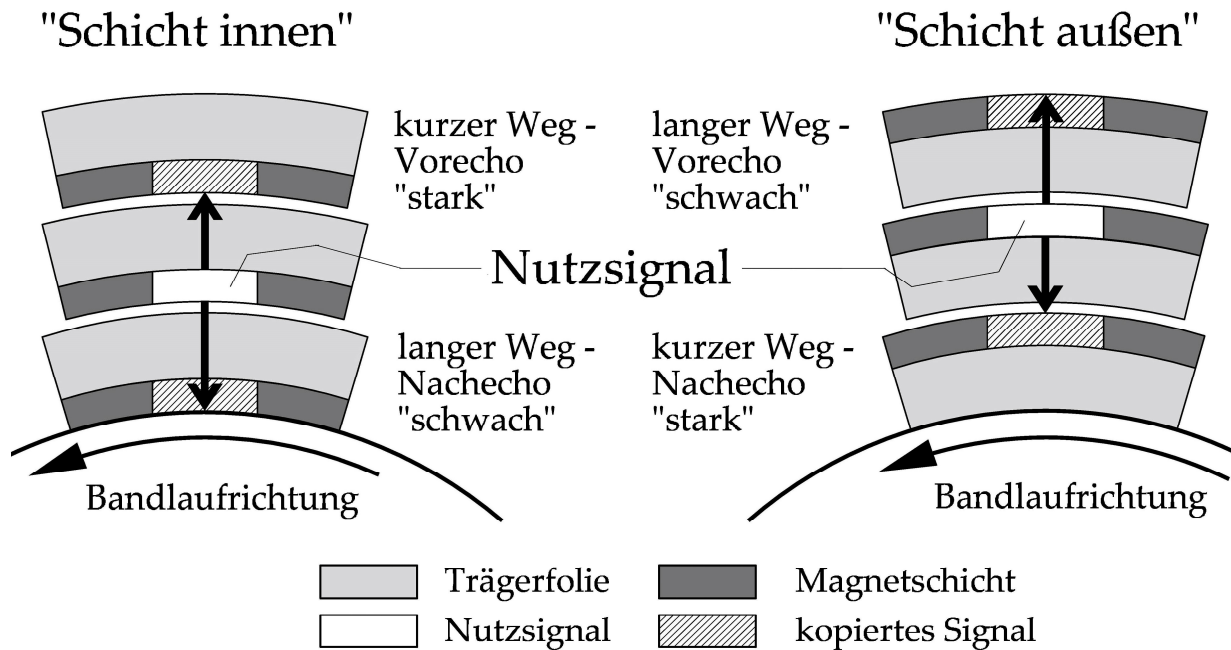


Abbildung 785: Die Erklärung für die unterschiedlichen Stärken von Vor- und Nachecho beim Kopiereffekt: je nachdem, wie lang der „Weg“ ist, den das Magnetfeld der Kopiersignale zu durchlaufen hat (immer von der nächstliegenden Schicht-Außenfläche aus betrachtet!), ist das Störsignal stärker oder schwächer. Bei Studio- und Rundfunkbändern macht der Unterschied etwa 4 dB aus.

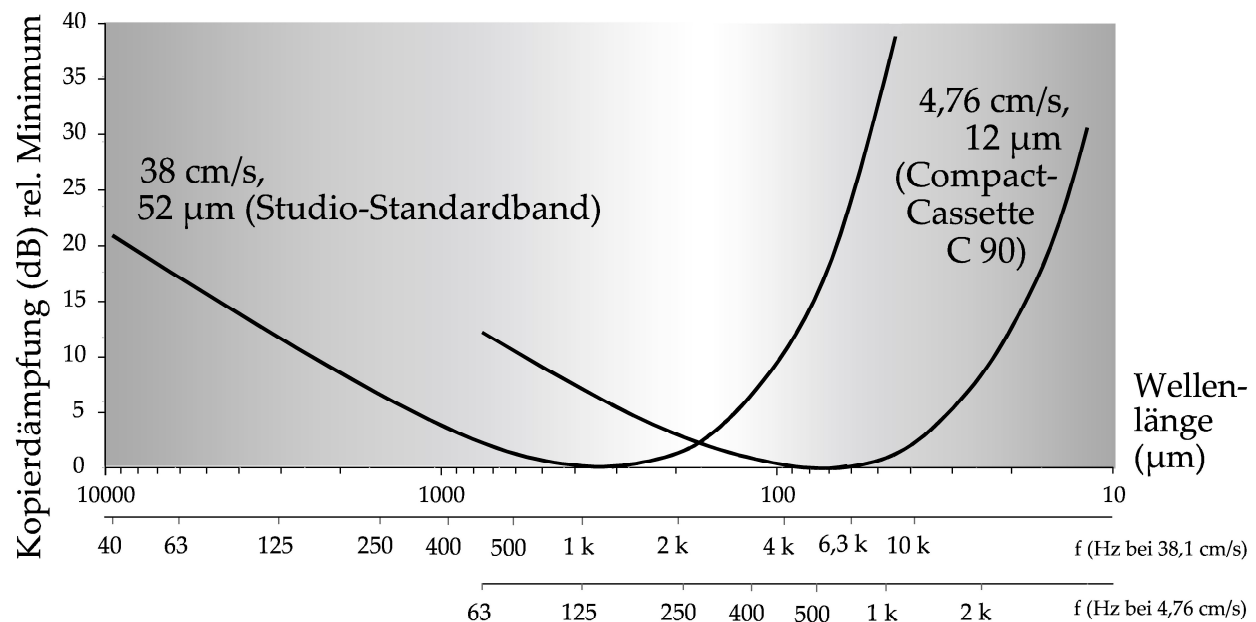


Abbildung 786: Der Kopiereffekt ist nicht bei allen Frequenzen – genauer: Wellenlängen – und Banddicken gleich groß, vielmehr liegt sein Maximum bei einer Wellenlänge, die von der Gesamtdicke D des Magnetbandes nach der Beziehung $\lambda_{\max} = 2 \pi \cdot D$ abhängt. Fatalerweise ist der Kopiereffekt bei allen gebräuchlichen Tonband-Dicken etwa im Gebiet der größten Gehörsempfindlichkeit am stärksten. – Die Grafik zeigt nur die physikalisch bedingte Abhängigkeit der Kopierdämpfung von der Wellenlänge, nicht ihren tatsächlichen Wert, der maßgeblich von den Eigenschaften der Magnetschicht bestimmt wird.

Kopierdämpfung in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur

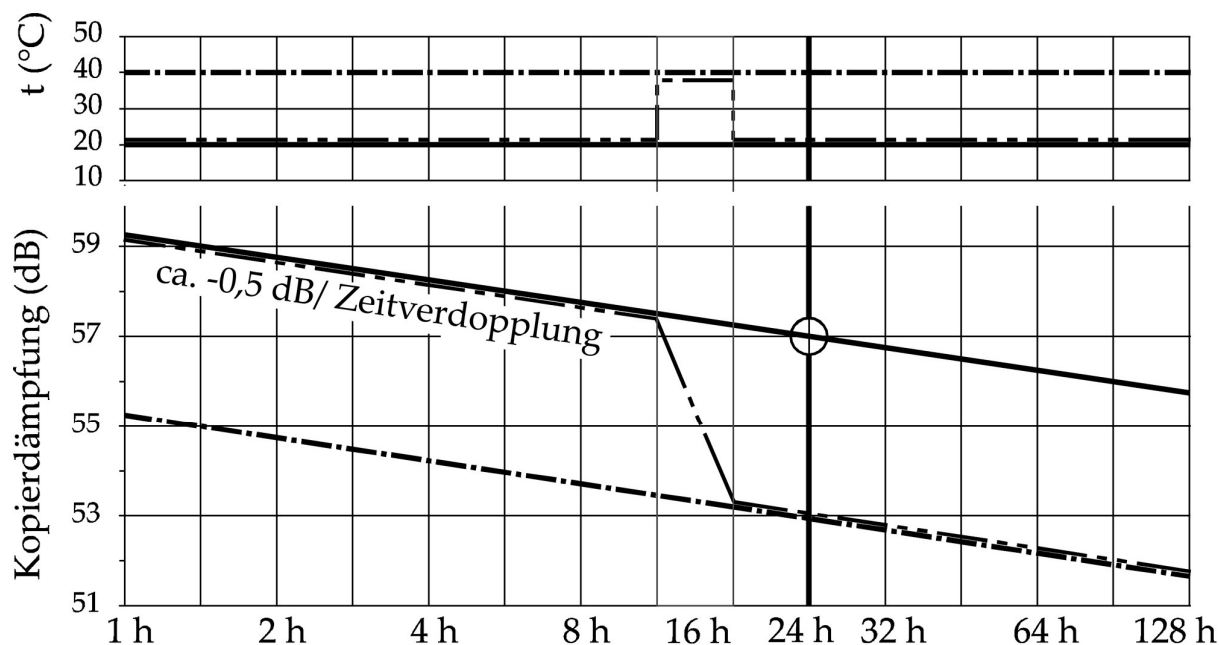
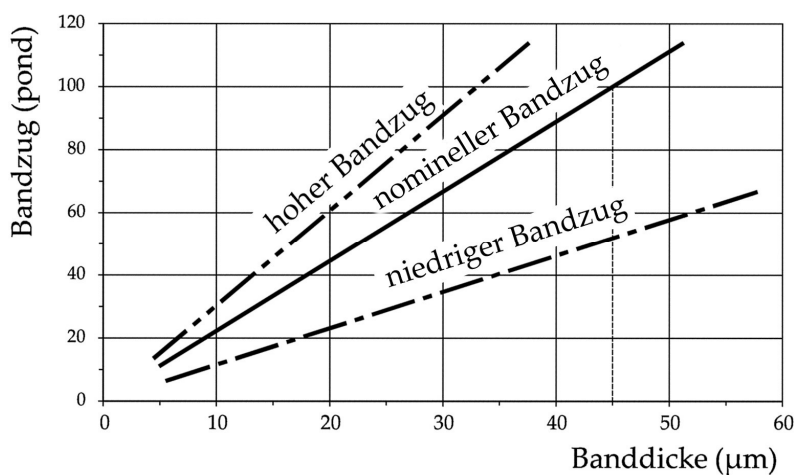


Abbildung 787: Kopierdämpfung in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur (obere Grafik: Temperaturverlauf)
Die Kopierdämpfung nimmt mit längerer Lagerungszeit ab (bzw. der Kopiereffekt nimmt entsprechend zu). Gemessen und in Datenblättern angegeben wird die Kopierdämpfung nach 24 Stunden Lagerung bei 20 °C. Mit jeder Verdoppelung der Lagerzeit nimmt der Kopiereffekt um ca. 0,5 dB zu – das heißt aber auch, dass die Kopierdämpfung erst nach rund 2.000 Jahren um 10 dB abgenommen haben wird! Wesentlich kritischer sind dagegen höhere Lagertemperaturen oder auch nur relativ kurzzeitige Temperatur-Spitzen: ein etwa vier Stunden langer Temperatur-Anstieg um 20 °C verringert die Kopierdämpfung um nicht weniger als 4 dB. ⁴¹⁵²

Abbildung 788: Je nach Banddicke (genauer: Trägerfolien-Stärke) sind beim Betrieb der Magnetbänder unterschiedliche starke Bandzugswerte einzuhalten. Studiobänder sind ca. 50 µm dick, Langspielbänder ca. 35 µm, Doppelspielbänder 26 µm, Dreifachspielbänder 18 µm, Compact-Cassetten-Bänder zwischen 18 µm und 9 µm, Endverbraucher-Videobänder sind zwischen 18 µm und 12 µm dick.

Daraus folgt auch, dass Endverbraucher-Tonbandgeräte für den Betrieb mit Studio-Magnetband im Allgemeinen nicht geeignet sind, umgekehrt sind Lang- und Doppelspielbänder auf Studiogeräten nur mit angepasstem Bandzug verwendbar.



Sichtbar gemachte Aufzeichnungen auf Magnetband

Die 6,3 mm breiten Bandabschnitte sind in fünffacher Vergrößerung dargestellt. (Aufnahmen: Peter Ruhrberg)

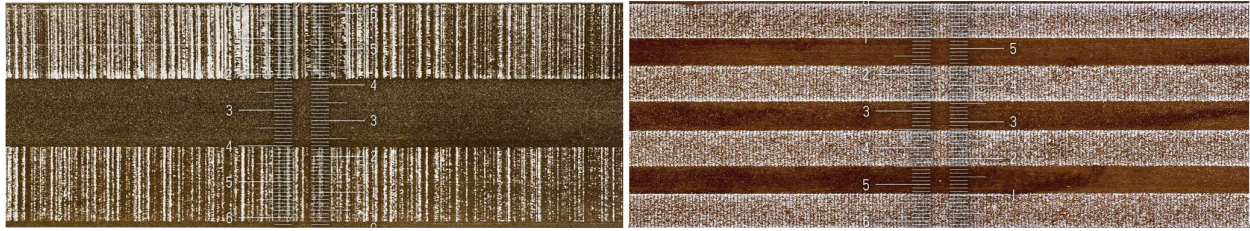


Abbildung 789: links Halbspur-Aufzeichnung, Spurbreite 2 mm, rechts Viertelspur-Aufzeichnung, Spurbreite 1 mm. Die Spuraufteilung ist nicht kompatibel, das heißt beispielsweise, Viertelspuraufzeichnungen können nicht auf einem Halbspurgerät wiedergegeben werden

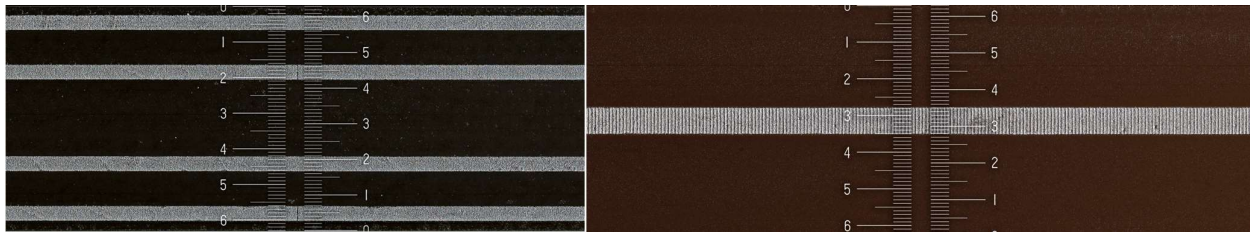


Abbildung 790: Spurbilder von zwei Aufzeichnung des ARD-Betriebs-Bezugsbands (Abbildung 405). (LINKS) die Aufzeichnungen zur Azimutkontrolle, (RECHTS) die 0,75 mm breite Trennspuraufzeichnung zur Kontrolle der Kopfhöhe und ggfs. der Timecode-Spur

Literaturhinweise

Die folgenden Literaturhinweise können und sollen keineswegs vollständig sein, sondern fachlich Interessierten einen qualifizierten Zugang erlauben – in den hier genannten Publikationen finden sich zum Teil umfangreiche eigene Quellenverzeichnisse, die auch detailliertere Recherchen ermöglichen dürften. Nicht berücksichtigt sind Fachzeitschriften. – Die Nennung erfolgt chronologisch (nach Erscheinungsjahr).

von Braunmühl, Hans Joachim und Weber, Walter, Einführung in die angewandte Akustik, S. Hirzel, Leipzig 1936
N. N. (Raynor, C. Kenneth?), German Magnetic Tape Recorder Tonschreiber Models b and b1, Enemy Equipment Intelligence Service; PB 1027, 1944-12-21, Library of Congress, Washington D.C.

Hansell, C.W.; DeBell, J.M.; Goggin, W.C.; Gloor, W.E., Report On The Magnetophone, CIOS Report C-59 (auch TIIC C 59 und PB 1346), June - August 1945

White, D. R. und Rose, C. E., Report on Interviews with Technical Personnel From the AGFA Plant At Wolfen, FIAT Final Report No 355 (PB 1312), 1945-08-08 ... 11

N. N. (Menard, James Z.), German Sound Recording, Technical Liaison Division, Headquarters, Theater Service Forces, European Theater, PB-3565, SIG INTEL SRM-1, 1945-11-25

DeBell, John, Gloor, Walter E., Goggin, William C., German Plastics Practice, PB 10279, o.D. (ca. 1945-11)

Payne, E.M. (EMI), Pulling, M.J.L. (BBC), Parker, H.E. (MSS), Sound Recording, Reproducing and Other Electro-Acoustic Targets, BIOS Final Report No. 1176, o.D. (ca. 1945-12)

Menard, James Z., High Frequency Magnetophon Magnetic Sound Recorders, FIAT Final Report No. 705, January 1946

Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03

Crawford, J.W.C., Wooler J. und Berth-Jones, E.W., Plastics in German Sound Recording Systems, BIOS Final Report No. 1379: o.D. (ca. 1946-07)

Augustin, Ernst, Russisches Technisches Büro für Kinematographie in Deutschland, Bericht zum Thema 16 für 1947 Teil 2: Untersuchung der in Deutschland entwickelten elektro-magnetischen Methode der Tonaufzeichnung (Magnetophon) und ihre Verwendung in der Kinematographie, Potsdam-Babelsberg, 1947

Ranger, Richard H., Further Studies In Magnetophones And Tapes, FIAT Final Report No. 923 (PB 79558), 1947-05-13

Begun, Semi Joseph, Magnetic Recording, Rinehart & Company, Inc., Technical Division, New York 1949 (Fifth Printing 1954)

Krones, Friedrich, Die magnetische Schallaufzeichnung in Theorie und Praxis, Technischer Zeitschriftenverlag B. Erb, Wien 1952

Kluth, Heinrich, Tönende Schrift, Orion-Buch Nr. 51, Franzis-Verlag München 1953

Greiner, Joachim, Der Aufzeichnungsvorgang beim Magnettonverfahren mit Wechselstromvormagnetisierung, VEB Verlag Technik Berlin 1953

Altrichter, Ernst, Das Magnetband, Verlag Technik Berlin und Berliner Union, Stuttgart 1958

Mittelstrass, Karl August, Das Agfa-Magnettonband, 2., neubearbeitete Auflage, Fotokino Verlag Halle 1958

Winckel, Fritz (Hg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960 sowie die zweite, neu bearbeitete Auflage 1977 unter gleichem Titel

Schröder, Heinrich, Tonbandgeräte-Meßpraxis, Franck'sche Verlagshandlung Stuttgart, 1961

Mittelstrass, Karl August, Magnetbänder und Magnetfilme, 87 Seiten, VEB Verlag Technik 1965

Kauzmann, Gerd, Magnetische Bildaufzeichnung, Franck'sche Verlagshandlung Stuttgart, 1965

Völz, Horst, Grundlagen der magnetischen Signalspeicherung, Band 1, Akademie-Verlag Berlin 1968 (und die weiteren Bände 2 bis 4)

Christian, Ernst, Magnettontechnik – Leitfaden der magnetischen Schallaufzeichnung; Franzis-Verlag München, 1969

Engel, Friedrich, Schallspeicherung auf Magnetband, Agfa-Gevaert AG, 1975 (<https://www.yumpu.com/de>)

Zimmermann, Paul, Magnetbänder - Magnetpulver – Elektroden; BASF Ludwigshafen, Schriftenreihe des Firmenarchivs; 1969 (behandelt Magnetspeicher nur in größerem Zusammenhang)

Lafferty, William Charles, Jr., The Early Development of Magnetic Sound Recording in Broadcasting and Motion Pictures, 1928-1950, Dissertation 1981

Bruch, Walter, Von der Tonwalze zur Bildplatte, Teil 2, Franzis Verlag München 1983

- Camras, Marvin, Magnetic Tape Recording, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1985, ISBN 0-442-21774-9
1985 (zahlreiche Reprints von Fachartikeln und Patenten von Oberlin Smith bis zur Einführung der Digitaltechnik)
- Rindfleisch, Hans, Technik im Rundfunk, Institut für Rundfunktechnik München 1985 (Hg.), Mensing GmbH + Co. KG, ISBN 3-87533-005-8
- Thiele, Heinz (Hg.), 50 Jahre Stereo-Magnetbandtechnik, Audio Engineering Society, New York, 1993
- Dickreiter, Michael, Handbuch der Tonstudioteknik Band I, Saur München, 6., verbesserte Auflage 1997; ISBN-10: 3598113218 / ISBN-13: 978-3598113215
- ders., Handbuch der Tonstudioteknik Band II, Saur München, 6., verbesserte Auflage 1997; ISBN-10: 3598113226, ISBN-13: 978-3598113222
- Strunk, Peter, Die AEG. Aufstieg und Niedergang einer Industriegigante, 263 Seiten, Nicolai'sche Verlagsbuchhandlung 1999, ISBN-10: 3875848632 / ISBN-13: 978-3875848632
- Clark, Mark, ed., Magnetic Recording: The Ups and Downs of a Pioneer / The Memoirs of Semi Joseph Begun, Audio Engineering Society, New York, 2000; ISBN No. 0-937803-42-1
- Holenstein, Peter, Die sprechenden Maschinen, 448 Seiten, 3. Auflage, Oesch Verlag 2001; ISBN-10: 3858337889 / ISBN-13: 978-3858337887
- Polzer, Joachim (Hg.), Aufstieg und Untergang des Tonfilms, Weltwunder der Kinematographie, Ausgabe 6, Polzer Media Group Potsdam, 2002
- ders., Die TED Bildplatte. Methodology for preserving the audiovisual program repertoire heritage of the German TED videodisk system. Dissertation, Akademie der Darstellenden Künste in Prag (AMU/FAMU), Prag 2010 (engl.; tschechische Übersetzung; dt. Anhang)
- Begun, Semi Joseph, Magnetic Recording: The Ups and Downs of a Pioneer, hrgs. von Mark Clark, Audio Engineering Society New York; ISBN No. 0-937803-42-1, 2000
- Kuper, Gerhard, Eduard Schüller und seine Magnetophone – Telefunken in Wedel (1955 - 1964), Sonderausgabe 2004 zum zehnjährigen Publikations-Jubiläum der Weltwunder der Kinematographie, 66 Seiten, broschiert, ISBN 4-934535-25-9
- Abelshäuser, Werner (Hg.), Die BASF - Von 1865 bis zur Gegenwart. Geschichte eines Unternehmens, 610 Seiten, 2. Auflage, Beck, 2003; ISBN-13: 9783406495267 / ISBN-10: 3406495265
- Schmidt, Ulrich, Professionelle Videotechnik: Analoge und digitale Grundlagen, 789 Seiten, Springer, Berlin; 4. aktualisierte und erweiterte Auflage; 2005; ISBN-10: 3540242066 / ISBN-13: 978-3540242062
- Pötschke, Ingo, Geschichte der Fonoindustrie der DDR: Vom Plattenspieler über das Tonband zur Kassette, Funk-Verlag Hein 2006, ISBN-13: 978-3936124194
- Mahler, Gerhard, Die Grundlagen der Fernsehtechnik: Systemtheorie und Technik der Bildübertragung, Springer, Berlin 2006; ISBN-10: 3540219005; ISBN-13: 978-3540219002
- Webers, Johannes, Handbuch der Tonstudioteknik: Analoges und digitales Audio Recording bei Fernsehen, Film und Rundfunk; Franzis Verlag 2007, ISBN-10: 3772354297; ISBN-13: 978-3772354298
- ders., Handbuch der Film- und Videotechnik, 716 Seiten, Franzis; 8., neu bearbeitete und erweiterte Auflage, 2007; ISBN-10: 3772354505 / ISBN-13: 978-3772354502
- Flader, Andreas und Remmers, Peter, Die Geschichte der Uher-Werke München; Funk-Verlag Hein e.K., 2008; ISBN 978-3-939197-19-5
- Schellin, Roland, Minifon - Der Spion in der Tasche, Verlag Rüdiger Walz, 2001, ISBN-10: 3936012008 / ISBN-13: 978-3936012002
- ders., STELLAVOX Voice of the Stars - Die Stimme der Sterne, Funk Verlag Bernhard Hein E. K., 2005, ISBN 3-936124-80-9
- ders., Federwerktonbandgeräte / History of clock-work-driven tape recorders, Funk Verlag Bernhard Hein E. K., 2009; ISBN-10: 3939197203 / ISBN-13: 978-3939197201
- ders., Magnetophon, AEG-Universalgerät für Tonaufnahme und -wiedergabe, Funk Verlag Bernhard Hein e.K., 2016; ISBN 978-939197-96-6
- Burkowitz, Peter K.: Die Welt des Klangs; Fachverlag Schiele & Schön GmbH, letzte Ausgabe 2011, ISBN 978-3-7949-0794-6
- ders., Lebensbilanz: 80 Jahre Klangaufzeichnung, Polzer Media Group GmbH, 2012; ISBN-13: 978-3-934535-30-5
- Lang, Jürgen Karl, Das Compact Disc Digital Audio System: ein Beispiel für die Entwicklung hochtechnologischer Konsumelektronik, Dissertation an der RWTH Aachen (1996), erschienen 2012; <http://publications.rwth-aachen.de/record/95066/files/3940.pdf> [2019-10-10]
- Zielinski, Siegfried, Zur Geschichte des Videorecorders (hg.: Joachim Polzer), Buchverlag der Polzer Media Group Potsdam, 2018, ISBN-13: 978-3934535299

NACHSPANN

Danksagungen und Nachweise

Es war verlockend, diese Arbeit um eine Blütenlese aus unhaltbaren Kolportagen, verschrobenen Perspektiven oder ignoranten bis obskuren Klatschgeschichten zu bereichern, die allzu oft als tatsachengetreue Darstellungen der Magnetspeicher-Entwicklung durchgegangen sind. Um nicht selbst Beiträge zu dieser Kategorie beizusteuern, haben wir strikt darauf geachtet, nur Zeitzeugen und verlässliche Quellen heranzuziehen (was auch den Umfang der Anmerkungen und der Quellennachweise erklärt), was freilich nicht davor schützt, in bestimmter Absicht abgefasste Dokumente für bare Münze zu nehmen und so unfreiwillig die Legendenbildung zu fördern. *Quod non in actis, non est in mundo*: wo kein Schriftstück, können manche Entwicklungsschritte nicht dokumentiert werden. Deshalb haben wir, wo möglich, den Dokumentenbestand mit eigenen Interviews von Zeitzeugen ergänzt, und dafür auch „oral history“-Aufzeichnungen von Heinz Thiele und Peter Hammar benutzt. Allzu oft zeigt sich hierbei – wie auch in Fachzeitschriftenbeiträgen, Rundfunksendungen und dergleichen –, dass die verblassende Erinnerung nach fünfzig und mehr Jahren selbst dem Gutwilligen oft absurde Streiche spielt. Falls Sachkundige auf solche Unvollkommenheiten und Irrtümer stoßen, hoffen die Verfasser auf Verständnis.

Bei der Arbeit an diesem Text, dessen Vorarbeiten bis ins Jahr 1984 zurückgehen, sind die Verfasser mit vielen hilfsbereiten, technisch wie historisch interessierten Persönlichkeiten zusammen getroffen, denen sie mit der namentlichen Nennung nur geringen Dank abstatten können. An erster Stelle soll Zeitzeugen der frühen Magnetspeicher-Entwicklung gedankt werden, von denen **Friedrich Engel** wertvollste Auskünfte und Schilderungen „aus erster Hand“ erhalten hat:

Dr. Semi J. Begun; Dr. Friedrich Bergmann; Peter K. Burkowitz, Dipl.-Phys. Dietrich Gipp (früher AEG-Telefunken Konstanz); Dipl.-Ing. Georg Huber; Dipl.-Ing. Franz Christian Jarzyk; Dipl.-Ing. Günter Kieß (früher MWA GmbH); Ing. Hellmut Krüger (früher RRG / SFB); Dr.-Ing. Erwin Lehrer; John T. Mullin; Dr. Rudolf Robl von seiner Tochter, Frau Johanna Robl; Dr. Hans Seiberth (früher Prüfstelle Magnetophon der BASF AG); Dr. Wolfgang Sichardt; Dipl.-Ing. Kurt Siebenhüner; Dipl.-Ing. Heinz Thiele; Frau Ingrid Vollmer; Dr. Walter Weber von seinem Sohn, Dr. Jörg Weber; und zahlreiche Unikate von Ing. Hans Westpfahl (früher AEG-Magnetophon-Team).

Ohne Mithilfe der sachkundigen Mitarbeiter von Museen und Archiven wäre die vorliegende Publikation nicht zu erstellen gewesen:

Dr. Susan Becker (Unternehmensarchiv der BASF SE Ludwigshafen); Martin Berner (Studer Professional Audio GmbH); Friedrich Dethlefs (Deutsches Rundfunkarchiv Frankfurt); Franz Dokulil (Österreichisches Tonband-Museum); D.Ch. Erhard Finger (früher Betriebsarchiv der Filmfabrik Wolfen); Michael Frings (Bayer-Archiv Leverkusen); Frau Ruth Fromm (früher Unternehmensarchiv der BASF); Jay F. Gandy (Oberlin Smith Society, Bridgeton, NJ, USA); Rainer Gierth (Museum für Kommunikation Frankfurt); Dipl.-Archivar Manfred Gill (früher Betriebsarchiv der Filmfabrik Wolfen); Dipl.-Ing. Albrecht Häfner (früher Archiv des Südwestrundfunks, Olpe); Peter Hammar (Gründungs-Kurator des Ampex-Museums Redwood City); Joseph Hoppe (Deutsches Technik-Museum Berlin); Dipl.-Soz. Arb. Bernd Kießling (Technoseum – Landesmuseum für Technik und Arbeit, Mannheim); Mag. rer. pol. Markus G. Koch (Infraserv Gendorf); Frau Ute Korndörfer, Bibliothekarin am Sächsischen Industriemuseum Chemnitz; Dipl.-Ing. Peter A. Leitmeyr (Deutsches Museum München; Dr. Lothar Meinzer (früher Unternehmensarchiv der BASF SE); Dr. Thomas Nußbaumer (Mozarteum Salzburg, Außenstelle Innsbruck); Dr. Reiner Oelsner (früher Landesmuseum für Technik und Arbeit, Mannheim); Ingo Pötschke (Gesellschaft der Freunde der Geschichte des Funkwesens GFGF); Frau Sabine Rittner (Historisches Archiv des Bayerischen Rundfunks); Dipl.-Tonmeister Peter Ruhrberg; Roland Schellin; Jörg Schmalfuß (Deutsches Technik-Museums Berlin, Archiv); Robert Schrott (Studer Professional Audio GmbH); Dr. Dietrich Schüller und Frau Dr. Nadja Wallaszkovits (Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien); Frau Annette Wolpert (früher Unternehmensarchiv der BASF SE); Jörg Wyrchow (Deutsches Rundfunkarchiv Frankfurt/Main (DRA))

Aufschlußreiche Beiträge, Präzisierungen und Hinweise sind früheren Mitarbeitern der Agfa- und der BASF-Magnetbandproduktion zu verdanken:

El.-Ing. Wilhelmus Andriessen; Dipl.-Ing. Ontje Arpe; Dipl.-Ing. Klaus Götz; Dipl.-Ing. Dietmar Hübner; Dipl.-Ing. Wolfgang Martiny; Dipl.-Ing. Rudolf Müller; Dr.-Ing. Wulf Münzner; Dipl.-Ing. Werner Singhoff; Hartmut Thiele, Friedhelm Wagner.

Mit besonderen Auskünften, Hinweisen und Bildmaterial haben weitergeholfen:

Hartwig Bleker (Röchling Engineering Plastics KG, Haren); Hans Borger; Dr. Götz Corinth; Sean Davies (S.W. Davies Ltd.); Klaus Dieter; Wolfgang Eckardt; Freies Sender Kombinat Hamburg; Dipl.-Ing. Ulrich Illing (Studio Babelsberg AG); Harald Kolbe; Gerald Labudde; Dr. Klaus Lang (früher Sender Freies Berlin); Eduardo

Leite, Portugiesischer Rundfunk; Ingo Litta; Dipl.-Ing. Lothar Martin (früher AEG-Telefunken Konstanz); Heiko zur Mühlen; Dipl.-Ing. Silvio Neumann; Dipl.-Ing. Hagen Pfau; Hans-Joachim Röhrs; Dipl.-Ing. Claus Römer (früher Südwestfunk Baden-Baden); Eginhardt Scharff; Dipl.-Ing. Harald Schindler; Marcel Snijders; Dr. Frank Stegmeier; Dipl.-Ing. Johannes Webers (früher Bavaria Film GmbH); Hartmut Weigand; Dipl.-Ing. Heinrich Zahn (früher BTS Broadcast Television Systems GmbH); Dr. Klaus Zinsik, Michael Zirke.

Die Arbeiten von Dr. William Charles Lafferty, Jr., insbesondere seiner Dissertation „The Early Development of Magnetic Sound Recording in Broadcasting and Motion Pictures, 1928-1950“ (1981), bereicherten und vertieften die Darstellung der Entwicklung der Stahlbandtechnik in England sowie die Anfänge der Magnetfilmtechnik in den USA. Bettina Mikhail stellte freundlicherweise Auskünfte über Lewis C. Heinzman zur Verfügung.

Gerhard Kuper bedankt sich vor allem bei

- Eduard Schüllers Kindern und Neffen: Mathias J. Schüller, Katrin Ullrich und Peter Gerke;
- dem NDR Presse- und Informationsdienst/Fotoredaktion: Ralf Pleßmann, Adriana Bednarek, Gita Mundry;
- der AST Arbeitsgruppe Sammlung Technik-Geschichte des NDR Hamburg: Conrad von Sengbusch, Klaus Fleck, Ernst Hoffmann, Wolfgang Götz;
- dem Deutschen Technik-Museum Berlin (DTMB): Jörg Schmalfuß, Joseph Hoppe, Claus-Dieter Bründel, Bernd Lücke;
- Reinhard Exner (Deutsches Rundfunkmuseum Babelsberg);
- den Sammlern: Horst Beck, Klaus Dieter, Bernd Fischer, Roland Fuchs, Hans-Otto Hoffmann, Günter Hütter, Lothar Jorde, Alfred Kirchner, Peter Krause, Jan Külper, Dr. Hans-J. Richter, Wolfgang-Dietmar Schröer, Thomas Teuschler
- weiteren Kennern der Szene und Erfahrungsträgern: Thomas Frankenfeld, Rudolf Grabau, Horst Nebe, Reinhard O. Sahr, Elisabeth Samusch,
- offiziellen Quellen: Sabine Weiß, Leiterin des Stadtmuseums Wedel, Anke Rannegger, Leiterin des Stadtarchivs Wedel, Bibliothek der Führungsakademie der Bundeswehr in Hamburg-Blankenese, Bibliothek der Hochschule der Bundeswehr in Hamburg-Wandsbek;
- den Service-Spezialisten: Horst Andrä, Uwe Friedrich, Heinz Neumann;
- den ehemaligen AEG-Telefunken-Mitarbeitern: Günter Adebahr, Rainer Besch, Günter Cieschinger, Prof. Dr. Gerhard Dickopp, Ruth Däumichen, Gert Freudenberg, Prof. Dr. Fritz Habel, Harald Harkensee, Hans-Roland Heller, Kurt Kay, Dr. Robert Ernst Lienau, H. Marlow, Jürgen Müller, Wilfried von der Ohe, Helmut Reher, Lothar Röder für Bruno Röder, Adolf Rübenthaler, Adolf Schmedding, Wolfgang Schmidt, Helmut Schmuck, Walter Schult, Karl-Heinz Schultz, Siegfried Will, Harry Willmanns.

Frank Bell wurde unterstützt von

Helga Diercks-Norden, Carsten Diercks, Andreas Gumz (NDR-Bibliothek), Irmela Drieling (Technische Direktion NDR), Barbara Reiter, Carola Schmidle (IRT München), Udo Stepputat, Monika und Wolfgang Götz (Filmmuseum Bendestorf/Arbeitsgruppe Sammlung Technik-Geschichte des NDR), Roland Schellin und Friedrich Dethlefs, Deutsches Rundfunkarchiv. Erneut will er Dipl.-Ing. Manfred Reinhardt (ehemals DEFA-Synchron Johannisthal) dafür danken, dass er den Kontakt zu Dipl.-Ing. Monika Kubisch herstellte (früher DEFA-Kopierwerk), die ihm 357 Hefte der Fachzeitschrift „Kinotechnik“ bzw. „Fernseh- und Kinotechnik“ ab 1954 zur Verfügung stellte.

Bildnachweise

Die angeführten Nummen bezeichnen die Abbildungen (also nicht die Seite).

AEG-Prospekt „Magnetophon T 8“, ca. 1947: 274
Allgemein zugängliche Information: 726.3; 756
Ampex-Museum Redwood City: 299; 300
Archiv Carsten Diercks: 510; 511; 597; 598; 599
Archiv des SWR (Baden-Baden): 671
Archiv Frank Bell: 302; 410; 433; 434; 436; 441; 507; 516; 529.1; 529.2; 572; 590; 593.2; 593.3; 640; 641; 648; 686; 688; 692
Archiv GFGF: 124.1; 124.2; 131; 152.1; 153; 217; 218; 243; 244
Archiv Studer Professional Audio, Regensburg (CH): 264; 437.1; 437.2; 454; 455; 456; 551; 552; 553; 557; 558; 561; 645.1; 645.2; 753
Auction Team Köln: 214; 215
Backe, H., Magnetophon, das neue Tonaufzeichnungsgerät, Die Umschau 1935, Heft 47, Seite 942 - 943: 121; 122; 123
Bayerischer Rundfunk: 207
BBC Publication No. 1058, April 1936, p. 22 ff: 53; 54
Bestand Museum Gebhardt'sche Sammlung Zwönitz: 408.1; 429; 430
Betriebsarchiv Wolfen: 231
Brandenstein, A. v., Photo mit Keyence-Mikroskop: 63. 64
Braunmühl, Hans-Joachim von, Der heutige Stand der Schallaufnahmetechnik und ihre Anwendung beim deutschen Rundfunk, Akust. Zeitschr. 3 (1938), S. 250 (Sept. 1938): 57.1; 57.2; 198.1; 198.2; 199.1; 200; 201; 205.1; 205.2
C. Lorenz AG, Berlin-Tempelhof, o.D. (1936), N. N., Nachrichtenmittel bei den Olympischen Spielen Deutschland 1936: 43; 58
Carhart, Henry S., The Magnetophone, Science, Volume 2, Issue 33, pp. 393-394, 1883-09-21: 84.1; 84.2
Corinth, Götz : 193; 251; 259; 304; 394
Crawford, J.W.C., Wooler J. und Berth-Jones, E.W., Plastics in German Sound Recording Systems, BIOS Final Report No. 1379: o.D., (ca. 1946-07): 239
Deutsches Museum München: 13.2; 18
Deutsches Rundfunk-Archiv Frankfurt: 196.2; 220; 221; 205.3; 227
Deutsches Rundfunk-Museum Berlin: 279; 515; 605
Dokulil, Franz : 432; 694
Eckardt, Werner : 427
Firmenschrift AEG-Telefunken: 768; 769
Foerster, August, Die Pariser Weltausstellung in Wort und Bild; Berlin, 1900 Seite 398 ff. – <http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/malkowsky1900/0414>: 13.1; 14.1
Foto-Archiv des NDR Hamburg: 208; 226; 271.1; 376
Fotosammlung AST des NDR und Dr. Hans Richter: 180.1; 180.3
Frankenfeld, Peter: 472
FSK - Freies Sender Kombinat Hamburg: 426
Fundus AST des NDR: 270; 373.0; 373.1; 373.2; 374; 375; 377; 378; 379; 383; 484; 489; 491; 492; 493; 494; 496; 497; 503; 504; 506; 508; 513; 514; 517; 518
Gemeinde Wald-Michelbach: 237; 238
Gipp, Dietrich: 277
Grohmann, Martin: 413; 414; 415; 421
Häll, Peter, Tekniska Museet, © <https://digitaltmuseum.se/021026327472/telegrafon?i=0&aq=descname%3A%22Telegrafon%22>: 20. 1
Häll, Peter; Tekniska Museet, © <https://digitaltmuseum.se/021026327567/taelregistreringsapparat?i=108&aq=owner%3A%22S-TEK%22>: 38
Häll, Peter; Tekniska Museet, © <https://digitaltmuseum.se/021026328081/magnetofontrad?i=102&aq=owner%3A%22S-TEK%22>: 45
Häll, Peter; Tekniska Museet, © <https://digitaltmuseum.se/021026328081/magnetofontrad?i=102&aq=owner%3A%22S-TEK%22>: 46
Handbuch der Studiotechnik / Ton: 406; 407; 408.2; 409; 420.1; 420.2; 424; 425
Hilpert, Kai : 544
Hütter, G.: 644
Hütter, Günter : 172
Kolbe, Harald : 486; 550
Krüger, Ulf : 548
Kuper, Gerhard / Fundus Radiomuseum Babelsberg: 256; 257; 262.2; 275; 276
Kuper, Gerhard / Fundus Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin: 07.1; 07.2; 07.3; 102; 103; 108; 109; 110; 119.1; 119.2; 144; 146; 148; 149; 150; 222.1; 280; 281; 282; 283; 284; 285; 286; 287; 289; 290; 291; 293; 294; 345.1; 353
Kuper, Gerhard / Sammlung AST des NDR: 156; 157; 158; 160; 161; 162; 170.1; 175; 176; 197
Kuper, Gerhard / Sammlung Bernd Fischer: 105.1; 105.2; 368; 369; 370; 371; 372
Kuper, Gerhard / Sammlung Dr. Hans Richter: 155; 159; 163; 187; 188
Kuper, Gerhard / Sammlung Hans-Roland Heller: 499
Kuper, Gerhard / Sammlung Thomas Teuschler: 260
Kuper, Gerhard / Schallungssammlung G. Kuper : 164; 165; 166; 168; 171; 173; 174; 178; 179; 183; 184; 185; 186; 258
Kürzeder, Alf: 603
Labudde, Gerald : 428; 431
Lippert, [Werner], Stereophonische Zweikanalübertragung mit dem Magnetophon, Funk und Technik 4 und 5 / 194: 262
Müller, Rudolf : 134; 135; 140; 236
Museu da Música Portuguesa, Francisco Matias: 129
Museum of East Alabama: 154
Nasarischwily, A., Neue Versuche mit dem Telegraphon, ETZ Bd. 42, Heft 38, S. 1068 1921, 22. September 1921: 27.2
Neumann, Silvio : 485; 490
Oberlin-Smith-Society, Bridgeton, NJ: 1
Ohe, Wilfried von der : 695; 696
Okänd, Tekniska Museet: © <https://digitaltmuseum.se/021026303514/telegrafon?i=1&aq=descname%3A%22Telegrafon%22>: 22.1
Patentschriften und -anmeldungen, Gebrauchsmuster : 9; 10; 11; 12; 16; 17; 21; 24; 25; 28; 29.3; 31; 33; 36; 37; 48; 55; 74; 78.1; 78.2; 85; 104; 107; 116; 117; 147; 180.2; 194; 195; 210; 211; 224; 228; 229; 232; 233; 234; 252; 253; 267; 278; 327; 453; 487; 601; 608; 666; 675; 676; 697; 698; 699
Pfau, Hagen: 411; 412; 417; 418; 422; 423; 568
Presse- und Werbungsbilder: 190.2; 482
Ranger, Richard H., Further Studies in Magnetophones and Tapes, FIAT Final Report No. 923, 1947-05-13: 240; 255.1; 255.2
Reiter, Barbara : 512
Röchling Engineering Plastics KG : 61.1
Röder, Bruno (Nachlass): 230
Ruhrberg, Peter: 060; 789; 790
Sammlung Alfred Quellmalz / Universität Regensburg: 130; 142
Sammlung Bernd Fischer: 151
Sammlung David Fisher: 693

Sammlung Don Norwood, Digitrak Communications, Inc.: 674
 Sammlung Friedhelm Wagner: 684; 685; 716; 723; 728; 734
 Sammlung Friedrich Engel: 6.1; 6.2; 7; 15.1; 19; 20.2; 22.2; 23; 35; 39; 51; 52; 59; 68; 69; 118; 120; 138; 139; 141; 191; 223; 225; 235; 243; 254; 266; 271.2; 297; 298; 303; 356; 391.1; 391.2; 392; 393; 398; 403; 404; 419; 435; 439; 440; 443; 444.1; 444.2; 447; 452; 542; 545; 546; 559; 560; 565; 567; 570; 571; 575.2; 593.1; 596; 602.1; 602.2; 604; 606; 610; 619; 620; 622; 624; 625; 626; 627; 632; 633; 636; 639; 646; 651; 652; 653; 654; 662; 668; 672; 677; 679; 681; 683; 686; 714.1; 714.2; 717; 718; 719; 720; 722.1; 722.2; 725; 726.1; 726.2; 729; 730; 737; 740; 742; 746; 750.1; 750.2; 752; 755; 756; 757; 758; 759; 760.2; 761; 762; 763; 764; 765; 766; 775; 776; 777; 778.1; 778.2; 779; 780; 781; 782; 783; 784; 785; 786; 787; 788
 Sammlung Georg Richter: 34
 Sammlung Gerhard Kuper: 73.2; 169.1; 177; 189; 246.1; 246.2; 250; 263; 292; 295; 296; 339; 340; 341; 342; 343; 344; 346; 347; 348; 349; 350.1; 350.2; 354; 355; 357; 358; 359; 360; 361; 362; 363; 365; 367; 384; 385; 386; 387; 389; 390; 465; 469; 470; 471; 473; 474; 475; 476; 477; 478; 479; 480; 481.1; 481.3; 500; 501; 502; 505; 509; 527; 528; 530; 531; 532; 533; 534; 535; 536; 537; 538; 539; 540; 541.1; 541.2; 549; 574; 658; 659; 660; 661; 663; 664; 665; 701; 704; 707; 713; 770
 Sammlung Günter Kieß: 581; 585.1; 586
 Sammlung Heinz Thiele: 073; 152.2; 592
 Sammlung Ingrid Vollmer: 190.1; 305; 306; 307; 308; 309; 310; 311; 312; 313; 314; 315; 316; 317; 318; 319; 320; 321
 Sammlung Klaus Dieter: 49; 50; 488
 Sammlung Kurt Siebenhüner: 578.1; 578.2; 587; 588.1; 588.2; 600.1; 600.2
 Sammlung Peter Hammar: 670
 Sammlung Peter Krause: 169.2
 Sammlung Richard Diehl: 678
 Sammlung Semi J. Begun: 41; 44.2; 56; 96.2; 199.2; 202; 203
 Sammlung Stephen Temmer: 26; 090; 402; 569; 647; 655; 656; 657; 667; 669; 751
 Sammlung Wulf Münzner: 673; 732; 733; 735; 736; 738
 Schellin, Roland: 14.2; 015.2; 29.1; 29.2; 62.1; 93; 181; 192; 204; 576; 577
 Schröer, Wolfgang-Dietmar: 167
 Schüller, Eduard (Nachlass): 73.1; 76; 222.2; 337; 573; 703; 707
 Signal (dt. Propaganda-Zeitschrift, Juni-Heft 1943 der niederländischen Ausgabe): 219
 Slot, G., Vom Mikrophon zum Ohr, Philips Technische Bibliothek: 301
 Smith, Oberlin, "Some Possible Forms of Phonograph", The Electrical Word, September 1888: 2; 3; 4; 5
 Stadtarchiv Chemnitz: 27.1
 Stadtarchiv Reutlingen: 113; 114; 115
 Stadtmuseum Wedel: 269; 338; 381; 382; 388; 457; 458; 459; 460; 461; 462; 463; 464; 466; 467; 468; 483; 495; 498; 554; 555; 700
 Stegmeier, Frank: 526.1; 526.2; 547
 Stichting Centrum voor Duitse Verbindingen en aanverwante Technologieën, <https://www.cdvandt.org/magnetophon-project.htm>: 272; 273
 Stiftung Stiftung Deutsches Technikmuseum (PW), Historisches Archiv, Bildarchiv AEG: 83; 92; 96.1; 98; 98; 101; 125; 143; 145; 170.2; 209.1; 209.2; 209.3; 249; 345.2; 352; 543
 Stille, Curt, Die elektromagnetische Schallaufzeichnung, ETZ 1930, Heft 13, S. 449 f., 1930-03-27: 30.1; 30.2
 Stix, Heiner, Konzept und Form: 395; 401
 Svenska Radioarkivet: 132
 Technoseum Mannheim: 40; 41; 44.1; 335; 754
 Tönendes Papier, „Die Umschau“, 35. Jahrg. 31, Heft 47, Seite 941: 61.2
 Ullrich, Katrin: 071.1; 071.2; 071.3; 072
 Unternehmensarchiv BASF SE in Ludwigshafen: 8; 62.2; 62.3; 65.1; 65.2; 65.3; 65.4; 65.5; 86; 87; 88; 100; 111; 112; 127; 128; 133; 136; 137; 234.1; 234.2; 241; 265; 288; 322; 323; 324; 325; 326; 328; 329; 330; 331; 332; 333; 334; 396; 397; 399; 400; 405; 442; 445; 446; 448; 449; 450; 451; 519; 520; 521.1; 521.2; 522; 523; 524; 525; 556; 562.1; 562.2; 563; 564; 591; 594; 595; 611; 612; 613; 614; 615; 616; 617; 618; 621; 623; 628; 629; 630; 631; 634; 635; 637; 638; 642; 643; 649; 650; 680; 682; 690; 691; 709; 710; 711; 712; 715; 721; 724; 727; 731; 739; 741; 743; 744; 745; 748; 749; 757; 760.1; 767; 771; 772; 773; 774.1; 774.2
 Vorbau, Michael: 438
 Vornbäumen, Raimund: 689
 Webers, Johannes / Bavaria: 575.1; 579; 580; 584; 585.2; 589
 Weigand, Joachim: 261.1; 268
 Weigmann, Haartmut: 566
 Westpfahl, Hans (Nachlass): 32; 66; 67; 70.1; 70.2; 71.4; 75; 79; 80; 81; 82; 89; 91; 94; 95; 99; 99; 126; 182; 196.1; 206; 213; 245; 247.1; 247.2; 248; 363; 366; 380; 582; 583; 607; 609.1; 609.2; 702; 705; 706
 Willmanns, Harry: 336
 Winter, David: 47
 Zinsik, Klaus: 416

Korrekturen (siehe Hinweis-Zeichen ☞)

Seite 554: 1976 kam schließlich noch das professionelle Modell Ampex VPR-1 mit Time Base Corrector im A-Format auf den Markt; es war ein direkter Vorläufer des Modells Ampex VPR-2 von 1976 im C-Format.

Seite 592: Abbildung 732 zeigte eine Betacam SP-Kopfscheibe (nicht Video 2000); Abbildung 733 zeigt den DT (Zeitlupen-) Wiedergabekopf der Betacam SP-Kopfscheibe

Seite 603, TMD-Kontaktkopieren: Das TMD-Band kann allerdings nicht rückseitenmattiert sein, da sonst der Laser – von der Bandrückseite her – die Magnetschicht nicht erreicht. Das TMD-Band ist daher weniger robust gegen raue Behandlung beziehungsweise bei häufigem Gebrauch.

Revisionsstand: 2. Quartal 2023

Zur Biographie der Autoren

Friedrich Engel, Jahrgang 1941, war während des überwiegenden Teils seines Berufslebens als Anwendungstechniker Magnetband bei BASF Aktiengesellschaft tätig, unter anderem von 1975 bis 1996 für deren Technische Datenblätter Magnetband zuständig. 1984 brachte ihn die Organisation einer internen Ausstellung „50 Jahre Magnetband“ erstmals in näheren Kontakt mit der Geschichte dieses Speichermediums. In den nächsten Jahren folgten, vielfach in Zusammenarbeit mit Heinz Thiele, Publikationen zur Geschichte der magnetischen Aufzeichnungstechnik. Seit 1997 bereitet er durch freie Mitarbeit im Unternehmensarchiv der BASF SE, Recherchen im Deutschen Technikmuseum Berlin, dem Betriebsarchiv Wolfen und anderen mehr diese Publikation vor, bei der er als Schwerpunkte die historische Entwicklung der Magnetspeichertechnik und der Magnetbänder betreut hat.

Gerhard Kuper, Jahrgang 1938, Dipl.-Ing. Elektronik, Dr.-Ing. Fertigungstechnik, kam als Leiter der Grundlagenentwicklung bei AEG Wedel auf die Spuren seines berühmten Vorgängers Eduard Schüller im gleichen Gebäude. Viele seiner Kollegen schwärmten noch von „jenen Zeiten“, als dort die Magnetophone gebaut wurden. 2004 – zum 100. Geburtstag Eduard Schüllers – organisierte er mit diesen Mitarbeitern, Schüllers Nachkommen sowie der Museumsleitung eine Ausstellung mit dem Titel „Eduard Schüller und seine Magnetophone“ (ein Nachdruck der Begleitbroschüre ist im Verlag Polzer erschienen). Diese Arbeiten entwickelten im Nachgang eine Dynamik, der zum einen die Mitarbeit an diesem Buch (Schwerpunkte: Eduard Schüller sowie die zeitgemäßen technischen Problemlösungen) zu verdanken ist, zum anderen die Gründung einer Sammlung „Technische Hochleistungen aus Wedel“, in der neben den Magnetophonen unter anderem die Spezialoptiken der Firma J. D. Möller wie auch die Weltraumtechnik von AEG-Telefunken „begreifbar“ dargestellt werden.

Frank Bell, Jahrgang 1954, ist Tageszeitungsredakteur. Er kam schon als Sechsjähriger mit Tonbandtechnik und Film in Berührung, machte 1972 eine Ausbildung zum Kinovorführer, absolvierte ab 1975 ein Zeitungsvolontariat bei der „Neuen Westfälischen“ (NW) in Bielefeld, ist dort seit 1977 Redakteur; 1984 bis 1990 im NW-Videostudio (Redaktion, Realisation, Schnitt, Tonmischung, Kamera). 1976 schloss er einen Fernlehrgang als Filmkaufmann ab. Seit 1988 beschäftigt er sich mit der Erforschung der Geschichte des Tonfilms, besonders Triergon und Joseph Massolle. Seit 1975 sammelt er Geräte der Tonstudiotechnik, seit 1989 zur Kinotechnik (Aufnahme und Wiedergabe). Es folgten mehrere Ausstellungen zur Tonfilm-, Triergon- sowie zur regionalen Kinosgeschichte. 1993/1994 erhielt er den Auftrag zur Konzeption und Realisation der Kinoabteilung im Historischen Museum Bielefeld. Er ist Autor von Fernseh- und Videodokumentationen (u. a. „Als die Bilder sprechen lernten“ 1995 für arte und den Süddeutschen Rundfunk) sowie Co-Autor des Buches „Pioniere, Tüftler, Illusionen – Kino in Bielefeld“ (Westfalen-Verlag, Bielefeld 1995). Für 2009 hat er den Auftrag zu einer Ausstellung mit dem Thema: „Kinostadt Bielefeld“. Seine ton- und kinotechnische Sammlung ist umfangreich.

Frank Bells Beiträge zu dieser Publikation sind insbesondere die Kapitel Magnettontechnik im NWDR-Hörrundfunkbetrieb (Seite 422 ff.), NWDR und private Produzenten führen Film-Magnetton ein (Seite 484 ff.) sowie Vom Film zur elektronischen Berichterstattung (Seite 558 ff.)

Wulf Münzner, Jahrgang 1941, Dipl.-Ing. Elektronik, Dr.-Ing. Regelungstechnik, kam erstmals 1966 als Berufsanfänger in der BASF AG mit der Fernsehaufzeichnung in Berührung. Sein damaliger Auftrag lautete: Aufbau der Video-Anwendungstechnik – doch sehr viel zum Anwenden gab es damals noch nicht! Seine ersten Aufgaben bestanden im Aufbau von laborgerechten Bildgebern und Messgeräten, die 60 Hz-Bildsignale verarbeiten konnten, da es diese auf dem Markt nicht gab.

Fasziniert von der anspruchsvollen Kombination von Aufzeichnungstheorien und deren „elektrischen“ Realisierung, die fast die komplette Palette der Nachrichtentechnik umfasste, ist er nach verschiedenen Aktivitäten in anderen Aufgabengebieten zur Videoband-Entwicklung zurückgekehrt. Dort hat er im Rahmen der BASF-Magnetbandentwicklung von der ersten VCR-Cassette bis zum high-end Produkt DVC mitgearbeitet. Die praktischen Erfahrungen eines Bandentwicklers wurden in verschiedenen Normengremien eingebracht; in der DVC-tape-working-group war er der einzige Nicht-Japaner. Seine Mitarbeit an diesem Buch zeigt, dass auch nach sechs Jahren ruhestandsbedingter Video-„Abstinenz“ sein Interesse an diesen Zeitschichten ungebrochen ist.

Wulf Münzner hat vor allem die Kapitel „SIEBTES BAND: Analoge Video-Magnetbandaufzeichnung“ (Seite 532 ff.) und „Digitale Video-Aufzeichnung auf Magnetband“ (Seite 614 ff.) mit umfangreichen Beiträgen und tabellarischen Aufstellungen bereichert.

Register

- -

alpha-Bandführung	551
gamma-Fe ₂ O ₃ (Maghamit)	120, 121, 122, 125, 126, 127, 128, 183, 211, 219, 223, 227, 230, 231, 351, 482
alpha-Fe ₂ O ₃ (Polimag, Poliermittel)	126, 219
Omega-Umschlingung	348, 433, 541, 543, 551, 574, 607

-1-

19-Zoll-Maschinen	451
-------------------------	-----

-3-

3M	
Minnesota Mining and Manufacturing Co.	292, 293, 347, 468, 528
3M/Scotch	
Metafine	528
Typ 100	293
Typ 111	295, 315, 347, 351, 353, 436, 437
Typ 112	295
Typ 179	563
Typ 202	389
Typ 203	389
Typ 206	461
Typ 275	609
Typ 360	563
Typ 361	563
Typ 363	563
Typ 377	563
Typ 379	563
Typ 399	563
Typ 400	563
Typ 996	465
Typen 115, 116, 177	468
XRM-IV	528

-8-

8 mm-Konferenz	535, 594, 595
8-track-Cartridge	276, 443, 500, 501, 516, 629

-A-

A 1000 L 40 (Tonschreiber RE 3)	144
Abendroth, Hermann	206
Abwehr, deutsche (Amt Canaris)	141
Aceta (I.G. Farben Berlin-Rummelsburg)	223
Actiengesellschaft für Anilin-Fabrikation (→ Agfa)	85
ADAT	612
Adebahr, Günter	402
Advent Model 200	504, 525
AEG	
Apparaturwerk Treptow	71, 92
Ende der Magnetophon-Produktion (1989)	453
Entstehung und Geschichte	53
Fernmeldelabor im KWO 50, 53, 55, 70, 79, 81, 88, 109	
Kabelwerk Oberspree (KWO)	53, 56, 71, 86, 239
Production Permit Industrial Plants	267
Versuchsgerät 1	70, 76, 78
Versuchsgerät 3	79, 80, 81, 82, 83, 86, 277
Versuchsgerät 4	84, 86, 87, 89, 91, 92, 94, 104, 128, 279
Werk Hannover Linden	317
AEG Magnetophon	
AW 1	206, 277, 280, 281, 283, 284, 314
AW 3	279, 332
AW 38	277
AW 2	282
AW 2	282, 284
FT 2	98, 103, 108
FT 3 / FT 4	108
FT 6	279
K 1 / T 1	77, 84, 89, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 101, 104, 128, 135, 180, 422
K 2 / T 2	91, 97, 98, 103, 111, 121, 128, 290
K 3	98, 104, 108, 144, 422
K 4 80, 98, 102, 105, 111, 112, 129, 131, 132, 136, 137, 156, 182, 183, 185, 186, 187, 188, 208, 210, 212, 214, 218, 231, 268, 423	
K 5	98, 211, 238, 277
K 6	98, 105, 111, 138, 181, 185, 188, 189, 214, 422

K 7	98, 166, 208, 236, 247, 250, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 258, 260, 290, 293, 312, 314, 368, 408, 473
K 8	251, 252, 266, 368, 422
KL 15 264, 274, 279, 280, 280, 315, 319, 320, 321, 322, 323, 325, 326, 330, 379, 397, 422	
KL 25 317, 319, 320, 321, 322, 323, 325, 326, 330, 397, 398, 422	
KL 35 319, 321, 322, 323, 325, 326, 397, 398, 400, 401, 402, 417, 422	
KL 65 X	330
KL 65	327, 329, 330, 422, 574
M 10 247, 395, 399, 410, 411, 416, 442, 457, 487, 491, 570	
M 10-12	411
M 10A	443
M 12	396, 450
M 15	397, 444, 459
M 15A	442, 446
M 15A-Mehrspur	446
M 16 (Prototyp)	446
M 19	451
M 20	452, 454
M 21	451
M 21R	451, 452
M 23	417, 421
M 24	419, 421
M 28	401, 450
M 5/16	409, 487
M 5 339, 396, 400, 402, 408, 408, 409, 410, 428, 487, 490	
M 5A	408, 410
M 5B	410, 442
M 5C	404, 408, 410, 442
M 5M	400
M 74	327, 331
M 75	327, 329, 331, 422
M 76	327, 330, 331, 356, 422
M 77	327, 331, 422
M 85	327, 328, 329, 330, 331, 400, 417, 422
Namensfindung	15, 81
R 22	98, 105, 132, 156, 167, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 205, 253; 266; 268; 268;
R 22a 98, 132, 193, 205, 242, 268, 290, 293, 298, 314, 423	
R 23 (AEG-Type K 6) 98, 105, 111, 138, 145, 153, 154, 158, 181, 183, 185, 187, 188, 189, 190, 207, 266, 284, 374, 422, 428	
R 23a 105, 138, 140, 145, 153, 158, 187, 189, 206, 207, 284, 374, 423, 428	
R 64	284, 285, 428, 428
R 65	317, 332, 333, 339, 397, 408, 428
R 65a	332, 333, 428
Schnellkopieranlage M 1028	443
Servicezentrum	401
T 8 426	
T 9 251, 312, 334, 337, 395, 397, 427, 457	
T 9u, Vierspur	338
T 9u	337, 411, 434
Type b2	259, 263, 277, 314
Univox-Junior Heimstudio	326
Ü-Wagen-Magnetofon (R 23, K 6)	138, 153, 188, 190, 206
Zusatzkoffer AW 1z	281
Zusatzverstärker AW 2z	283
AEG Magnetophon Gerätebau GmbH	267
AEG-Kern 86, 104, 106, 128, 132, 283, 404, 436, 518	
AEG-Magnetophon-Fabriken	
Berlin, Drontheimer Straße	71, 77, 79, 118, 239, 240, 241, 242, 243, 252, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 268, 318, 368, 399
Berlin, Schwedenstraße	401, 574
Hamburg, Billhorner Canalstraße 13	316, 319
Hamburg-Winterhude, Krochmannstraße	263, 267
Kiel	257
Konstanz, Bücklestraße	442
Notbehelf in Kiel	257
Wedel, Hafenstraße 32	397, 401, 569
Zühlsdorf (Auslagerung)	241, 252, 253
A-Format	554
Agfa (Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation)	57
Agfa (Werk Leverkusen)	6, 122, 236, 264, 342, 344, 353, 362, 363, 462, 478, 482, 525
Agfa Digitalband PEM 297 D	609
Agfa Heimitonband	
FS 315, 344, 353	
FSP extradünn	357
FSP	344
PE 31	463

PE 36, PE 46 und PE 66 Triple Record	390
PE 41	463
Agfa Magnetfilm	
F 4 (Bespurungsband)	482
MF 1	344
MF 22	463, 482
MF 3	482
MF 4	483
MF 5 PE	483
MF 5	483
MF 55	482
MF 6 PE 135	483
MF 6 PE	483
MF 9 PE	483
PEK (Kaschierband)	483
Agfa Rundfunkband	
FR 22	463
FR 25	463
FR 4	463
FR 6	463
FR	436, 463
PER 368	464
PER 525 Stereo	464
PER 528	464
Agfa Studioband	
PE 22	463
PEM 268 Professional	392
PEM 368 Professional	392
PEM 369	464
PEM 468	464
PEM 469	464
PER 555	463
Agfa Videoband	
PEV 291 B	564
PEV 385	564
PEV 387	563
PEV 4000	564
Agfa-Gevaert AG	6, 344, 366, 388, 462, 464, 482
Agfa-Werk Leverkusen	343
Ahnenerbe (SS-Amtsstelle)	112
Akai Tonbandgeräte	
GX-747	394
GX-77	393
Aktieselskabet Telegrafonen (Poulsen, Valdemar) ...	15
Albers, Hans	29
Albrecht, Wilhelm (siehe auch MWA)	215, 397
Allgemeine Phonographen-Gesellschaft m.b.H.	19
Alverson, James G.	194
Ambros, Otto	58, 61, 84, 85, 110, 224
American Telegraph Company	12, 19, 22, 33
American Television Standards Committee (ATSC) 624	
Ammoniaklaboratorium (I.G. Farben Ludwigshafen) 59, 64, 65	
Ampex Electric Corporation.....	237, 294, 355, 442, 443, 453, 455, 458, 459, 500, 525, 532, 554, 566, 569, 633
Ampex	358
CinemaScope	468
Grand Master Gold 499	465
Grandmaster 456	462, 464
Magnetic Tape Division	292
Typ 467	609
Ampex Instrumentations-Recorder	
Model 500	532, 627
Ampex Tonbandgerät	
Model 200	277, 544
Model 200A	291, 295
Model 300	277, 295, 484
Model 350	296
Ampex Videorecorder	
Mark IV	545, 546, 563
VR 7002, VR 7803 und VR 5103	554
VR-1000 A	548
VR-1000 C	549
VR-1000	460, 532, 544, 545, 546, 548, 549, 550, 554
VR-1500	566
VR-2000	532, 549
VR-3000	550, 557
VR-303	576
VR-5000	566
VR-660	566
VR-7000	554, 566
VRX-1000	546
Amplitudenmodulation	309
Amplitudenstatistik	192, 504
Ander, Charlotte	29
Anderson, Charles	546
Ankara, Rundfunkhaus	41

Anorgana G.m.b.H. Gendorf ...	227, 233, 237, 311, 342, 343, 352, 353, 363
Anorgana Genotonband	
Type E	311, 342
Type EN	342
Type Z	342
Type ZS	343
Anrufbeantworter	244, 331
Apparatebau und Elektronik Becker	
ABE WG 30 und ABE AG31	302
Appen, Karl von	401
Arbeitspunkt ..	69, 92, 93, 101, 187, 192, 217, 393, 464, 506, 507, 508, 528
Archivbandprüfgerät R 77	312
ARD/ZDF-Betriebsbezugsband	366
ARD	312
Armour Research Foundation	36, 286, 347, 360
Aromax	398
Arriflex	484, 486, 488, 490
Aschbach	122, 221, 232, 234, 235, 236, 237, 289
Asona (Kürzeder)	501
Assmann GmbH	291
Atorf, Hermann	26, 55
Audio Devices	296, 357, 633
Augustin, Ernst	214, 290, 469
Auricon	488, 489
Ausgleichshebel	133
Aussteuerbarkeit	69, 126, 313, 358, 390, 391, 392, 438, 439, 460, 502, 504, 506, 507, 525, 526, 529, 605
Australian Broadcasting Commission	39
Autolocator	462
Azetatband (Celluloseacetat)	67
Azeton	67, 83, 124, 125, 219, 221, 223, 229
Azimuth Calibration Mechanism	510, 511
Azimuth Recording	543
AZUR (AEG-Telefunken)	629, 630

-B-

Bad Homburg v. d. Höhe	184, 235, 292
Bad Nauheim (Ausweichstudio Radio Frankfurt)	204, 293
Bandaustausch	69, 277, 382, 425, 436
Bandberuhigungs-Filter (Magnetophon M 10)	399
Bandbreite ..	49, 51, 67, 81, 86, 99, 170, 212, 276, 319, 355, 374, 425, 452, 458, 459, 495, 496, 541, 576, 590
Bandgeschwindigkeit	
1 m/s	92
19,05 cm/s	277
77 cm/s	98
Übergang auf 76,2 cm/s	276
Bandgießverfahren	66
Bandlängenanzeige ...	88, 94, 100, 104, 144, 166, 168, 186, 250, 251, 271, 272, 273, 384
Bariumferrit-Magnetband	602
Barthels, Hans-Jürgen	528
Bartsch, Wilhelm	122, 124, 234
Baruch, Sydney	29
BASF	
Elektrolabor (Ludwigshafen)	61, 63, 83, 84, 110, 122, 125, 128, 226, 231, 232, 236
Explosion 1943	122, 140, 217, 227, 230
Explosion 1948	311
Gießmaschine 1934	67
Gießmaschine 1936	58, 122
Gießmaschine Aschbach	236, 342
Magnetbandfabrik Willstätt	439
Magnetophonbandfabrik (1956)	353
Magnetophonbandkrise (1941/1943)	220
Magnetophonband-Prüfstelle ...	128, 222, 312, 326, 354, 563
Präzisions-Messkassette	510
Videosystem LVR	170, 277, 532, 534, 576, 577, 578, 579
BASF Compact-Cassetten	
Chromdioxid	507
ferrochrom	512, 513
LHS	507
metal IV C 120	530
Sicherheits Mechanik / Security Mechanism SM	505
BASF Digitalband	
DM 930	609
DM 931	609
DSM 26 CR	609
BASF Heimtonband	
DP 26	390, 391, 441
DPR 26 LH professional	392
LGS 26	357, 390
LGS 35	343, 353

LGS 52	352
LGS	65, 127, 222, 351, 352, 353, 436
LP 35 LH hifi, DP 26 LH hifi, TP 18 LH hifi	391
LP 35 LH hifi	391
LP 35 LH	390, 392
LP 35	390, 441
LP 36	501
LPR 35 CR	393
LPR 35 LH professional	392
PES 18	357, 496, 502
PES 26	357
PES 35 LH	390
TP 18 LH Super, DP 26 LH Super, LP 35 LH Super	392
TP 18 LH	391
BASF Magnetfilm	
P 16 LH, P 17,5 LH, P 35 LH	482
P 16, P 17,5, P 35	482
PB 16, PB 35	481
BASF Magnetics GmbH	
Audio Broadcast LGR 50	439, 465
Audio Broadcast PER 528	465
BASF Magnetics GmbH	6, 366, 439, 453, 463, 464, 465, 483, 514, 564, 566, 600, 611, 621, 628
BASF Magnetophonband	
Masseband	30, 61, 62, 66, 220, 221, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 252, 275, 308, 311, 312, 352
Typ C	50, 64, 67, 122, 127, 128, 166, 230, 231, 608
Typ K	224
Typ L	227, 231, 232, 233, 294, 306, 311, 473, 632
Typ L-extra	65, 311, 312
Typ LG	227, 230, 233, 294, 310, 311
Typ LGH	65, 314, 315, 351
Typ LG	306
Type LGD	310
Type LGN	310
BASF Rundfunkband	
LGR 30 P	438, 439, 440, 461
LGR 30	438
LGR 40	439
LGR 41	439
LGR 50	439, 464, 465
LGR 51	439
LGR	312, 343, 353, 436, 437, 438, 460, 463
BASF Studioband	
Loop Master 526	464, 518
Loop Master 920	464, 518, 526
LR 56 P	438, 460, 464
PES 40	388, 439
PES 55	388
Studio Master 468	464
Studio Master 469	464
Studio Master 900 maxima	465
Studio Master 910	462
Studio Master 911	439, 462, 464, 518
SP 46 M	518
SP 50 M	461, 518
SP 52	441
SPM 50 CR	518, 526
SPR 50 LH	461, 462, 464, 482, 518
SPR 50 LHL	461, 462
BASF Videoband	
3501	563
3504	563
CV 20 R	565
CV 26 AE	564
CV 26 R	554, 564
FV 26 AE	563
FV 26 R	563
FV 35	563
HDVT 26 B	554
VT 26 B Maxima	564
VT 26 B	564, 565
VT 26 C	565
BASF Video-Kassette	
KCA 10 ... KCA 60	598
SE 180	600
VC 30, VC 45, VC 60	598
VCC 480	599, 600
VHS E 180 High Grade	599
VHS E 180	599
VHS E 240 SHG HiFi	599
VHS E 240	599
VHS E 300 EQ	600
Batsch, Helmut	574
Bauch, Friedrich Wilhelm Otto	45, 290
Bauer, Kurt	31, 33, 34
Bayer-Werk Uerdingen	343
BBC ..	28, 32, 38, 39, 41, 143, 175, 177, 179, 253, 290, 296, 297, 360, 464, 470, 544, 549, 564, 606

Beatles	457, 458
Beecham, Sir Thomas (Konzert 1936 in Ludwigshafen)	103, 110, 128, 198
Beevor, Antony	254
Begun, Semi J. 32, 33, 34, 42, 135, 177, 286, 293, 360, 361	
Behn, Sosthenes	34
Beilagefolien	502, 523
Belger, Ernst	367
Bell & Howell	578, 579
Below, Fritz	485
Bergmann, Friedrich 60, 64, 65, 84, 308, 311, 315, 344	
Bergtold, Fritz	572
Berliner Blockade	265, 398
Berliner Rundfunk ...	172, 212, 250, 253, 254, 259, 260, 263, 368
Berliner, Emile	8, 9, 11, 12, 23
Berth-Jones, E.W.	290
Beruhigungsrolle	335, 340, 412, 417, 419
Besch, Rainer	402
Beschichtungskontrollgerät	357
Beta Hi-Fi (HiFi-Ton für Betamax)	535, 584
Betacam SP	557, 558, 565
Betacam SX	622
Betacam SX	536, 558
Betacam	490, 535, 557, 558
Betamax	533, 534, 583, 584, 586
Super-Beta	535
Betamovie	595
Betriebsappell	71
Beyco	263, 375
Bezugsband ...	340, 351, 364, 365, 366, 416, 425, 439, 459, 464, 503, 507, 510
Bezugsband-Leerteil	364, 366
B-Format	534, 553, 554, 564, 565
Bier, Kurt	349
Bildbandgerät	548
Bildkompression	615
Bildschärfe → Linienzahl	554
Billing, Heinz	632
Bing Crosby Enterprises	294, 544, 576
BIOS Report 1379, Plastics in German Sound Recording Systems	289, 290, 346
BIOS Report 866, The Manufacture of Luvitherm Film	289
Birkhofer, Hermann	165
Birnbaum, Bernhard	488
Blattner, Ludwig	27, 30, 31, 32, 39, 44
Blattnerphone	31, 32, 38, 41, 46
Blaupunkt-Werke GmbH	528, 578
Blindenhörbüchereien	387, 395, 517
Blindkopf-Brückenschaltung	189, 190
Blumlein, Alan Dowder	204
Blu-ray	624
Boden, Hans Constantin	265
Boehe, Ernst	111
Boehner-Film	490, 491
Bogen, Wolfgang	205, 390
Bormann, Rudolf	399, 402, 570
Bosch → BTS	534
Bosch, Carl	58, 111, 306
Bose, Fritz	111
Braband, Carl	170
Bramley-Mühle	223
Brandt, Willy	532
Braunbuch 98, 183, 207, 208, 280, 284, 332, 337, 364, 369, 402, 412	
Braunmühl, Hans Joachim von 35, 174, 175, 181, 184, 185, 189, 192, 193, 200, 201, 204, 206, 213, 217, 225, 228, 235, 241, 258, 267, 288, 292, 548, 569	
Braun-Tonbandgeräte	384
Brause, Herbert	381
Bredow, Hans	22
Brendel, Clemens	209
Brill, Rudolf	64, 120
British Blattnerphone (Stille System) Ltd.	27, 38
British Intelligence Objectives Sub-Committee (BIOS)	288
Brobeil, Wolfgang	207
Bruch, Walter	72, 211, 572, 574
Brückenschaltung	190
Brummklappe	136, 272, 277, 321, 328, 340, 415
Brush Development Corp.	45, 286, 293, 297, 360
BTS	
BCM 40 A	533, 549
BCM 40 B	549
BCN 5	549, 554
BCN 52	549
BCR 40	534, 552
BCR 50	552
BCR 60	552
CVC	534, 535

DCR 100	619
DCR 6000	537
HDD 1000	624
Quartercam / Lineplex	535
BTS / (Broadcast Television Systems)	549
Bücher, Hermann	53, 56, 76, 81, 89, 180, 208, 240, 241, 243, 257, 259, 317, 423
Bührle, Emil	361
Burkowitz, Peter K.	165, 434
Busch, Fritz	111
Butoba (Josef Burger und Söhne KG)	382

-C-

C. Lorenz AG, Telefon- und Telegraphenwerke	34, 42, 71, 83, 97, 98, 135
Camras, Marvin	36, 52, 194, 286, 347, 360, 467
Canadian Radio Broadcasting Commission	39
Capstan (Tonwelle)	41, 510, 521, 607
Carbonylisen	52, 57, 59, 61, 63, 64, 65, 83, 84, 86, 97, 99, 110, 119, 121, 128, 222, 227, 315
Carbonyl-Nickeisen	119
Carhart, Henry S.	81
Carlson, Wendell	22, 45
Carnauba-Wachs	174
Carpenter, Glenn W.	22, 45
Catozzo, Leo	488
CBS	488, 494, 496, 502, 516, 546, 550, 567
CCIR	427
Cellit	60, 67, 125, 128, 221
Celluloseacetat	49, 60, 61, 63, 66, 67, 110, 122, 123, 125, 127, 128, 170, 219, 220, 221, 223, 227, 228, 229, 295, 315, 342, 343, 344, 389, 437, 438, 463, 483
C-Format	534, 552, 553, 554, 564, 565
Chamberlain, Neville	39
Chargennummer (Aufdruck)	125, 128, 236, 344
Chromdioxid	393, 440, 504, 505, 506, 507, 512, 513, 516, 517, 518, 519, 522, 525, 526, 527, 530, 552, 554, 556, 563, 564, 565, 567, 577, 582, 583, 598, 601, 603, 609, 611, 634
Chromdioxidsubstitute	513
Churchill, Winston	140
Cieschinger, Günter	573
CinemaScope	468
Cinerama	455, 468
CIOS	288
Clangor	259, 263
Codec	623
Cohesan (als Magnetband-Klebstoff)	55, 128, 148, 202
Colossus (Rechnertyp)	143
colour under-Verfahren	540, 557
COMMAG	49, 119, 209, 216, 468, 469, 487, 489
Compact-Cassette	496, 497
Couleur de Provence	437
Coulmas, Peter	486
Crosby, Bing	294
Curie-Temperatur	525, 527, 603
CUTAX (Quecksilberschalterschütz der AEG)	94, 100, 133
Cutterbox	389
CVC	534, 535, 594
Cyclohexanon (als Magnetband-Klebstoff)	202, 229
Czeija, Oskar	180

-D-

Dailygraph	33, 34, 46, 54, 107, 493
Damen, Thor	115
Danckert, Werner	111
Daniel, Karl	210
Dansk Telegrafonfabrik	19
DASH	607
DAT	350, 385, 496, 506, 511, 524, 530, 610, 611
Datenaufzeichnung	503, 520, 528, 631
DAT-Konferenz	610
DCC	511, 610, 611
DC-International	497, 499, 500
DeBell, John	288
Decca	460, 499, 502, 516, 568, 575, 606
Decelith	177
Dederer, Richard	103
DEFA	253, 368, 373, 473
Dehnkopf (Magnetkopf, rotierender im Tonschreiber b)	144, 145, 158, 160, 162, 163, 164, 165, 258
Desmodur-Desmophen	344, 463
Dessauer Magnetbandfabrik	346
Dethlefsen, Carl	399
Deutsche Auslands-Rundfunkgesellschaft Interradio AG	141

Deutsche Edison-Gesellschaft für angewandte Elektrizität (→ AEG)	53
Deutsche Grammophon Gesellschaft	Siehe DGG
Deutsche Telegraphen A.G.	19
Deutsches Rundfunkarchiv	115, 117
Deutsches Technikmuseum Berlin	81, 274
Dezibel (Pegelrechnung)	184
DGG (Deutsche Grammophon Gesellschaft)	210, 359, 457, 499, 515, 516, 526
DIAS (Drahtfunk im amerikanischen Sektor)	260
Diastuergerät	387
Dickopp, Gerhard	575
Dictaphone (Diktiergerät)	22, 106, 107
Diercks, Carsten	433, 484, 485, 487, 488
Diercks-Norden, Helga	423, 424, 429
Digital Betacam	622
Digital S	536
Digital8	618
Digitale Tonaufzeichnung	604
Digitale Videoformate	
Betacam SX	622
D-1	535, 619
D-2	535, 620
D-3	535, 620
D-5	536, 621
D-6	537, 621, 624
D-7	536, 616
D-8	536
D-9	536, 537
Digital Betacam	536, 558, 565, 622
DVC	536
DVCAM	536, 566, 616
DV	531, 536, 616
DVC Pro	536, 616
DVCPRO HD	537
DVC-Pro	618
D-VHS	536, 588
HDCAM SR	625
HDCAM	625
HD-DVC	535, 617
IMX	623
SC-DVC	535
SC-DVCPRO	536
Dihle, Ulrich	268
Diktaphone	55
DIMOS	523
Dirks, Gerhard	631
Dittmar, Gerhard	380
Dobesch, Franz	501
Dolby Headroom Extension	
Dolby HX Pro	517
Dolby HX	506
Dolby Rauschminderung	
Dolby A	460, 505, 521, 554
Dolby B	505
Dolby C	505, 529
Dolby S	460, 505
Dolby SR	460, 505, 607, 612
Dolby, Ray	460, 505, 506, 546
Dominik, Hans	28
Dominik, Herbert	204
Doppelschicht-Technologie	512, 513
Draheim, Willi	361
Drahttongeräte	360, 361
Dralowid Reporter (Kohlemikrofon)	88
Drei-Motoren-Laufwerk	68, 89, 92, 97, 265, 383, 395, 396, 417, 475
Drenner, Don V.R.	287
Dreßler-André, Horst	180
Drop-outs	315, 356, 599
DTF (Dynamic Track Following)	590, 591
DTRS	612
dual use	22
Duckwitz, Carl August	361
Ducretet, Eugène	193, 290
Dürrenmatt, Friedrich	549
DVD	537, 624
Dynamik	42, 64, 69, 74, 93, 101, 111, 126, 153, 178, 184, 186, 189, 207, 215, 217, 225, 229, 232, 245, 259, 330, 331, 355, 362, 384, 390, 393, 459, 460, 461, 463, 465, 470, 483, 484, 504, 505, 512, 518, 528, 612
Dypka, Anneliese	349
Dziekan, Werner	267, 318, 400, 402, 570

-E-

E.I. du Pont de Nemours	467, 525, 527, 528, 556
EAB (Geiling, Hermann, München)	429
EB (Elektronische Berichterstattung)	558, 562
EBU / UER	364, 552
Echophon Maschinen AG	27, 33, 34, 55

Echophone (der Echophon Maschinen AG)	31
Echtdeckfarben	57, 61, 118
Eckmiller, Hans	206, 259
ED-Beta	535, 584
ED-Camcorder	597
Ediphone (Diktiergerät der Thomas A. Edison Inc.)	106
Edison, Thomas A.(Iva)	8, 9, 11, 12, 23, 26
EE-Magnetband	389, 393, 394
Egerer, Karl Alexander	260
Eggert, John	64, 67, 85, 122, 212, 219, 224, 225, 228, 231, 344, 346
Egk, Werner	186
Egyptian Broadcasting Co.	39
Eichengrün, Arthur	60
Eimert, Herbert	396
Einbandverfahren	387
Einheits-Tonsystem	388, 492
Einschichtband	232
Einschubtechnik	186
Einstreifenverfahren	489
Eisenfilmbreite	67, 81
Eisenhower, Dwight D.	291
Eisenmohr (Fe ₃ O ₄)	50, 52, 120
Eisenoxid → γ-Fe ₂ O ₃	50
Eisenpigment	511
Elcaset	393, 522, 523, 524, 609
Electrical World, The (Fachzeitschrift)	11
Elektroakustik Gebrüder Israel	373
Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld	345
Elektron OHG	381
Elektrotechnische Zeitschrift	19, 33
Elser, Georg	114
EMI	
Tonbandgerät BTR/1	290, 296
Tonbandgerät BTR/2	296
Tonbandgerät TR 90	296
EMI	276, 290, 346, 382, 457, 502, 515, 516, 526, 563, 564, 588
Empfindlichkeit	45, 94, 101, 219, 220, 236, 307, 313, 347, 526
EMT (Elektromesstechnik W. Franz KG)	429, 521
EMTEC Magnetics GmbH	441, 453
Endosapparat	56, 64, 70, 84
Endo, Junosuke	194
Engelhardt, Rudolf	343
Engelmann, Bernt	488
Engl, Joseph (Jo) Benedict	29
Enigma	141, 142
Enkel, Fritz	344, 423, 426
Entbrummer	93
Entmagnetisieren, automatisches, der Magnetköpfe	135
Entmagnetisierungsdrössel	208
Entmagnetisierungsspule	208
Entzerrung	69, 75, 149, 152, 154, 167, 194, 219, 338, 362, 363, 393, 408, 516, 529
Erbslöh, Paul-Günther	44
Eschenbach, Rolf	484
Eumig	578, 579
EVR	567, 568, 601
Exner, Wilhelm von	17

-F-

Fachnormenausschuss Elektrotechnik (FNE)	366
Fachnormenausschuss Magnetton	276
Fairchild	296
Fallschirmsprung (mit Tonschreiber)	143
Fankhauser, Charles K(ingsley)	12
Fanselow, Heinrich	55, 80, 88, 239
Farbenfabrik Wolfen	345
Farbenfabriken Bayer	57, 343, 344
Farb-Subsampling	614
FBAS-Signal	538, 539, 614
Fe ₃ O ₄ (Magnetit)	50, 51, 52, 59, 98, 99, 100, 101, 120, 121, 122, 126, 128, 170, 189, 219, 223, 228, 292, 293
Federal Communication Commission (FCC)	624
Fehse-Quartett	197
Feindsender	78
Ferdinand Schuchardt Berliner Fernsprech- und Telegraphenwerk AG	31, 34, 38
Ferger, Fritz	254
Fernseh GmbH	549, 552, 564
Ferracute (Smith, Oberlin)	9, 10, 12
Ferrit	120, 315
Ferrograph	283
Festplattenrecorder	624
FIAT Final Report 705, High Frequency Magnetophon Magnetic Sound Recorders	205, 289
7FIAT Final Report 923, Further Studies In Magnetophones And Tapes	166, 289

FIAT Final Report 951, The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System	144
Fidelipack	500
Field Information Agency, Technical (FIAT)	288, 293
Fikentscher, Hans	226, 228, 233
Filmbespurgung	388
Filmklammer	128
Filterwelle	412, 413, 443
Finnischer Rundfunk	114, 115
Fischer, Edwin	111
Flachbildschirm	624
Flachmann, Emil	29
Flickenschildt, Elisabeth	549
Flinker, Max	79, 86
Flugsicherungsband	628
Folienfabrik Fürth-Forchheim	227, 308, 311
Ford, Mary	456
Forest, Lee de	21, 29
Forschungsamt	138, 140, 141, 146, 171
Forschungsstelle der Reichspost (FST/DRP)	140
Forschungsstellen A	141
Forschungsstellen B	141
Franke, Konrad	255
Franke, Rudolf	73
Franz Joseph I. von Österreich-Ungarn	17
Frequenzmodulation	309, 312, 429, 570
Freund, Karl	30, 488
Friedmann, Paul	61, 62, 63, 110, 118, 120, 122, 123, 129, 197, 217, 218, 223, 225, 233, 236, 312
Fritzsche, Hans	200
Froelich, Carl	29, 214
Frühjahrsmesse Leipzig 1939	131
FTZ (Filmtechnische Zentralstelle)	195, 480
Fuchs, Hermann	192
Fuller, Leonard F.	22
Füllschriftverfahren	396, 446
Funai (CVC)	535, 594
Funkausstellung Berlin 1934	82
Funkausstellung Berlin 1935	
Großfeuer	96, 97
Funkausstellung Berlin 1935	95, 97, 107, 113, 118, 121, 137, 138, 180
Funkspiele (der deutschen Abwehr)	141
Funktechnischer Vorwärts	83
Funkversuchswerk Berlin	263, 375
Furtwängler, Wilhelm	110, 197, 198, 206

-G-

Gabrilovitch, Leonide	158
Gaede, Waldemar	487
GAF	346
Gajewski, Fritz	85, 209, 224
Ganz, Bruno	115
Gau, Heinrich	398
Gaus, Wilhelm	58, 61, 108, 119, 208, 209, 241
Gaus-Bücher-Abkommen	56, 58, 220
Gea-Bandsprecher	81, 82
Gegentaktverfahren	190
Geissmar, Bertha	110
GEMA (Gesellschaft für Elektroakustische und Mechanische Apparate)	44, 240, 361, 377
Genning, Ernst	361
Georg Neumann GmbH	175, 183, 368, 446
George, Heinrich	197
Gerber-Norm	537, 543, 548
German Plastics Practice	288, 289
Gevaert, Mortsel	346
Gießgeschwindigkeit	67, 124, 126, 234, 235, 307, 354
Gießmaschine Aschbach	306, 342
Ginsburg, Charles	294, 546
Gladhorn, Werner	225, 346
Glasmeyer, Heinrich	181
Gleichlaufmotor (Tonmotor)	91
Glimmlampe (Magnetophon K 2)	100
Gloor, Walter E.	288
Godel, Wilhelm	122, 229, 234, 235
Goebbels, Joseph	137, 142, 173, 199, 239
Goetze, Rudolf 267, 269, 318, 320, 327, 328, 399, 403, 572	
Goggin, William C.	288
Goldmark, Peter	395, 494, 567
Goldschmidt, Robert	54
Gondesen, Karl-Erik 115, 272, 279, 335, 410, 422, 423, 425, 426, 427, 428, 429, 432, 433, 485, 486	
Gondi	423, 429, 430, 484
Göring, Hermann	137, 140
Goźów Wielkopolski (Landsberg an der Warthe) ..	226
Götz, Monika	491, 492
Götz, Wolfgang	491
Graetz KG	369, 377
Graetz-SAJA-Tonbandgeräte	377

Greiner, Joachim	367
Grimme, Adolf	486
Grisuten (PE-Folie)	345, 346
Gropp, Jakob	360
Grundig	
BK 100	532, 533, 566
Einbau-Chassis Standard 500	349
LVR-Interesse	578
Reporter 300	316, 349
Reporter 500L	349
Reporter 700L	349
Stenorette B	360
Stenorette C	360
Stenorette S	359
SVR	534, 588, 589, 598
TK 1 Luxus	382
TP 100	594
VCR	540, 581, 583, 598
VCR-Longplay	534, 588, 598
Video 2000 440, 533, 534, 579, 588, 590, 591, 594, 595, 599	
Videorecorder BK 100	567
Videorecorder VR-2000	582
Wechsel zu VHS	592
Grundig, Max	316, 349, 497, 499, 588
Gülle & Piniek	380
Gummiendruckrolle ..	70, 80, 88, 90, 94, 133, 168, 276, 277, 322, 369, 371, 378, 379, 406, 412, 420, 426, 500

-H-

Haarisse	86
Habel, Fritz	574
Haber, Fritz	62, 63, 77, 120
Hadamowsky, Eugen	180
Haddy, Arthur	460
Hagemann, Emil Schack	17
Hagemann, Waldemar	28, 33
Hahn, Reinhold	72, 575
Haken, Kurt von	53
Hallen Corporation	467
Hametag (Hartstoff-Metall-A.-G.)	109
Hamsterfahrten	311
Handbuch der Studiotechnik / Ton ..	183, 206, 263, 369, 370
Hansen, Friedrich	29
Harbou, Thea von	28
Harich-Schneider, Eta	111
Harkensee, Harald	318, 402
Harman-Kardon CAD 5	504, 525
Hartmann, Günther	402
Hartpapiering (Produktions-Wickelkern) ..	106, 128, 310
Hartstoff-Metall-A.-G. (Hametag)	55
Hauptlaboratorium (I.G. Farben Ludwigshafen) ..	59, 62, 63, 121, 226, 232
Haus des Rundfunks (Berlin, Masurenallee) ..	173, 244, 252, 253, 254
Hawkeye	557
HDCAM SR	625
HDCAM	536, 625
HDTV (High Definition Television) ..	535, 536, 537, 554, 624
Heck, Ludwig	205
Heeres-Waffenamt	95, 139, 145, 147, 153, 154, 158, 172, 189, 206, 208, 217, 219, 235, 241
Heidenwolf, Hermann	34
Heimtonbandgeräte	349, 351, 352, 364, 366, 376, 377, 378, 381, 383, 386, 389, 393, 395
Heinrich-Hertz-Institut	73, 75, 260
Heinzman, Lewis C.	291
Heising, Kurt von	32, 33, 38, 39, 42
Helical scan	Siehe Schrägschraufzeichnung
Henderson, Shelby	546
Henßen, Gottfried	112
Hermann, Hans-Dieter	574
Heyne, Hans	209, 220, 228, 241, 401
HHI (Heinrich-Hertz-Institut)	75, 76
Hi8	534, 536, 540, 597
HiFi-Tonbandgeräte	383
High-Speed Audio Duplicating	514
Hilpert-Tonstudiotechnik	454
Himmeler, Heinrich	114
Hindemith, Paul	28
Hinterbandkontrolle ..	42, 80, 88, 92, 101, 135, 137, 153, 178, 189
Hitler, Adolf	114
Hochfrequenzvormagnetisierung	175
Hochfrequenz-Vormagnetisierung ..	22, 35, 45, 65, 84, 119, 120, 132, 146, 166, 168, 172, 183, 185, 187, 189, 192, 193, 194, 195, 199, 207, 208, 250, 259,

290, 293, 313, 314, 359, 374, 378, 423, 432, 471, 506, 604	
Hoechst AG	343
Höger, Fred	111
Höhenaussteuerbarkeit ..	358, 460, 504, 507, 512, 513, 516, 518, 519, 526, 529
Hollerith, Herman	631
Holzach, Karl	193
Holzamer, Karl	150
Horchempfänger	139
Horchempfängerplatz	139
Hormann, Ernst	45
Hörmann, Hans	344
Hornauer, Willy	31, 33
Horn-Löschkopf	101, 190
Hostaphan-Folie	353
HTS (handgesteuerte Truhe, stationär)	98, 185, 210, 253, 260, 290
Hubmann, Hans	195, 200
Hugo-Mailhak-AG	430
Hühn, Werner	120, 315
Humig (R 63, Magnetophon-Truhe)	182, 186
Huth, Erich F.	27, 71
Hyttén, Ejnar Alexander	19

-I-

I.G. Farben Werk Leverkusen	264
I.G. Farben Werk Wolfen 46, 60, 67, 85, 122, 179, 213, 223, 226, 231, 345, 370	
I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Werk Ludwigshafen ..	46, 50, 84, 85, 110, 117, 118, 122, 213, 218, 225, 239, 241, 244, 346
I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft ...	5, 45, 50, 54, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 65, 85, 119, 122, 224, 288
IEC / CEI	323, 366, 508
Igelit	228
Ihle, Max	348, 363, 607
IMX	623
Industrie- und Filmmuseum Wolfen	122
Industriroboter	623
Institut für Hochfrequenzforschung	298
Institut für Lauforschung der Universität Berlin	111, 112
Institut für Musikforschung der Universität Regensburg	112
Institut für Rundfunktechnik	
IRT	363, 422, 462, 487, 579
RTI	292, 363, 427, 486
RTZ	292, 318
Rundfunk-Betriebstechnik GmbH	312
Rundfunktechnische Zentrale (RTZ) ..	206, 235, 237, 276, 298, 308, 313, 363
Instrumentationsband	627
Interlock-System	487
International Telephone and Telegraph Co. (ITT) ..	34, 35
Invertguss	85, 225, 483
Ipsophon	361
IVC (International Video Corporation)	534, 552, 618

-J-

Jäckel, Gerhard	402
Jacqué, Heinrich	221, 226, 227, 228, 229, 231, 235, 236, 308, 311, 353, 357, 439
Janvier, Henry A.	12
John, Heinz	573
Jungk, Klaus	473
JVC	
Videomovie	595
JVC (Victor Co. of Japan Ltd.)	543, 585, 598, 600

-K-

Kalander (PVC-Folie)	227, 228, 237, 308, 342, 357
Kalandrieren	126, 229, 357
Kammermikrofon	93
Kam, Ludwig	139
Käse-Gerät	181
Käse-Magnetongerät	180
Kassetten-Gerät der Reichspost	172
Kaufmann, A. (Mitarbeiter von Haber, Fritz)	120
Kauzmann, Gerd	570, 572
KB 100 (VEB Fernmeldewerk Leipzig)	377, 380
Keller, Amandus	426
Keller, Richard	54, 55, 239
Kerkhof, N. N.	139, 145, 147, 241, 298
Khuon, Ernst von	150
Kieß, Günter	216, 477
kinescope recording	544, 546, 548
Kinotechnische Gesellschaft	31, 281, 473
Klangfilm G.m.b.H.	46, 57, 177, 210, 216, 240, 479, 480, 486, 569

Klangfilm-Magnetocord	479, 489
Klangfilm-Rotosyn	487
Klappenecker, Wilhelm	33, 41, 42
Kleinstmagnetongerät R 26b / Beyer & Preiss (Beyco)	375
Kleinst-Übertragungsgerät R 26	207
Kleinstudio-Tonbandgeräte	382, 383, 395, 400
Klemp, Hans-Joachim	575
Klung, Otto	27
Kluth, Heinrich	44, 49, 51, 165
Knochenhauer, Friedrich	377
Knothe, Herbert	402
Kodak	30, 357, 496, 568, 633
Kodak-Pathé	346
Kofes, Albert	34
Kolplex-Mühle	219, 223
Konfektionierung	128, 235, 310, 354
König, N. N. (AEG)	253, 258
Kontakkopien, magnetische (1941)	211
Kontaktwickel	169, 277, 570, 576
Kopfeinstellung	266
Kopfräger R 7	132, 186, 187, 247
Kopfräger R 7a	132, 192, 247
Kopfräger, Heimtongeräte	341
Kopfräger, Studiogeräte	339
Kopfräger 87, 100, 104, 132, 135, 149, 155, 182, 184, 185, 188, 246, 251, 272, 294, 295, 332, 335, 336, 337, 340, 369, 371, 382, 403, 404, 410, 412, 415, 416, 417, 418, 424, 426, 427, 443, 450, 475, 523	541
Kopfzylinder	541
Kopierdämpfung	218, 231, 236, 307, 310, 392, 436, 437, 460, 461, 462, 464, 465, 516, 518, 525, 526, 608
Kopiereffekt	218, 219, 220, 313, 390, 436, 461, 484, 604, 605
Kornei, Otto	45
Körting	356
Kosten, Wartheland	184, 185, 189, 206, 292
Kreichgauer, Alfons	111
Kreidach (Bahntunnel)	236
Krones, Friedrich	344, 347, 351, 603
Krüger, Helmut	205, 206, 244
Krummacher, Friedrich August	116
Küchenmeister, Heinrich	31, 32, 44, 45
Kudelski	
Nagra II	471
Nagra III	471
Nagra-D	607
Kudelski, Stefan	296, 297, 328, 382, 396, 432, 471, 480
Kurrein, Max	73, 77
Kürzeder, Alfons	494, 501

-L-

Lalesse, Herman Cornelis	496
Landsberg an der Warthe	226
Lang, Fritz	28
Lang, Klaus	199
Langspielplatte	379, 395, 567
Längsschwingungen	335
Längsspurverfahren (Video)	532, 569
Languepin, Jacques Emile Jules	61
Lauer, Hermann	489
laugh track	295
Le Service de la Radiodiffusion	39
Leacock, Richard	485
Lear, William Powell (Bill)	500
Leça, Armando	112
Leerbandteil	365
Lehrer, Erwin	64, 65, 84, 120, 194, 195
Leithäuser, Gustav	28, 31, 260
Leitner, Ferdinand	197
Lennert, Frank	294
Leubner, Adolf	344
Lewala, Zacharias	27
Library of Congress, Washington D.C.	290
Lichte, Hugo	165
Lichttonfilm	29, 209, 215, 224, 470, 473
Lichttonkamera	177, 212, 214, 467, 468, 479
Lichtzeiger-Tonmesser	173
Lieben, Robert von	21, 173
Lieben-Konsortium	23
Lindsay, Harold	294
Linearaufzeichnung (Video, AEG Wedel)	570
Linienzahl	554
Lippert, Werner	260, 290
Lochschanlage	313
Loewe, Siegmund	377
Loewe-Opta	347, 348, 377, 382, 493, 588
Optacord 412	382

Optacord 500	348, 533, 563, 566
Optacord 600 C	566
Optacord 600	566
Optacord 602 / 603 S	566
Optacord 700 Color	582
Optaphon 51 Wa	493
Logmatic	521
Lohmann, Adalbert	485
loop bin	514, 518, 603
Löschdrossel	208, 378, 430
Lösche, Fritz	348, 349
Löschpistole	208
LTO (Linear Tape Open)	624
Lübeck, Heinz	51, 170, 194, 200, 210, 211, 212, 240, 241, 258, 298, 362
Ludwig Blattner Picture Corp. Ltd.	32
Luminanz (Def.)	538
Lusitania (Passagierschiff)	22
Luvitherm-Maschine	228
Luvitherm-Verfahren (PVC-Folie)	226
LVR	170, 277, 532, 534, 576, 577, 578, 579
Lyrec	459

-M-

M II	558, 597
Machtronics	566
Magnecord	296
Magnetbandnormung	362
Magnetfilm 31, 203, 209, 212, 214, 215, 224, 225, 344, 345, 353, 409, 411, 440, 467, 468, 469, 470, 475, 477, 481, 482, 486, 489, 551	440, 627, 628
Magnetfolien	233
Magnettherm	127
Magnetitband, rotes (gamma-Fe ₂ O ₃ , Maghamit)	158
Magnetkopf, rotierender (Tonschreiber b)	479, 489, 490, 491
Magnetocord (Siemens)	189
Magnetofon (RRG-Schreibweise)	198
Magnetofonkonzerte (RRG)	51, 62, 117, 141, 142, 209, 210, 217, 219, 220, 221, 224, 231, 232, 240, 241, 253, 254, 255, 258, 259, 260, 264, 277, 368
Magnetophonband	
Technischer Stand 1935	120, 288
Technischer Stand 1940	120, 288
Technischer Stand 1945	288, 292
Magnetophonband LGS	355
Magnetophonbandfabrik (Neubaupläne 1942)	225
Magnetophonbandfabrik Ludwigshafen	362
Magnetophonbandfabrik Waldmichelbach i. Odw.	232, 236, 292, 306, 347
Magnetophone	Siehe Carhart, Henry S.
Magnetophone (der Echophon Maschinen AG)	31
Magnetophonograph	81
Magnettrack System	294
Magnettonpiste	388
Magnettonrandspur	489, 490
Mahle, Hans	254
Maihak	103, 264, 270, 363, 396, 429, 430
MMK 1	151, 430, 432
MMK 2	430, 486
MMK 3 (R 86)	430, 432, 484
MMK 3 tr	431
MMK 4	430, 431
MMK 5 feld	431
MMK 6	431, 432, 433, 479, 490
MMK 7	432
Reportofone	430
Mamor, Armand	29
Mann, Wilhelm Rudolf	114
Mannerheim, Carl Gustav	115
Marconi Wireless Telegraph Co. Ltd.	39, 41, 46, 98, 143, 544
Marconi-Stille-Stahlbandmaschinen	
MSR-3	39, 41
SCR-1	39
Marquardt, Ortwin	98, 259
Martin, George	457
Massolle, Joseph	29
Masterson, Earl E.	467, 540, 551, 569
Matsushita Corp.	543
Matthias, Friedrich	61, 62, 71, 77, 97, 110, 118, 119, 122, 123, 125, 127, 129, 170, 176, 180, 185, 189, 197, 209, 217, 219, 223, 226, 228, 232, 235, 236, 237, 240, 241, 288, 342
Mäuse, weiße	313
Max Ihle, Apparatebau	
Ferrophon	348, 433
PhonoRex	348, 433
Reportagegerät R 85 / R 85a	348, 396, 432, 433
Max Kohl AG, Chemnitz	24

Max und Moritz	307, 315
Maxey, Alex	546
Mazzoni, Leandro	111
McClatchy Broadcasting Co.	291
MCI	442, 458, 459
Mechanical Calibration Mechanism	510, 511
Mechau, Emil	57
Mechlabor	373, 374, 442
Mediger, Harald	209, 346
Meergold-Projekt	62
Meistersinger (Oper, Bayreuth 1943 / 1944)	206
Menard, James Z.	205, 206, 289
Mengelberg, Willem	179
Mercury Living Presence	484
Merkel, Erich	437
Mersolat	311
Messerschmitt AG	117
Metallidamp-Magnetband	530, 535, 596
Metallpigmentband	528, 529, 530, 531, 536, 554, 558, 565, 596, 621
Metz Musikus	274, 379
Meyer, Erwin	45, 73, 74
MGW (VEB Messgerätekwerk Zwönitz)	
BG 19	375, 376, 377, 378, 379
BG 20	377, 379, 380
BG 20-1	379
BG 20-5	379
BG 20-6	379
BG 22	380
BG 24	370
BG 26	380
BG-26 Luxus	380
Microcassette	501
Micro-Video System	594
Mikrofonverstärker Anton (V 39)	188, 206
Miller, Alfred	226
Miller, James Arthur	178
Minifon	361, 495
Minifon-attaché	495
Mirror Master Tape	602
Mitsubishi Electric Corporation	606
Mix & Genest, Berlin	15, 17, 73
Mobile Fidelity	516, 526
Modulationsrauschen	309, 310, 391, 392, 438, 461, 462, 482, 484, 516, 526, 605
Monske, Nikolaus	361
Morita, Akio	508
Motosacoché S.A.	297
MPEG-2	625
MPEG-4	625
Mühlbauer, Fritz	220
Müller, Carl	401
Müller, Karl Siegfried	70
Müller, Willy	361
Müller-Ernesti, Rolf	102, 134, 135, 211, 241, 267, 602
Mullin, John T(homas)	110, 204, 291, 293, 295, 576
Multiplay	385
Multitrack-Recorder	458, 460, 607
Murnau, Friedrich Wilhelm	488
MusiCassette	499, 507, 514, 515, 516
Music-center (Schaub-Lorenz)	377
Musik, elektronische	396, 458
Musique concrète	396
MWA Albrecht G.m.b.H.	
Albrecht, Wilhelm	475
Firma	480
MB 2	476
MTK 1	475, 480, 482
MTK 4	475

-N-

Nachsteuergerät	
R 90	487
R 91 T	411, 487
Nagai, Kenzo	194
Nakamichi	504, 505, 529
Nalepastraße (Funkhaus der DDR)	254, 368
Nationaltheater Mannheim, Versuchsaufnahmen 1935	89, 110
Niederlandse Radio Unie	179
Nentwig, Georg	399
Neopilotton	472
Neper (Pegelrechnung)	184
Nestel, Werner	192, 401, 419, 423, 574
Neumann, Heinz	401
Newell, Chester W.	170, 576
NHK (Nippon Hoso Kyokai)	558, 606, 620, 624
Niewiadomsky, Gerhard	488
Nippold, Max	170
Nippon Columbia	606
Nissen, Hans Friedrich	223, 224, 225, 231

Nitrozellulose (Zellulosenitrat)	58, 63, 67
Nordisk Elektroakustik A/S	521
Nordmende350, 568, 581, 582, 588	
Normal- und Testband 1950	363
Normal-8 mm-Film	388
Normalband (Charge 368, ca. 1939)	129, 219, 225
Normalband	310, 314
Normalfrequenzband	363
Nowack, Kurt	401
NTSC-Standard	538
Nublat, René	29
Nyquist, Harry	606, 614

-O-

O'Neill, Joseph	29, 52
Oberflächenvergütung	357
Oberingenieur-Problem	317
Oexmann, Heinrich	52, 53, 76
Oexmann, Veronika	53
Ohe, Wilfried von der	572, 573
Ohlinger, Manfred	527
Okumara, Shiro	543
Ölkers, Adolf	267
Olympia Wilhelmshaven	76
Olympische Sommerspiele Berlin 1936	114, 177
Olympische Spiele 1940	114
Omega-Gang (Entzerrung)	69, 408
One-to-One (Video-Duplizieren)	602
OPB	288
Operation Paperclip	293
Orlich, Heinz	195, 213, 214, 215, 290
Orr, John H(erbert)	232, 235, 288, 290, 291, 500, 501
Orradio Industries, Inc.	292
Ortsfunktion	69, 604
Otari	
DTR-900 PD	607
MTR-100A	458
MTR-90	458
MX-70	458
TMD	603
Ottens, Lou F.	496

-P-

PAL-Farbsystem	538
Panasonic 523, 531, 533, 535, 536, 537, 543, 557, 558, 611, 620, 621	
Pappring (Produktions-Wickeln)	128
Parlophon (Diktiergerät)	106
Patzschke, Willi81, 83, 91, 113, 170, 239	
Paul, Les	456
Pausenzeichenmaschinen	428
Pavek Museum of Broadcasting	110
Pavel, Andreas	508
PD (Digitalverfahren Mitsubishi)	606
Pedersen, Peder Oluf	15, 493
Pegeldiagramm	183
Pegelschrieb	218, 219
Pennebaker, Don Alan	485
Perutz Photowerke GmbH	481
Petersen, Waldemar	243
Pflaumer, Karl	197, 220, 221, 224, 226, 228, 229, 288, 292, 315, 501
Pfleumer	
Agnes	50
Fritz47, 51, 55, 70, 76, 120, 190, 203, 292, 455, 530	
Hans	48
Herman	47, 48
Minna	47
Patentliste der Familie	636
Robert	47
Pflichtenhefte (ARD)	145, 364, 412
Pfost, Fred	546
Philips 65, 135, 276, 344, 350, 351, 367, 390, 486, 506, 517, 525, 528, 552, 588, 611	
DCC	611
EL 3300, EL 3301, EL 3302	498
EL 3312	498
EL 3400	533, 566
EL 3566	296
EL 3585	382
Heimmagnetophon Maestro	264
LDL 1000	525, 532, 533, 555, 567
Magnetbandschreiber Type 100 39/02	264, 297
N 1500 (VCR)	567, 582
VCR	540, 581, 583, 598
VCR-Longplay	534, 588, 598
Video 2000	533, 534, 579, 590, 591, 595, 599
Wechsel zu VHS	592
Werk Hasselt	496

WIRAG	496
Philips-Miller-System	135
PhilMil-Band	178
Phonokardiographie	113
Pieplow, Hans Werner	350
Pigment, nadelförmiges	351
Piloton77, 195, 213, 215, 374, 399, 402, 409, 411, 432, 439, 442, 445, 450, 469, 470, 471, 472, 485, 486, 488, 490, 492	
Playback	383, 385, 417, 456
Pleister, Werner	484, 485
Poelzig, Hans	173
Polskie Radio	39
Polyamidfäden	362
Polyethylen-terephthalat-Folie (PE)	353
Polymikrofonie	458
Polyvinylchlorid (PVC)	67, 221, 227, 228, 395
Poniatoff, Alexander M.	294, 295, 546, 570
Popow, N.N. (Major der Roten Armee)	254, 256
Pötschke, Ingo	376, 381
Poulsen, Valdemar	12, 13, 23, 73, 493
Prochnow, Rudolf	528
Production Permit	267
Produits Perfectone S.A.	297, 471, 480, 521
Propagandakompanien (PK) .. 138, 139, 145, 153, 200, 221, 231	
Prose, Rüdiger	488
Protokolliermaschine	82, 83
Protona GmbH	361, 495
Prüf 7 (Heeres-Waffenamt)	139, 142, 153
punch ins	462
Pupin, Michael (Mihajlo Idvorsky)	54
Pupin-Spule	54
Pyräl	346, 482, 483, 484, 633

-Q-

Quadruplex-Format 532, 545, 549, 550, 552, 557	
Quantegy, Incorporated	292
Quellet, Georges	297, 328, 382, 396
Quellkörper	60, 223
Quellmalz, Alfred	112

-R-

Radebeuler Maschinenfabrik August Koebig G.m.b.H.	118, 122, 225, 226, 234
Radio France	357
Radio Luxembourg	204, 291, 292
Radiodiffusion Française	296, 346
Radio-Steiner AG, Bern	36
Radio-Stunde-AG	173
Radiotechnische Fabrik Viktor Stuzzi	382
Raks-Gruppe	346
Ranger, Richard H(owland) ... 104, 237, 238, 253, 289, 291, 293, 346, 347, 469	
Rangertone	237, 291, 470
Rank, Wolfgang	300
Rathenau, Emil	53
RCA-Cartridge	494, 496
Redlich, Horst	264, 274, 277, 475, 568, 575
Reeves Soundcraft	296, 468, 563, 564, 633
Reeves, Alec Harley	606
Reeves, Hazard E.	468
Reeves, P. Kennedy	12
Referenzleerband364, 365, 366, 439, 464, 496, 508, 511	
Reiche, Hans-Joachim	486
Reichsautozug Deutschland	113, 114, 115
Reichskriegsmarine	22
Reichsluftfahrtministerium	137, 140
Reichsministerium für Volksaufklärung und Propaganda (RMVP) . 137, 140, 141, 142, 199, 200	
Reichspost, Deutsche 95, 100, 108, 117, 132, 138, 140, 168, 171, 183, 208, 217, 290, 493	
Reichspost-Zentralamt	54
Reichsrundfunk (Hauszeitschrift der RGG) 150, 153, 188, 192, 201, 286	
Reichs-Rundfunk-Gesellschaft (RRG)28, 35, 38, 42, 86, 95, 98, 103, 105, 106, 107, 108, 114, 117, 126, 127, 129, 132, 137, 138, 150, 153, 158, 173, 174, 175, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 193, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 207, 208, 210, 211, 214, 217, 218, 219, 221, 225, 230, 231, 244, 252, 253, 293, 347, 363, 424, 428, 455	
Reichsrundfunkammer	180
Reichssender	182, 368
Hamburg	177
Leipzig	189
Stuttgart	111
Reichssicherheitshauptamt	117, 138, 141

Reisz, Eugen	21
Reiter, Barbara	424
Reportocord-Gerät 16 M/R	479
Ressel, Kurt	399, 401
Retsch-Mühle	121, 125, 127, 219, 220, 223
Revex	
A77	384
B77	384, 393
ELA AG Willi Studer	442, 581
RFZ	263, 368, 550
R 700	368, 370, 371
R 722/1	372
R 722	372
Videorecorder Mavicord QR 300	550
R 21	375
R 220	375
R 23b (Umbaustelle Dr. Lange, Berlin-Adlershof)	263
R 23c/1	263
RGW	345, 368, 369, 381
Rhein, Eduard	97, 211
Ringkernkopf 45, 49, 76, 77, 78, 79, 101, 170, 348, 575	
RMVPsiehe Reichsministerium für Volksaufklärung und Propaganda	
Robl, Rudolf122, 221, 222, 229, 233, 235, 236, 306, 353, 437, 563	
Röder, Bruno	399, 402, 569, 571
Rohwer, Jürgen	137
Rohwickel 12,7 mm	601
Rohwickel 3,81 mm	517
Roosevelt, Franklin D(elano)	115, 140
Rote Armee	252
Rote Kapelle	141
Roth, Wilhelm	356
Rtcheouloff, Boris	544
Rückseitenmattierung 346, 388, 389, 391, 392, 393, 410, 437, 439, 462, 464, 563, 564	
Rückwärtssteuerung	486
Ruhmer, Ernst	15, 29, 81
Rundfunkautomatisierung	518, 522
Runge, Wilhelm	570
Russisches Technisches Büro für Kinematographie	289
Ryder, Loren L.	468, 491

-S-

Saba	
600 SH	384, 501
Sabamobil	501
Sachsenmaier, Anton	138
Sack, Erna	197
Sala, Oskar	28, 613
Salazar, António de Oliveira	151
Sander & Janzen	
Firma 162, 241, 253, 263, 350, 368, 369, 370, 373, 375, 376, 380	
Janzen, Otto	163, 253, 260, 368
SJ 100	369
SJ 103/1	370, 372
SJ 103a	370
SJ 103b	370
SJ 105	376
SJ 110	376
SJ 155	380
Sandviken AB	42, 43
Sasaki, Siro	194
Sayville (Long Island, New York)	22
Schacht, Hjalmar	108
Schaeffer, Pierre	297, 396
Schäfer, Hermann	115
Schallaufnahme R 122a	132
Schallfilm	177, 212
Schallfolie (Igephon)	86
Schallfolie42, 86, 95, 114, 176, 177, 180, 202, 368	
Schallband	389
Schätz, N. N. (AEG)	240, 243, 253
Scheffler, Otto	252, 253
Schellackplatte	175
Schellin, Roland	238, 430, 431
Schepelmann, Hans ..62, 111, 197, 208, 209, 218, 220, 240, 241, 255, 256, 259, 265, 267, 274, 298, 315, 316, 317, 349, 353	
Schere, unmagnetische	389
Schichtband66, 122, 220, 221, 228, 231, 233, 234, 344, 352	
Schichtlage 71, 281, 285, 295, 332, 370, 371, 372, 378, 402, 410, 411, 412, 415, 417, 428, 443, 444, 445, 446, 450, 451, 453, 454, 495, 511	
Schießbaumwolle (Nitrocellulose)	67

Schleißer, Hans	103, 108, 138, 145, 180, 198, 213, 218, 236, 240, 241, 244, 257, 259, 260, 266, 267, 298, 306, 337, 427
Schleifenkasten	461, 514
Schmalfilmvertonung	330, 388
Schmidbauer, Otto	214, 261, 273, 274, 367, 548
Schmidt, Richard	85, 195, 197
Schmierbandsuchgerät R 78	312
Schnapp, Friedrich	197
Schneider, Ulla	559, 562
Schoenemann, Karl	58, 61, 82, 84, 107, 119, 120
Schoenmakers, Jan	497, 502, 503
Schrägspraufzeichnung mit geprägtem Magnetband (AEG)	571
Schrägspraufzeichnung 317, 399, 402, 541, 550, 552, 553, 569, 570, 574, 575	
Schröder, Heinrich	267
Schüller, Eduard: Diplomarbeit	74
Schüller, Eduard	45, 50, 51, 52, 53, 56, 63, 67, 70, 71, 73, 76, 84, 88, 89, 96, 120, 135, 138, 139, 144, 145, 158, 169, 170, 183, 185, 190, 194, 195, 206, 208, 214, 215, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 253, 254, 256, 257, 258, 263, 264, 267, 272, 277, 281, 316, 317, 318, 320, 332, 343, 397, 399, 402, 403, 423, 455, 469, 470, 493, 540, 551, 568, 569, 570, 573, 574, 575, 576, 638
Schulz-Benkendorff, Harald	571
Schulze, Otto	43, 489
Schünemann, Georg	28
Schürer, Josef	214, 429, 431, 470, 471, 472, 485
Schuseil, Alfred	150
Schwandt, Erich	45
Schwarzplatte	175, 177, 178, 180, 202
Schweizerischer Kurzwellendienst	39
Schwermaschinenbau Karl Liebknecht	380
Scully	459
SECAM-Farbsystem	538
Seeber, Guido	30
Seiberth, Hans	312
SEKAMOS	522
Selectavision	567, 568, 601
Selenophon	179
Selsted, Walter	294
Sel-Sync-Technik	456
SEPMAG	119, 209, 216, 468, 487
SEPOPT	487
SFB	263
Sherman, John C.	493
Sichardt, Wolfgang	103, 111
Siebecke, Horst	116
Siemens & Halske	17, 45, 52, 53, 62, 64, 74, 117, 174, 184, 185, 548, 563
Silverman, Patrick	488
Simon, Hellmut Richard	61
Singakademie Berlin	212
Singakademie Berlin	198
Singer, N. N., AEG-Patentbüro	78
slant azimuth method	543, 583
Sluis, Peter van der	497
SMAD (Sowjetischer Militärischer Abschirmdienst)	255
Smith, Oberlin	5, 8, 12, 17, 61, 151, 325, 631
Snoek, Jacob Louis	315
Snyder, Ross H.	456
Société Nobel Française	346
Soldatensender Belgrad	204
Sonderdienst Seehaus	117, 141
Sondor	297, 348, 480, 481
Sony	
Betacam SP	557, 558, 565, 622
Betacam SX	536, 558
Betacam	558
Betamax	533, 534, 583, 584, 586
Betamovie	595
D-8	536
Digital Betacam	558, 565
Digital8	618
ED-Beta	535, 584
ED-Camcorder	597
HDCAM	536
Hi8	536, 540, 597
PCM-1600	607
PCM-3324	607
PCM-3348	607
Sprinter	602, 603
SuperBeta	584
U-matic	534, 555, 559, 598
Video8	535, 536, 596
Sorgius, Arne	267
Soundmirror BK-401	293
Spannungskarussell	93
Sparte III (der I.G. Farben, hier Werk Wolfen)	209, 224, 225, 226

Speinshart (Verlagerungsort der RRG-Labors)	184, 189, 292, 347
Spennrath, Friedrich	265, 317
Spionfehler	128, 222
Spiraltrockner	122, 234, 307
Sprachlabor	628
Sprechkopfsatz (Kopfräger)	182, 186
Springer, Anton Marian	165
Spurbreite (Mehrspurmaschinen)	455
Staatliches Institut für Deutsche Musikforschung (STIDMF)	112
Staatliches Musikinstrumenten-Museum Berlin	111
Staats (Horchversuchplatz)	139
Stahlbandgerät	14, 38
Stahlbandgerät	30, 362
Stahlton-Bandmaschine, Senkrechtbetrieb	43
Stahlton-Bandmaschine	34, 42, 83, 97, 135, 177
Stahlwerk Kabel	361
Stancil, William V.	291
Stancel-Hoffman Corp.	151, 291, 467
Stapelfeldt, Arnold	34
Stark, Craig	501, 527
Stauch, August	27
Steenbeck, Wilhelm	487
Steinbachmühle (Neckarzimmern)	227, 233
Stenorette	106
Stepputat, Udo	433, 485
Stereobelt	508
Stereofonie	438, 468, 472
Stille Inventions Ltd.	27, 31
Stille, Curt	19, 26, 27, 30, 44, 119, 240, 361, 377, 493, 544
Stille'scher Fernschreiber	28
Stochersendung	177, 202
Stockham, Thomas G.	606
Stockhausen, Karlheinz	396
Stoffers, Heinrich	267
Stollwerck, Gebr.	27
Strauss, Siegmund	21
Stroboskop	272, 273, 443
Stroboskopscheibe	188, 415
Strohkarton	128
Strohschneider, Hans	116
Strotbek, Fritz	111
Studer, Willi	297
A62	296
A80	442
A800	459
A807	451
A810	451
A816	423, 454
A81R	423
B67	396
C37	370, 395, 443
CAD 3010	521
CAMOS 3000	521
D820MCH	607
D827	607
Studio für Elektronische Musik (NWDR)	396
Studiotonbandgeräte	349, 369, 395, 442
Südwestfunk	185, 253, 259, 306, 314, 397, 457, 489, 548, 549, 554
Super-8-Farbfilm	568
SuperBeta	584
Sveriges Radio Stockholm	41
S-VHS Digital Audio	536
S-VHS ET	536
S-VHS	535, 584, 586, 587, 597
S-VHS-C	534, 587, 597, 600
Synchronmotor	186
Synchroplay	383, 385

-T-

Tandberg	358
Taumelscheibe	266
TBK-Bericht, Untersuchung der in Deutschland entwickelten elektro-magnetischen Methode der Tonaufzeichnung (Magnetophon)	172, 213, 290
TDK Electronics Co. Ltd., Tokyo	599
Technische Universität Berlin	260
Technisch-Literarische Gesellschaft (TELI)	45, 49, 83, 113
TED (Television Disk)	316, 534, 567, 568, 574, 575
Tefifon (auch Tefifon)	9, 180, 244, 259
telcom c4 M	460
Teldec GmbH	358
Teldix	401, 402, 442
Telefonbau und Normalzeit, Frankfurt	165
Telefunken Röhrensender ARS 78	22
Telefunkenplatte	196, 198, 210, 211, 212, 255
Telefunken-Regelung	210, 240

Telefunken-Videorecorder	573
Telegraphie Gesellschaft mbH System Stille	26, 27, 33
Telegraphie-Patent-Syndikat	27, 31
Telegraphon (Poulsen, Valdemar)	12, 14, 15, 17, 19, 21, 23, 24, 81, 360, 493
Telegraphon A.G., Berlin	25
Telephonograph	17
Tesla (Tonbandgeräte-Produktion)	381
Tetrahydrofuran	229, 307
Textophon, BW 1 ... BW 4	34
Textophon	34, 35, 46, 97, 107, 180, 361, 493
Theaterkopie (Bildfilm)	212, 213, 215, 224
Thiele, Heinz	51, 153
Thurrow KG	368, 370, 371, 373
T 150	372
T 200	372
T 2223	372
T 250	372
Thuy, Hans-Joachim	574
Tiffany, George S.	20
time base corrector (TBC)	552
Titanoxid	223, 308, 313
TMD	603
TOBIS (Ton- und Bild-Syndikat)	29, 32, 45, 51, 214, 215, 473
Tobis Filmkunst GmbH	255
Tolana	276, 296
ER 800 M	296
ERM 100	296
ERM 130	296
morphophone	396
Phonogene Universel	296, 396
Ton.S.c (A) =Tonschreiber c (Aufnahme)	145, 150, 152
Ton.S.c (W) = Tonschreiber c (Wiedergabe)	145, 149, 150, 152, 153, 207
Tonband G.m.b.H.	201, 210, 211, 212, 225, 238, 241, 259
Tonbandbriefe	389
Tonbandfreunde	387
Tonfilm	29
Tonhörschwankung	49, 68, 70, 280, 296, 359, 366, 367, 383, 388, 412, 416, 417, 419, 421, 431, 443, 444, 470, 604
Tonhöhenunterschied (Übergang von 77 auf 76,2 cm/s)	68, 276
Tonschreiber	
allgemeine Elektrik	149
allgemeine Mechanik	147
M 36	168, 428
RE 2	138, 144
RE 3	144, 210
Magnetophon K 4 (Militärbezeichnung Tonschrei- ber a)	98, 105, 132, 138, 145, 147, 242
Ts b	166
Ts b	102, 138, 141, 144, 145, 147, 148, 149, 158, 159, 162, 163, 164, 165, 210, 244, 258, 266, 290, 397, 473
Ts b1	147, 255
Ts b2	138
Ts c	138, 145, 147, 150, 180, 207, 210, 219, 291
Ts d	105, 138, 140, 145, 147, 149, 153, 154, 156, 158, 165, 187, 189, 206, 207, 210, 231, 284, 285, 286, 290, 368, 428
Ts e	145, 146, 165, 166, 167, 172, 241, 244, 255
Ts f	109, 146, 166, 167, 244
Ts g	137, 146
Ts h	146
Ts z	146, 147, 172
Tonwelle	68, 70, 78, 87, 89, 90, 94, 97, 98, 103, 133, 162, 168, 247, 265, 268, 276, 277, 279, 282, 283, 294, 313, 320, 322, 328, 329, 336, 337, 348, 369, 370, 387, 396, 399, 404, 406, 411, 412, 413, 415, 421, 443, 444, 450, 497, 510, 511
Toscanini, Arturo	180
Toshiba	
DCR 6000	537
VTR-1	532, 543
Transversalaufzeichnung	45, 471
Trautonium (Sala, Oskar)	28
Trautwein, Friedrich	28
Trenkle, Fritz	138, 145, 172
Tricktaste	284, 323, 326, 385, 496
Tri-Ergon-Lichttonverfahren (Tri-Ergon-Gruppe)	29
Tri-PAL	574
Trommelgießer	66
Turbomischer	223

-U-

Überblendverfahren (Schallplatte)	175
Übersprechen	76, 206, 354, 356, 457, 605
Uddeholm Tooling AB	43

UFA-Palast am Zoo (Berlin)	195, 213
Uhe, Adolf	402
Uher	
1000 Pilot Report	382
4000 report	382
Variocord 263 stereo	382
UKW-Rundfunk	276
Ulnar, Martin	473, 482
Ultra-Projekt	142
U-matic ... 440, 490, 512, 534, 555, 556, 557, 559, 565,	
567, 577, 583, 598, 606, 607	
High band	556, 559
SP 556	
Systempartner	556
UNImatic (Unisette)	521
Unisette	521, 522
Untermann, Eduard ... 86, 91, 104, 138, 239, 243, 252,	
266	
Untermann-Blattfedern	99, 132
-V-	
VCC (Video 2000-Kassette)	591, 600
VCR	533, 540, 577, 581, 583, 598
VCR-Longplay	534, 578, 588, 598
VEB Elektroakustik Leipzig	373
VEB Fernmeldewerk Leipzig	377, 380
VEB Filmfabrik Agfa Wolfen	
C-Band (Magnetophonband Typ C)	232, 345
CH	345
CI	345
CPR 35	346
CPR 50	346
CPS 35	346
CR	345
CRL	345
CSL	345
i-Band	345
ORWO CR 140	346
ORWO CS 35 U 6	345
ORWO CS 50 U 6	345
PS 18	346
PS 25	346
Typ C 1	345
VEB Filmfabrik Agfa Wolfen	345
VEB Funkwerk Köpenick	45, 361, 376, 377
VEB Funkwerk Leipzig	376, 377, 380
VEB Magnetbandfabrik Dessau	346
VEB Messgerätewerk Zwönitz ... 263, 370, 376, 377,	
378, 381	
VEB Stern Radio Stassfurt	
MTG 21	379
MTG 23	379
MTG 25	378
VEB Tontechnik Berlin	368, 376
T 222	372
T 2221	372
T 4224	372
Venuleth	223
VERA	544
Verlagerung (Magnetband-Produktion) 63, 225, 226,	
233, 234, 237, 259, 342	
Verstärker	
V 39 (Tornister-Übertragungseinheit,	
Mikrofonverstärker Anton) ... 155, 188, 206, 207	
V 5	132, 192, 193
V 6 (Wiedergabeverstärker R 23)	188
V 66	336, 337, 338, 442, 490
V 67	336, 337, 338, 429, 442, 490
V 7	132, 136, 182, 184, 186, 187, 188
V 7b (HF-Aufnahmeverstärker) ... 132, 172, 192, 193	
Versuchsballon (Magnetfilm 1935) 45, 119, 209, 213	
Versuchsgeräte CR 11	181
Vertonen (von Dia-Serien)	387
Vetterlein, Kurt	140
VHS (HiFi-Ton)	535, 586

VHS (Video Home System) ... 440, 499, 533, 579, 584,	
585	
VHS-C	526, 534, 535, 558, 593, 595, 600
Adapter	595
VHS-HQ	535
Video 2000, Produktionsende	592
Video 2000	534, 579, 590, 591, 595, 599
Video Hi-8	Siehe Hi8
Video recording, 1949-1956	544
Video8	534, 535, 536, 595, 596
Video8-Konferenz	610
Videomovie	593, 595
Videorecorder (UdSSR)	549
Video-Rohwickel	601
Viertelspurtechnik ... 355, 356, 357, 358, 381, 382, 384,	
393, 455, 494, 628	
Vinoflex MP 400	229, 230, 307
Vinzelberg, Bernhard	45, 218, 241, 244, 258, 377
Vogelsang, Walter	28
Vogt, Hans	29
Voigt, Fritz	70, 78, 239
Volk, Theo ... 54, 55, 64, 71, 78, 81, 89, 91, 110, 113,	
118, 239	
Volksempfänger	95, 286
Volksgerät	82, 95, 264, 277
Volksgerichtshof-Prozesse (Tonaufnahmen)	116
Volks-Magnetophon	264, 277
Volland, Erlangen	492
Vollmer, Eberhard	264, 276, 297, 563
007U-Electronic	299
akusto	299
CC-Kopieranlage Typ 237 / 233	304
Klein-Reporter W 52	299
Kopfräger Typ 206	300
Kopieranlagen	304
M 1	299
Magnetbandgerät 200	304
Magnetongerät M10	303
Magnetongerät MTG 9	303
Mehrspurapparat S 866	305
Perfomaschine 222	301
Studio-Apparatur 236	302
Studio-Magnetbandgerät 204	300
Synchronmotor nach Rank	300
Vollmerino 2002	302
W 52B	299
Vollmer, Heinz	486
Vormagnetisierung ... 9, 15, 69, 84, 93, 135, 137, 149,	
162, 192, 252, 285, 323, 333, 360, 408, 421, 452,	
493, 507, 512	
Vorspannband	202, 389, 519, 577
Vorwärtssteuerung	486
Vorzugsrichtung	351
Vox Maschinen AG	27, 33
Vox-Haus	27, 38, 173
Vox-Schallplatten- und Sprechmaschinen AG ... 26, 27,	
28	
Vulkollan	404

-W-

Wachplatte .. 42, 55, 95, 106, 111, 175, 176, 177, 180,	
183	
Wachplattenabdrech-Maschine (Y 1)	175
Wagenführ, Kurt	153
Wagnerscher Hammer	156
Wald-Michelbach 62, 63, 232, 233, 234, 235, 236, 237,	
264, 289, 312, 342	
walkman	508
Wallbergfund	117
Wallbergstraße	115
Waller, Frederick	468
Walzmasse	58, 121, 127, 234, 236, 306
WaPrüf (Heeres-Waffenamt)	139
Weber, Arthur (Arzt)	113

Weber, Walter .. 120, 174, 182, 184, 185, 189, 194, 213,	
214, 218, 228, 231, 469	
Weberling, Kurt	482
Wechselfeldlöschten	75, 84
Wechselgleichrichter	156, 167
Wehde, Heinz	399, 402, 442, 569, 570
Wehrmacht, deutsche .. 51, 95, 108, 111, 117, 132, 137,	
138, 139, 140, 143, 145, 147, 153, 172, 199, 200,	
208, 212, 217, 219, 225, 231, 236	
Weinbrenner, Joachim	116
Weißfilm (Vorspannband)	202
Weltausstellung Paris 1900	12, 15, 26
Weltwirtschaftskrise	53, 57, 63, 76
Westmijze, Willem Klaes	367
Westpfahl, Hans 63, 70, 71, 77, 78, 88, 89, 97, 98, 101,	
145, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 258, 265, 574,	
575	
Wickelkern ... 87, 97, 99, 104, 105, 106, 124, 128, 132,	
181, 203, 315, 334, 371, 404, 425, 498, 517, 519,	
602	
Wickelteller	86, 251, 271, 281, 282, 403, 404
Wickelverfahren (Video, AEG Wedel)	570
Wiegert-Wegener, Michael	559, 560, 561
Will, Siegfried	402
Willisen, Hans Karl von	44
Windsichter	64, 83, 222
Winter 1947	311
Wlodarcak, Heinz	402
Woelke, Bruno	347, 348, 433, 627
Wohlrab, Hans-Christoph	478, 479
Wolfen (I.G. Farben Werk Wolfen, Magnetband-	
produktion 1943) ... 57, 67, 85, 122, 125, 166, 171,	
177, 203, 209, 212, 213, 216, 217, 219, 224, 225,	
226, 230, 231, 232, 234, 245, 254, 260, 264, 289,	
311, 342, 343, 344, 345, 346, 370, 379	
Wolfgang Assmann G.m.b.H. 76, 627, 629	
Wooldridge, Dean E. 194	
Wooler, John	290, 346
Wright & Wearre	283
Wüst, Philipp	110
W-VHS	536

-X-

XDCAM HD	623
XDCAM	623

-Z-

Zeitbasis-Korrektur	552
Zeitcode (timecode)	446, 452, 458, 472
Zeitfunktion	69, 604
Zeitkonstante	358
Zeitleupe (Magnetspeicher)	579
Zelluloseazetat	345
Zellulosenitrat	67, 96
Zentralarchiv der deutschen Volkserzählung	112
Zentraltechnik des NWDR ... 151, 263, 264, 284, 308,	
335, 363, 426	
Ziehtisch, pneumatischer	122, 234, 307
Zimmermann-Telegramm	22
Zopke, Hans	15
Zubehör	88, 148, 154, 158, 159, 389
Zühlsdorf	241, 242, 252, 253, 255
Zuse, Konrad	631
Zustandsgröße	
akustische	69, 604
elektrische	69, 604
magnetische	69
Zweibandverfahren	388
Zweistreifenverfahren	489, 490
Zwillingapparatur (Reichspost) 100, 132, 140, 141,	
167, 168, 293	
Zwillingsskopf	190, 206, 214
Zwischenband (Vorspannband)	203

Quellennachweise

Ein Großteil der hier verwendeten Dokumente stammt aus wenigen, dementsprechend wichtigen Sammlungen. An erster Stelle zu nennen ist das Unternehmensarchiv der BASF SE in Ludwigshafen. Hier finden sich, wenn auch nicht durchgehend, Belege für die Entwicklungen ab November 1932. Leider wurden keine Akten aus der Ludwigshafener Magnetophonbandfabrik gefunden, also auch keine Laborjournale und vergleichbare Primärdokumente. Sie sind wahrscheinlich am 29. Juli 1943 zerstört worden, wenn sie nicht zur Magnetophonbandfabrik Wald-Michelbach, vielleicht auch nach Gendorf, gewandert sind. Sie müssen als verloren gelten.

Grundlegende Erkenntnisse vermitteln Dokumentenkopien aus dem Unternehmensarchiv der AEG, die Dipl.-Ing. Heinz Thiele in den 1980er Jahren angefertigt hat, zumal viele Originale in der Zwischenzeit infolge von Archivschäden nicht mehr zugänglich sind. Beträchtlich erweitert wurde der Magnetophon-Dokumentenbestand durch Recherchen im Deutschen Technikmuseum Berlin, die insbesondere Material über die AEG-Tochtergesellschaft Tonband GmbH sowie die gemeinsame AEG-I.G. Farben-Tochtergesellschaft Magnetophon G.m.b.H. erbrachten. Aus dem umfangreichen Archiv von Heinz Orlich stammt das Augustin'sche Manuskript „Bericht zum Thema 16 für 1947“, – ein Kompendium der Magnetbandtechnik bis 1945.

Ein archivarischer Glücksfall sind die Abschluss-Berichte, die Dipl.-Ing. Franz Christian Jarczyk 1956 anlässlich der Einstellung der Magnetbandfertigung bei Anorgana Gendorf geschrieben hat. Mit ihnen lassen sich die wichtigsten Etappen der Fertigung in der vierten Magnetbandfabrik (nach Ludwigshafen, Aschbach und Wolfen) umfassend belegen.

Weniger umfangreich, aber im Substanzwert gleichwertig mit den AEG-Dokumenten sind Schriftstücke, die wir 1997 im Betriebsarchiv der ehemaligen Filmfabrik Wolfen bzw. I.G. Farben Werk Wolfen einsehen konnten. Waren bereits zuvor durch eine Veröffentlichung von D. Ch. Erhard Finger bemerkenswerte Fakten aus der Zusammenarbeit zwischen Wolfen und Ludwigshafen bekannt geworden,⁴¹⁵³ führten die von Dipl.-Archivar Manfred Gill vorgelegten Dokumente zu überraschenden neuen Erkenntnissen über die Entwicklung in Ludwigshafen, mit einem wertvollen Schwerpunkt bei der detaillierten Beschreibung der ersten Ludwigshafener Magnetophonband-Gießmaschine.

Zahlreiche Interviews mit ehemaligen Mitarbeitern der Magnetophon-Fabriken in Hamburg und Wedel konnten längere Zeiträume und innerbetriebliche Details aufhellen, von denen derzeit kein oder ein nur relativ schmaler Dokumentbestand bekannt ist. Zu danken ist auch den Sammlern, die es uns ermöglichten, feinmechanische Details der frühen Tonbandgeräte in zahlreichen Fotografien zu präsentieren. Engagierte Tonband-Gerätebesitzer haben uns großzügig mit Bildern, teils auch von Unikaten, unterstützt.

War zu Beginn der Recherchen die Beschaffung von Patentschriften eher aufwendig – was ihre seltene Nutzung in früheren Publikationen erklärt –, hat die Freigabe der Datenbank des Deutschen Patent- und Markenamtes (<http://depatisnet.dpma.de>) die Zugänglichkeit dieser Primärquellen geradezu dramatisch verbessert. Ohne nennenswerten Aufwand ist seither die Einsicht insbesondere in amerikanische, britische und französische Patentschriften möglich, die bisher unbekannte Zusammenhänge aufzuklären gestatteten. Dies kam nicht zuletzt der angemessenen Würdigung des eigentlichen Magnetband-Erfinders, Ingenieur Fritz Pfelemer, zugute.

Quellenverzeichnis

Zitierweisen

Soweit die zitierten Dokumente im Unternehmensarchiv der BASF SE bzw. im AEG-Archivbestand des Deutschen Technikmuseums Berlin zu finden sind, ist deren Signatur angegeben. Patentschriften-Nummern werden (außer in Quellenangaben in Zitaten) in der international üblichen Form zitiert (also z.B. DE 743 411 anstelle DRP 743 411), was auch die irritierende Unterscheidung zwischen DRP / DBP insbesondere bei solchen Patenten vermeidet, die zwischen 1939 und 1945 angemeldet, aber erst nach Ende des Zweiten Weltkriegs veröffentlicht wurden. Textauszüge aus Patentschriften sind nachgewiesen nach Spalte und Zeile.

Datumsangaben sind im Lauftext in der leicht lesbaren, gewohnten Form angegeben (z.B. 31. Dezember 1999), in Quellenangaben und dergleichen nach dem ISO-Standard (1999-12-31). Kürzere Zitate im Lauftext sind gekennzeichnet durch An- und Abführungszeichen sowie *besondere Schriftart*, längere bilden eingerückte Absätze. Auslassungen in Zitaten sind mit drei Auslassungspunkten [...] gekennzeichnet, geringfügige Anpassungen und Ergänzungen stehen in geraden eckigen Klammern. Die Orthografie der Quellen wurde übernommen (offensichtliche Schreibfehler sind berichtigt), ebenso auch veraltete Schreibweisen von Abkürzungen (z.B. „db“ für Dezibel, heute dB, bis ca. 1955).

Mehrfach zitierte Dokumente sind in der Regel mittels Kurz-Quellennachweisen dokumentiert, gekennzeichnet durch einen vorgestellten Asterisk (Beispiel:

⁹⁹⁹ *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981, Seite 99 = Thiele, Heinz: Das Magnetophon -

Zur Entstehung und den ersten Anwendungen. Interview mit Dr.-Ing. Hans Schießler, Hans Westpfahl,

Drs. Gerhard Schadwinkel und Hans Rindfleisch, Rudolf Hahn, 1981-09-23)

Siehe dazu die folgende Aufstellung.

*Augustin, Ernst, TBK-Bericht 16 / 1947 Teil 2 =

Augustin, E.; Russisches Technisches Büro für Kinematographie in Deutschland, Bericht zum Thema 16 für 1947 Teil 2: Untersuchung der in Deutschland entwickelten elektro-magnetischen Methode der Tonaufzeichnung (Magnetophon) und ihre Verwendung in der Kinematographie, Potsdam-Babelsberg 1947

*DDR-Blaubuch =

N. N. (verschiedene Autoren), Handbuch der Studioteknik / Ton, Teil I+II: R; Deutscher Demokratischer Rundfunk, Betriebslaboratorium für Rundfunk und Fernsehen

*Gellermann, ... und lauschten für Hitler =

Gellermann, Günther W., „... und lauschten für Hitler / Geheime Reichssache: Die Abhörzentren des Dritten Reiches“; Bernhard & Graefe Verlag, Bonn 1991

*Jossé, Harald, Entstehung des Tonfilms =

Jossé, Harald, Die Entstehung des Tonfilms, Beitrag zu einer faktenorientierten Mediengeschichtsschreibung, Freiburg/München: Alber, 1984, Nachdruck im Verlag Polzer, Potsdam (2001)

*Krummeck, Peter, Werdegang =

Krummeck, Peter, Werdegang des elektrischen Betriebes der BASF 1887 - 1949, Juli 1949; BASF UA

*Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“ =

Kuper, Gerhard, Gespräche und Interviews mit ehemaligen AEG- und Telefunkenmitarbeitern aus Hamburg, Wedel und anderen Orten, 2003 und 2004, in Auszügen veröffentlicht in: Kuper, Gerhard, Eduard Schüller und seine Magnetophone, Telefunken in Wedel 1955 bis 1964, Broschüre zur Ausstellung, Museum Wedel, 2004, Polzer Media Group, ISBN 3-934535-25-9

*Kuper, Gerhard, Interviews mit ehemaligen Servicetechnikern =

Kuper, Gerhard, mehrere Interviews in den Jahren 2003 bis 2007 mit ehemaligen Servicetechnikern von Telefunken und NDR, insbesondere mit Uwe Friedrich, Heinz Neumann, Horst Andrä

*Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult =

Kuper, Gerhard, mehrere Interviews in den Jahren 2003 bis 2007 mit Walter Schult, ehemaliger Mitarbeiter von AEG und Telefunken in Hamburg und Wedel

*Kurzberichte 1943 =

Kurzberichte über die anlässlich des Schulungslehrganges für PK-Rundfunkingenieure im Haus des Rundfunks im Januar 1943 gehaltenen Vorträge. I. Teil; Umdruck, Berlin 1943, 1943-01-19

*Lafferty, William Charles Jr., Thesis 1981 =

Lafferty, William Charles Jr., The Early Development of Magnetic Sound Recording in Broadcasting and Motion Pictures, 1928-1950, Ph.D. Dissertation, Evanston, Illinois, August 1981

*Schüller-Sammlung (beispielsweise KSS 0100) =

Notizen, meist handschriftlich, aus Eduard Schüllers Nachlass. Er hat mehrmals begonnen, eine Geschichte der Tonbandentwicklung aus dem Gedächtnis zu schreiben. Unter seinen Notizen finden sich teilweise sehr detaillierte Varianten, teilweise vereinfacht, etwa für Zeitschriften. Fast alle Notizen enden unvermittelt. In manchen Texten fehlen Seiten, weil es sich um Loseblattsammlungen handelt. Auf Merkzetteln, die später nicht immer genutzt wurden, hatte sich Schüller Gliederungen, Mitarbeiternamen, Verfahren, chemische Produkte, Patente usw. notiert. Die meisten Notizen sind undatiert, so dass sie schwierig zu registrieren sind. Andererseits sind viele Seiten in dem für Schüller typischen klaren, verständlichen Text geschrieben und deshalb gut nutzbar. Zu dieser Sammlung gehören auch andere Notizen und Briefe, insbesondere aus der unmittelbaren Nachkriegszeit, Preise, Tabellen usw.). Bei Bezeichnungen wie KSS 0100 – Katalog der Schüller-Sammlung – handelt es sich um Ordnungsziffern zur schnellen Referenzierung in einer Arbeitsdatenbank der Verfasser.

*Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981 =

Thiele, Heinz: Das Magnetophon - Zur Entstehung und den ersten Anwendungen. Interview mit Dr.-Ing. Hans Schießler, Hans Westpfahl, Drs. Gerhard Schadwinkel und Hans Rindfleisch, Rudolf Hahn, 1981-09-23

Endnotenverzeichnis

Wege und Ziele

¹ Stille, Curt, Elektromagnetische Aufzeichnung akustischer Zeichen, Kunst-Technik-Werk, S. 191 ff, 1929-04-27

Magnetton: Vorläufer und Nebenwege

² Welch, W.W., Edison and His Contributions to the Record Industry, Vol. 25, S. 660-665, J. Audio Eng. Soc. (Oktober / November 1977)

³ Hutto jr. E., Emile Berliner, Eldridge Johnson, and the Victor Talking Machine Company, Vol. 25, S. 666-673, J. Audio Eng. Soc. (Oktober/November 1977)

⁴ Cox, Arthur J. and Malim, Thomas: Ferracute: The History of an American Enterprise, Bridgeton, N.J., USA, 1985

⁵ Cox, Arthur J. and Malim, Thomas: Ferracute: The History of an American Enterprise, Bridgeton, N.J., USA, 1985

⁶ z.B. Smith, Oberlin, Press-Working of Metals (John Wiley & Sons, New York, NY; London, Chapman & Hall, 1904)

⁷ Moderne Magnetpigmente sind, als Folge zielgerichteter Entwicklung, zehnmal länger als dick. Die Speicherdichte kann umso mehr steigen, je höher die Koerzitivfeldstärke des Informationsträgers ist. Zum Faden mit eingelagerten Pigmenten für Tonaufzeichnung vergleiche mit Smith's Angaben die Patente DE 831 459 und DE 811 508 (BASF, 1949): fadenförmige, mit Magnetpigment beschichtete (nicht durchsetzte) Träger

⁸ Caveat, aus dem Lateinischen, „man möge sich vorsehen“, in den USA bis 1907 aufgrund gesetzlicher Bestimmungen in Gebrauch. Ein Caveat wird beim Patentamt eingereicht. Die Absicht ist, einem Erfinder zeitlichen Spielraum zu lassen, eine Arbeit ohne das Risiko abschließen zu können, dass einem anderen ein Patent auf den gleichen Gegenstand erteilt wird. In der Patent-Rechtsprechung sollte das Caveat anhand einer notariellen Urkunde sicherstellen, dass sein Einreicher Gelegenheit erhielt, seine Priorität zu beweisen, wenn einer dritten Person ein Patent erteilt werden sollte.

⁹ Dieses Detail zeigt, dass die Zeit noch nicht reif für Smith's Vorschläge war. Noch Poulsens „Telegraphone“ - die teils mit Draht, teils mit Stahlband arbeiteten - scheiterten letztlich an der fehlenden Verstärkungsmöglichkeit.

¹⁰ Smith, Oberlin, Letter to the Editor, Miscellaneous Notes / Possible Phonographs; The Electrical World, Sept. 29, 1888, p. 179

¹¹ Wetzler, J., *Le Phonographe*; La Lumière Électrique, vol. 29, 1888, pp. 592 - 594

¹² Smith, Oberlin, Brief an Alfred Ord Tate, den Privatsekretär Edisons, vom 1889-02-26, URL: <http://edison.rutgers.edu/images/ew/ew0383.jpg> [2009-03-02]

Tate, Alfred Ord, Brief an Oberlin Smith vom 1889-02-28 (Tagesdatum fraglich), URL: <http://edison.rutgers.edu/images/fh/fh0930.jpg> [2009-03-02]

¹³ Das Auffinden von „Some Possible Forms of Phonograph“ etwa 1948 / 1949 wurde lange Semi J. Begun (damals Brush Development Corp.) und Paul Zimmermann (Patentabteilung der BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen) zugeschrieben. Aus einem internen AEG-Brief vom 1941 [AEG Patentbüro (Paraphe Suckow), interner Brief an FL/E, Dr. Lübeck: Magnetophon; 1941-06-05; AEG-Archiv (DTMB) 03548], geht jedoch hervor, dass dem AEG-Patentbüro die Arbeit von Smith wesentlich früher bekannt war. Zu vermuten ist, dass die Entdeckung von General Electric Co. stammt. Da die Brush Development Corp. eine Tochtergesellschaft der General Electric Co. war, die mit AEG Berlin kooperierte, ist anzunehmen, dass die Smith-Publikation auf diesen Wegen an die vermeintlichen Entdecker gelangte.

¹⁴ • Klinkmüller, Jobst, Zur Geschichte der elektromagnetischen Schallaufzeichnung, Elektrotechn. Z. A, Band 76, Nr. 3, S. 48 - 50 (1955). - K. ließ sich, gestützt nur auf eine in The Electrical World 1888 erschienene Werbeanzeige für „magnet wire“, zur Behauptung verleiten, es habe bereits damals funktionsfähige Geräte nach Smith's Prinzipien gegeben. Dass „magnet wire“ soviel wie isolierter Kupferdraht zum Wickeln von Spulen u.ä. bedeutet, ist die Vergeltung der Fakten dafür, dass K. ein wörtliches Zitat vor dem Halbsatz „before arriving at any acoustic results“ abbricht.

• Bruch, Walter, Von der Tonwalze zur Bildplatte, Teil 2 (Franzis Verlag, München, 1983) S. 9 - 14

¹⁵ Bruch, Walter, Von der Tonwalze zur Bildplatte, Teil 2 (Franzis Verlag, München, 1983) S. 9 - 14

¹⁶ H.-J. von Braunmühl, Der heutige Stand der Schallaufnahmetechnik und ihre Anwendung beim deutschen Rundfunk, Akustische Zeitschrift, S. 250 ff. (1938)

¹⁷ Cox, Arthur J. and Malim, Thomas: Ferracute: The History of an American Enterprise, p. 114 (mit Abbildung des Autofono), Bridgeton, N.J., USA, 1985

¹⁸ Cox, Arthur J. and Malim, Thomas: Ferracute: The History of an American Enterprise, Bridgeton, N.J., USA, 1985

¹⁹ N. N., [Oberlin Smith] Sails for Paris, Bridgeton Evening News, 1900-06-11; ders., Returns from Paris, Bridgeton Evening News, 1900-09-13

²⁰ Letter by the Commissioner of Patents of the United States Patent Office June 28, 1900 in re US Patent 661,619 to Poulsen's Patent Attorney W. A. Rosenbaum, New York, NY

²¹ Letter from Poulsen's Patent Attorney W. A. Rosenbaum, New York, NY, to the Commissioner of Patents of the United States Patent Office, July 11, 1911

²² N. N., Letter of the Department of the United States Patent Office, Washington, D.C., to Oberlin Smith of about January 1901

²³ Cox, Arthur J. and Malim, Thomas: Ferracute: The History of an American Enterprise, Bridgeton, N.J., USA, 1985, p. 73

²⁴ Charles K.[ingsley] Fankhauser, The Telegraphone, The principles embodied in it, its accomplishments in actual experience, and its influences on our commercial and social life, paper presented on December 16, 1908; in The Journal of the Franklin Institute, Vol. CLXVII, January, 1909, pp. 37 - 46

²⁵ Clark, Mark H. und Nielsen, Henry, The Telegraphone, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording - The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999

²⁶ Confirmation by the County Clerk of Cumberland, Samuel M. Sheldon, December 23, 1908

²⁷ Henry A. Janvier and P. Kennedy Reeves, Statement, given on December 24, 1908

²⁸ Smith, Oberlin, Letter to the Franklin Institute: Correspondence – The Telegraphone, manuscript, typewritten, 15 pages, dated October, 1911

²⁹ Berliner, Emile, Opinion on the claims put forward by Mr. Oberlin Smith for being the inventor of the telegraphone, Gutachten für das Franklin Institute, Philadelphia, Pa., 1911-11-21; (URL: <http://memory.loc.gov/cgi-bin/ampage?collId=berl&fileName=14120101/berl14120101.db&recNum=108>; [2006-10-20])

³⁰ Berliner, Emile, The Development of the Talking Machine. Read before the Franklin Institute of Philadelphia, May 21, 1913; excerpt. Reprinted in „Roll Back the Years - History of Canadian Recorded Sounds and its Legacy: Genesis to 1930“ by Edward B. Moogk, National Library of Canada, Ottawa, 1975; Appendix A, p. 379

³¹ N. N. (Ghent University), Am I an inventor?, URL: <http://www.ugent.be/en/research/technology%20transfer/researchers/techtrans%20basics/inventorship> [2005-01-13]

³² Der Verfasser hat ... keine Zeit, von einem angemessen ausgestatteten Labor ganz zu schweigen, um die Vorschläge bis zu einem logischen Schluß über Erfolg oder Fehlschlag auszuarbeiten. Er veröffentlicht sie daher in der Hoffnung, dass einige der zahlreichen Experimentatoren, die heute auf diesem Gebiet arbeiten, in ihnen einen Keim finden, aus dem etwas Nützliches wachsen könnte. Sollte dies der Fall sein, wird er zweifellos die gebührende Anerkennung für seinen Beitrag zur Sache erhalten. Sollten sich aber andererseits diese Vorschläge als wertlos erweisen, werden sie doch ihren Zweck erfüllt haben, und zwar in dem Sinn, dass eine Erörterung dessen, was nicht möglich ist, oft ein brauchbarer Hinweis auf das ist, was machbar ist.

³³ Eine andere Ausführung von C wäre einfach ein Draht aus gehärtetem Stahl, aber es erscheint kaum möglich, dass er sich von selbst in eine Anzahl kurzer Magnete gliedert. Die magnetischen Auswirkungen würden sich vermutlich längs des Drahts in völlig ungeordneter Form ausbreiten, mit Knotenpunkten dort, wo sie nicht erwünscht sind. Könnte man dies jedoch verwirklichen, wäre es ersichtlich das einfachste der bisher vorgeschlagenen Verfahren

³⁴ N. N., Poulsen's Telegraphone, illustrierter Werbeprospekt, „Copyright 1907, W.S. Edwards“, S. 6

³⁵ Goebel, Gerhart, Valdemar Poulsen zum Gedenken, FUNKSCHAU 1970 Nr. 1 S. 21, 1970-01-01

³⁶ Clark, Mark und Nielsen, Henry: Crossed Wires and Missing Connections: Valdemar Poulsen, The American Telegraphone Company, and the Failure to Commercialize Magnetic Recording, The Business History Review, Vol. 69, No. 1 (Spring, 1995), pp. 1-41 [<http://www.jstor.org/stable/3117119>; 2017-12-09]

³⁷ Reilstab, NN., Der Telephonograph, Elektrotechnische Zeitschrift 1901, Heft 3, 1901-01-17

³⁸ • Poulsen, Valdemar, Ingeniør, København, Telegrafon, Patent DK 2653, angemeldet 1898-12-01;

• Poulsen Valdemar, Verfahren zum Empfangen und zeitweisen Aufspeichern von Nachrichten, Signalen o. dgl., Patent DE 109 569, angemeldet 1898-12-10
laut US 661,619 weitere Patente in Österreich, Ungarn, Frankreich, Belgien, Italien, Spanien, Portugal, Schweiz, Russland, Norwegen und Schweden

- ³⁹ Beglaubigte handschriftliche Abschriften der Schreiben vom 1899-08-17, 1899-09-09 und 1899-10-02 des Kaiserlichen Patentamts an Poulsens Berliner Patentanwälte Pataky für das Patentamt der Vereinigten Staaten; National Archives, Washington, D.C.
- ⁴⁰ Eintragung aus unbekannter Quelle in der privat geführten Patente-Kartei von Franz Christian Jarzcyk, im Privatbesitz
- ⁴¹ Poulsen, Valdemar, Method of and Apparatus for Effecting the Storing Up of Speech or Signals by Magnetically Influencing Magnetisable Bodies, Patent GB 8961, angemeldet 1899-04-28
- ⁴² Jørgensen, K.O.B., Danish Pioneers In Science And Technology, Strandberg (Dänemark), 1986
- ⁴³ Clark, Mark Henry, The Magnetic Recording Industry, 1878- 1960: An International Study in Business and Technological History, p. 27, Ph.D. Dissertation, 1992-05
- Verschiedene, nicht im Einzelnen nachgewiesene Informationen sind entnommen aus:
Clark, Mark and Nielsen, Henry: Crossed Wires and Missing Connections: Valdemar Poulsen, The American Telegraphone Company, and the Failure to Commercialize Magnetic Recording, The Business History Review, Vol. 69, No. 1 (Spring, 1995), pp. 1-41 [<http://www.jstor.org/stable/3117119>; 2017-12-09]
- ⁴⁴ • Meltzer, Olaf, Geschichte der Tonfilm-Technologien, Examensarbeit an der Hochschule für bildende Künste in Hamburg, 1980; URL: <http://people.freenet.de/olaf.meltzer/omdpch02.htm#Ruhmer> [2005-02-20]
- Rehm, Margarete, Information und Kommunikation in Geschichte und Gegenwart, URL: <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm9.html> [2005-02-20]
- ⁴⁵ E. (Ruhmer, Ernst), Der Telephonograph, Physikalische Zeitschrift, 1. Jahrgang (1900), No. 38, S. 413 - 415
- ⁴⁶ Ruhmer, Ernst, Neues vom Telephon, Physikalische Zeitschrift 2, Jhg. No. 8, S. 125 ... 128
- ⁴⁷ Poulsen, Valdemar, und Pedersen, Peder Oluf, Telegraphone, Patent US 873,083, angemeldet 1902-06-12, ausgegeben 1907-12-10
- ⁴⁸ Weiler, W., Elektrizität und Magnetismus, J. F. Schreiber, Esslingen und München, o. D. (ca. 1902), S. 283 - 285
- ⁴⁹ Foerster, August, Das Telegraphon, in Malkowsky, Georg [Red.], „Die Pariser Weltausstellung in Wort und Bild“, Berlin: Kirchhoff, 1900., S. 398 f. <https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/malkowsky1900/0412> (Zugriff (2019-03-16))
- ⁵⁰ N. N., Museumsstiftung Post und Telekommunikation, Museum für Kommunikation Berlin, Objektfaltblatt zur Inventar-Nr. 3.0.5353; Ermittlung des Spulendurchmessers aus Abbildung
- ⁵¹ Ruhmer, Ernst, Neues vom Telephon, Physikalische Zeitschrift, 2, Jg., No. 8, Seite 125 – 128, Manuskripteingang 1900-10-22, veröffentlicht 1900-11
- ⁵² Hammer, William J., The Telephonograph, Smithsonian Institution Annual Report, 1901, p. 307-313; siehe dazu auch Poulsen articles; <http://amhistory.si.edu/archives/d8069s3.htm> [2017-12-09]
- ⁵³ Clark, Mark H. und Nielsen, Henry, The Telegraphone, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ , 1999
- ⁵⁴ Liebl, Christian, On the trail of the Telegraphone, IASA Journal, January, 2009; N. N., Was gibt's denn Neues? / Der Kaiser in der Ausstellung österreichischer Erwerbungen, Illustriertes Wiener Extrablatt, Nr. 281, Seite 3, 1901-01-13 (Sonntag). – Das von Walter Bruch für die Aufnahme genannte Datum 20. September 1900 ist definitiv falsch (Bruch, Walter: Von der Tonwalze zur Bildplatte, Ein Jahrhundert Ton- und Bildspeicherung, 2. Teil: Tonbandaufzeichnung; Sonderdruck der FUNKSCHAU, Franzis-Verlag München 1983)
- ⁵⁵ Wilhelm Franz von Exner, Kurzbiographie in https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Wilhelm_Franz_von_Exner [Zugriff 2019-04-04]
- Hagemann, Emil Schack und Poulsen, Valdemar, A New Or Improved Telephone Relay, Patent GB 22142/1900, angemeldet 1900-12-05, ausgegeben 1901-02-09;
 - Hagemann, Emil Schack, Method of Receiving and Strengthening the Reproduction of Speech, Signals, &c., US 873,541, 1907-12-10
 - Pedersen, Peder Oluf, Schaltung für Apparate zum magnetischen Festhalten von Gesprächen, Nachrichten, Signalen o. dgl. mit Lautverstärkung durch eine Anzahl magnetisierbarer Körper und Elektromagnete, Patent DE 138 653, angemeldet 1901-06-08, ausgegeben 1903-03-03
 - Pedersen, Peder Oluf, Electromagnetic Switch Device for Apparatus for Magnetically Recording and Strengthening the Reproduction of Speech, &c., US 752,858, 1904
- ⁵⁷ Poulsen ist zu dieser Erfindung möglicherweise angeregt worden durch das „Telefon-Journal“ (ungarisch Telefonhírmondó), einem bereits am 15. Februar 1893 in Budapest eingerichteten Draht-Rundfunksystem, das zeitweise bis zu 10.000 Abonnenten bediente und erst nach dem Zweiten Weltkrieg eingestellt wurde. (Heckenast, Gábor, An Interesting Centennial: The „Telephone Journal“, AES Preprint 3596 (E3-5), 1993-03-10-16)
- ⁵⁸ Poulsen, Valdemar, Apparatus for Electromagnetically Receiving Recording, Reproducing, and Distributing Articulate Speech, &c, Patent US 788,728, angemeldet 1901-08-14, ausgegeben 1905-05-02
- ⁵⁹ Clark, Mark H. und Nielsen, Henry, The Telegraphone, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ , 1999
- ⁶⁰ Stille, Curt, Elektromagnetische Aufzeichnung akustischer Zeichen, Kunst-Technik-Werk, 1929-04-27, S. 191 ff
- ⁶¹ Rothgießer, Georg, Das Telephon in praktischer Ausführung, Phonographische Zeitschrift 4. Jhg. (1903), S. 47; dort auch die Anzeige der Firma
- ⁶² Htz., Telefonie / Das Telephon, ETZ 1903, 10. Sept., Heft 37 p. 752 f., 1903-09-10
- ⁶³ Hytten, Ejnar Alexander, Die neuesten Formen des Telegraphons, Elektrotechnische Zeitung 1907, Heft 36, Seiten 870 - 872
- Pedersen, P.O., Copenhagen, Magnetizable Body for Magnetic Record of Speech, &c., Patent US 836,339, 1901-06-21
 - Clark, Mark H. und Nielsen, Henry, The Telegraphone, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording - The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ , 1999, p. 22 f.
 - Clark, Mark Henry, The Magnetic Recording Industry, 1878- 1960: An International Study in Business and Technological History, p. 38, Ph.D. Dissertation, 1992-05
- ⁶⁵ Kimberlin, Don, Jurassic Telecommunications, Part I: Valdemar Poulsen, URL: <http://www.olderadio.com/archives/warstories/dk-poulsen.htm> [2005-02-23]
- ⁶⁶ Poole, Joseph, The Practical Telephone Handbook and guide to the telephonic exchange, New York, Macmillan Co., 1906
- ⁶⁷ Hytten, Ejnar Alexander, Die neuesten Formen des Telegraphons, Elektrotechnische Zeitung 1907, Heft 36, Seiten 870 - 872
- ⁶⁸ Poole, Joseph, The Practical Telephone Handbook and guide to the telephonic exchange, New York, Macmillan Co. 1906; [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_practical_telephone_handbook_and_guide_to_the_telephonic_exchange_\(1906\)._\(14569821197\).jpg?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_practical_telephone_handbook_and_guide_to_the_telephonic_exchange_(1906)._(14569821197).jpg?uselang=de) [2017-12-09]
- ⁶⁹ Tiffany, George S., Telegraphone, Patent US 1,142,384, angemeldet 1909-03-17, ausgegeben 1915-06-08
- ⁷⁰ Weinberger, Julius, The recording of high speed signals in radio telegraphy" in Proc. of the Institute of Radio Engineers, The Institute of Radio Engineers, New York, NY, Vol. 10, No. 3, p. 181,1922 [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_practical_telephone_handbook_and_guide_to_the_telephonic_exchange_\(1906\)._\(14569821197\).jpg?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_practical_telephone_handbook_and_guide_to_the_telephonic_exchange_(1906)._(14569821197).jpg?uselang=de) [2017-12-09]
- ⁷¹ Clark, Mark H. und Nielsen, Henry, The Telegraphone, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ , 1999
- ⁷² Clark, Mark Henry, The Magnetic Recording Industry, 1878- 1960: An International Study in Business and Technological History, passim, Ph.D. Dissertation, 1992-05
- ⁷³ Bosch, Berthold: Lee de Forest – „Vater des Radios“, Funk-Geschichte Nr. 135 und 136, Januar/Februar 2001 (zwei Teile)
- ⁷⁴ Lieben, Robert von; Reisz, Eugen, und Strauss, Siegmund, Relais für undulierende Ströme ..., Patent DE 236 716, S. 2, Z. 67 f. (1910-09-04) und DE 249 142, S. 3, Z. 96 ... 98 (1910-12-20) sowie internationale Anmeldungen; URL: <http://www.hts.d4f.de> (2002)
- ⁷⁵ Forest, Lee de, The Audion – Detector and Amplifier (Abschnitt „The Audion Amplifier in Connection with the Telegraphone“), IRE Proc. 2:15-36 (1914), abgedruckt in: Camras, Marvin, Magnetic Tape Recording, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1985, ISBN 0-442-21774-9
- ⁷⁶ Bacon, Chris, The Telegraphone and the Lusitania (Adventures in Cybersound), URL: http://www.acmi.net.au/AIC/TEL_LUSITANIA.html [2005-02-09]
- ⁷⁷ Fuller, Leonard F. (Federal Telegraph Company), Method of Sensitizing the Telegraphone, US 1,459,202, angemeldet 1918-08-26, ausgegeben 1923-06-19
- ⁷⁸ Clark, Mark, The Magnetic Recording Industry, 1878-1960: An International Study in Business and Technological History, Dissertation, University of Delaware; USA, 1992-05-01
- ⁷⁹ Weinbrenner, H.J., Biographische Notizen, in: Bredow, Hans, Im Banne der Ätherwellen, Band II, Mundus-Verlag Stuttgart 1956, S. 418 und 419
- ⁸⁰ Bacon, Chris, The Telegraphone and the Lusitania (Adventures in Cybersound), URL: http://www.acmi.net.au/AIC/TEL_LUSITANIA.html [2005-02-09]
- ⁸¹ N. N., SM U 20, https://de.wikipedia.org/wiki/SM_U_20 [2018-11-24]
- ⁸² Kimberlin, Don, Jurassic Telecommunications, Part I: Valdemar Poulsen, URL: <http://www.olderadio.com/archives/warstories/dk-poulsen.htm> [2005-02-23]
- ⁸³ Hoffmann, Dieter, Das Zimmermann-Telegramm - Einladung zum Krieg, SPIEGEL online, 2009-04-28 [2018-11-24]
- ⁸⁴ Mündliche Mitteilung an F.E. als Ergebnis einer Recherche im Bundesarchiv / Militärarchiv Freiburg, Februar 2001.

- ⁸⁵ Sietmann, Richard, Synergien zerbröckelt / Das Lehrstück Telefunken, c't 8/2004, Heise-Verlag Hannover, S. 56
- ⁸⁶ Clark, Mark Henry, The Magnetic Recording Industry, 1878- 1960: An International Study in Business and Technological History, p. 47, Ph.D. Dissertation, 1992-05
- ⁸⁷ Carlson, Wendell, Carpenter, Glenn W., Radio Telegraph System, Patent US 1,640,881, angemeldet 1921-03-26, Ausgabe 1927-08-30
- ⁸⁸ Wikipedia, Stichwort „dual use“, <https://de.wikipedia.org/wiki/Dual-Use> [2017-09-18]
- ⁸⁹ Dies war eine Gemeinschaftsgründung der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, Berlin, der Siemens & Halske Aktiengesellschaft, Berlin, der Felten & Guillaume Carlswerk Aktien-Gesellschaft Mülheim am Rhein und der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Berlin (Telefunken) zur Auswertung der Patente von Liebens. URL: <http://www.hts.d4.de>

Magnetton: Vorläufer und Nebenwege

- ⁹⁰ Unger, Werner, Phonographie: 1925 – 1945, https://grammophon-platten.de/e107_plugins/forum/forum_viewtopic.php?24251 [Zugriff 2022-06-20]
- ⁹¹ Bredow, Hans, Im Banne der Ätherwellen, Band II, Mundus-Verlag Stuttgart 1956, S. 224
- ⁹² Kr., Fernmeldetechnik / Der Telephonograph im Eisenbahnbetrieb, ETZ 1920 H. 26 S. 513
- ⁹³ Beispiele:
 Nasarischwily, A., Galvanische Elemente mit Luftsauerstoffdepolarisation, Zeitschrift für Elektrochemie, Bd. 29, 1923, S. 320 f.
 Al. Nasarischwily, Regeneration der Braunsteinelektroden der Leclanché-Elemente; Siemens-Schuckert Werke G. m. b. H., Siemensstadt bei Berlin
 Nasarischwily, Al., Über eine neue Methode der Erzeugung elektromagnetischer ungedämpfter Schwingungen, welche in der Verwendung der elektrostatischen oder magnetischen Eigenschaften der Kathodenstrahlen zu schnellsten Stromunterbrechungen besteht; Ann. d. Phys. 55. S. 610. 1918, S. 759 – 760
- ⁹⁴ Wer das Nasarischwily in einer umfangreichen Chronik zugeschriebene Patent US 1,653,476 von 1921 aufsucht, wird nicht nur von einer fachfremden Patentschrift enttäuscht, auch der – nur auf Deutsch und vermutlich falsch wiedergegebene – Titel „Nicht magnetisierbarer, biegsamer Körper mit Metallpulverschicht (Magnetofon)“ erlaubt keine weitere Recherche. Eine Benachrichtigung des Webseiten-Autors wurde nicht beantwortet. – Siemens hat 1921 kein Patent im entsprechenden Sachgebiet in den USA angemeldet.
- ⁹⁵ Nasarischwily, A.; Neue Versuche mit dem Telegraphon; Elektrotechnische Zeitschrift 1921. Heft 38, S. 1068 / 22. September 1921
- ⁹⁶ Die bisherige Lesart des Nasarischwily-Beitrags „Neue Versuche mit dem Telegraphon“ ist u.a. zu finden in:
<http://www.history-weimar.de/sender/page/mg.htm>;
http://www.radiomuseum.org/forum/die_erste_audiokassette_von_poulsen.html
 Trampert, Gerhard, Zur Entwicklungsgeschichte des Magnettonverfahrens, Technische Hausmitteilungen des NWDR, Juli/August 1951, Nr. 7/8, S. 117-123
 Begun, Semi J. (Clark, Mark, ed.), Magnetic Recording: The Ups and Downs of a Pioneer / The Memoirs of Semi Joseph Begun, Audio Engineering Society, Inc., 2000-05
 Schüller, Eduard; Schüler, Ben-Michael, Die Geschichte des Magnettons, Telefunken, Presse und Information (tfr) Archivdienst; 1973-08
 Clark, Mark Henry, The Magnetic Recording Industry, 1878- 1960: An International Study in Business and Technological History, Ph.D. Dissertation, 1992-05
 Nnngunwun, Aaron Foisi, Video Recording Technology: Its Impact on Home Media and Home entertainment, L. Erlbaum Associates, 1989, p. 49, hier als „Max Krohl“
 Angus, Robert, The History of Recording Part IV (Between the wars: 1920-40), Modern Recording, Apr/May 1976, p. 22: "One Stille disciple was MA Kohn <sic> who, in 1921, produced a telegraphone with built-in amplifier using electron vacuum tubes."
 Engel, Friedrich; Kuper, Gerd; Bell, Frank; Zeitschriften / Magnetbandtechnik als Kulturträger, Polzer Media Group 2008 und 2012
- ⁹⁷ Zu Max Kohl AG siehe folgende Beiträge im Internet (Stand 2017):
<http://www.historische-messtechnik.de/hersteller/hersteller-d-a-ch-weitere/max-kohl.php>
http://www.compassmuseum.com/diverxtext/profiles_d.htm
<http://120years.net/helmholtz-sound-synthesizer-max-kohl-germany-1905/>
<http://www.sil.si.edu/digitalcollections/trade-literature/scientific-instruments/CF/Single-record.cfm?AuthorizedCompany=Max%20Kohl%20%28Firm%29>
- ⁹⁸ Umrechnungshinweise (Kaufkraft) laut Hamburger Staatsarchiv und Statistischem Bundesamt bezogen auf das Jahr 2000 [https://de.wikipedia.org/wiki/Reichsmark#Kaufkraftumrechnung], Zugriff 2016
- ⁹⁹ Korndörfer, Ute (Bibliothekarin des Sächsischen Industriemuseums Chemnitz), Auskunft und Scan der Katalogseiten vom 05.04.2016
- ¹⁰⁰ Reichsgericht Leipzig, Urteil im Nichtigkeitsverfahren gegen DE 500 900, 1936-04-20, AEG-Archiv
- ¹⁰¹ Perlewitz, Kurt, Das Telegraphon, ETZ 1922 Heft 46, Seiten 1386 – 1388, 1922-11-16; N. N., Das Telegraphon, Die Umschau, 27. Jahrg., Heft 21, 1923-05-26, Seiten 325 – 327
 Groenebaum, Wilhelm, Telephonically-operated recording talking machine, Patent US 1,550,539, angemeldet 1924-10-17 (auch GB 242,396)
- ¹⁰² Goebel, Gerhart: Der Deutsche Rundfunk bis zum Inkrafttreten des Kopenhagener Wellenplans, Archiv für das Post- und Fernmeldewesen, 2. Jahrgang Nr. 6, August 1950, S. 353 ... 454
 Weichart, Friedrich, In 14 Tagen einen Sender für Berlin, URL: http://www.diru-beze.de/rundfunktechnik/skripte/VoxHaus_Sender.pdf [2009-03-20]
- ¹⁰³ Mühlen, Heiko zur, Beitrag „Telegraphon“, https://www.radiomuseum.org/r/schuchhard_telegraphon.html

Curt Stilles Entwicklungen

- ¹⁰⁴ Begun, Semi J. (Clark, Mark, ed.), Magnetic Recording: The Ups and Downs of a Pioneer / The Memoirs of Semi Joseph Begun, Audio Engineering Society, Inc., 2000-05
- ¹⁰⁵ Bruch, Walter, Von der Tonwalze zur Bildplatte - Ein Jahrhundert Ton- und Bildspeicherung; FUNKSCHAU 19 und 20/1982, Franzis Verlag München
- ¹⁰⁶ O.St., Nachruf auf Dr. Curt Stille, Kino-Technik Nr. 10/1958 S. 368
- ¹⁰⁷ Stille, Curt, Verfahren der elektrischen Fernphotographie, Patent DE 274 926, angemeldet 1911-06-03
- ¹⁰⁸ Atorf, Hans-Hermann, 45 Jahre Fernbildübertragung mit Magnetbandtechnik, Kino-Technik Nr. 3/1955
- ¹⁰⁹ Lotz, Rainer E., „Bitte! Die neuen Vox-Platten“ - eine kurze Firmengeschichte der Vox-Schallplatten- und Sprechmaschinen A.-G., Berlin-Tiergarten, <http://www.lotz-verlag.de/Vox-Firmengeschichte.htm> [Zugriff 2017-11-01]
- ¹¹⁰ Semi J. Begun, Magnetic Recording, Rhinehart & Company, Inc., New York, 1949 (Fifth Printing, 1954)
- ¹¹¹ Hagemann, Waldemar, Die Kinderjahre des Magnettons - wie ich sie erlebte (Typoskript), UA BASF SE, 1962-03-24. Weniger wichtige Informationen aus diesem Manuskript sind nicht einzeln nachgewiesen.
- ¹¹² Stille, Curt, Verfahren zur elektromagnetischen Aufzeichnung und Wiedergabe von Licht- und Schallwellen auf einem Draht, besonders zur Herstellung sprechender Filme, Patent DE 363 642 (Telegraphie-Ges. Stille, Berlin), 1918-09-01
- ¹¹³ Patente der Erich F. Huth GmbH:
 • Aus einem endlosen Band bestehender Aufnahmekörper für magnetische Impulse, Patent DE 307 222, angemeldet 1916-05-02
 • Aufnahmekörper für Telegraphone, Patent DE 307 850, angemeldet 1916-05-02
 • Sprechbrief, Patent DE 307 862, angemeldet 1916-06-06,
 • Verfahren zur Verstärkung von Strömen der von diesen erzeugten Wirkungen, insbesondere der magnetischen Aufzeichnung von Telegraphonen), Patent DE 309 272, angemeldet 1916-06-11
- ¹¹⁴ N. N. (Hagemann, Waldemar?), Schreibtisch mit Diktiermaschine, Vox Maschinen-Akt.-Ges., Patent DE 377 780, angemeldet 1922-02-15
- ¹¹⁵ Buono, Zora del, Lüderitz in Namibia. Deutsche Geister in Südwest; <http://www.spiegel.de/reise/fernweh/luederitz-in-namibia-deutsche-geister-in-suedwest-a-739185-3.html>;
https://de.wikipedia.org/wiki/Zacharias_Lewala
- ¹¹⁶ Lotz, Rainer E., „Bitte! Die neuen Vox-Platten“ - eine kurze Firmengeschichte der Vox-Schallplatten- und Sprechmaschinen A.-G., Berlin-Tiergarten, URL: <http://www.lotz-verlag.de/Vox-Firmengeschichte.htm>
- ¹¹⁷ O. St., Dr. Curt Stille, Pionier des Magnettons, verstorben, Kino-Technik Nr. 10/1957, S. 368. Weniger wichtige Informationen aus dieser Arbeit sind nicht im Einzelnen nachgewiesen.
- ¹¹⁸ Bredow, Hans, Im Banne der Ätherwellen, Band II, Mundus-Verlag Stuttgart 1956, S. 214 und 255; Gründungsdatum der „Deutschen Stunde“ war der 1. Mai 1922
- ¹¹⁹ Vogelsang Walter, Patente von in Vox Maschinen AG:
 • Improvements in card sorting machines, GB 204,189, angemeldet 1922-08-22

- Improvements in punching machines for statistical and like cards, GB 202,894, angemeldet 1922-11-27
- Improvements in statistical record-card controlled machines, GB 215,497, angemeldet 1923-03-08
- Improvements in total-printing mechanism for use in recordcard-controlled statistical machines, GB 217,523, angemeldet 1923-03-08
- Improvements relating to devices for the automatic operation of typewriters and the like, GB 212,441, angemeldet 1923-04-14
- Improvements in automatic typewriters, GB 220,799, 1923-08-10
- dito ohne namentliche Nennung des Erfinders:
- Maschine zum Sortieren von gelochten Zählkarten, AT 97210B, angemeldet 1922-08-18, und CH 103783, angemeldet 1922-08-23
- Lochapparat für statistische Karten zur Aufnahme der Angabe von Uhrwerken, Zählwerken u. dgl., AT 95686B und CH 102994, beide angemeldet 1922-11-14
- Carte perforée pour machines statistiques, FR 559.838, 1922-12-15
- Appareil à additionner pour machines statistiques, FR 560.565, angemeldet 1922-12-30
- Disposition de signes marqués par perforation pour bandes destinées à la commande automatique de machines à écrire et autres machines similaires, FR 566.330, 1923-05-17
- ¹²⁰ Hagemann, Waldemar, Sprechmaschine mit umsteuerbaren Auf- und Abwickelspulen für einen Sprechdraht, Patent CH 99551 der Vox Maschinen-Akt.-Ges., angemeldet 1922-03-22 (Name des Erfinders aus dem thematisch gleichen Patent US 1,499,521)
- ¹²¹ Im Jahr 1922 angemeldete Patente der Vox Maschinen-Akt.-Ges. zum Sachgebiet Magnetton:
 - Schreibtisch mit Diktiermaschine, DE 377 780, 1922-02-15
 - Sprechmaschine, AT 93476B, 1922-03-08, inhaltsgleich mit CH 99551 / 1922-03-22, FR 549.539 / 1922-03-30 und US 1,499,521 / 1922-05-29
 - Schutzvorrichtung gegen Abgleiten des Drahtes von den Trommeln elektromagnetischer Diktiermaschinen, DE 375 748, 1922-03-15
 - Elektromagnetische Diktiermaschine, DE 375 749, 1922-03-15
 - Sprechmaschine mit umsteuerbaren Auf- und Abwickelspulen für einen Sprechdraht, CH 99551, 1922-03-22, inhaltsgleich mit AT 93476B / 1922-03-08, FR 549.539 / 1922-03-30, US 1,499,521 / 1922-05-29 und GB 192,331 / 1922-05-06
 - Sprechmaschine mit mehreren Spulenpaaren, DE 384 530, 1922-07-05
 - Schlauchartige Schutzhülle aus schmiegsamem, schalldurchlässigem Stoff für das indas Ohr einzuführende Höransatzstück von Ohrtelefonen, DE 423 085, 1922-09-17
- ¹²² Hagemann, Waldemar, Die Kinderjahre des Magnettons - wie ich sie erlebte, Typoskript, 1962-03-24
- ¹²³ O. St., Dr. Curt Stille, Pionier des Magnettons, verstorben, Kino-Technik Nr. 10/1957, S. 368. Die folgenden Patente können Stilles maßgeblichen Anteil freilich nicht bestätigen:
 - Stille, Curt, Sound-reflecting device for talking machines, Telegraphie Gesellschaft mbH System Stille, US 1,526,254, angemeldet 1922-09-25
 - ders., Cabinet talking machine, Telegraphie Gesellschaft mbH System Stille, US 1,584,485, angemeldet 1922-12-04
 - N. N., Sprechmaschinenschalldose, Vox Schallplatten und Sprechmaschinen Aktiengesellschaft, DE 400 398, angemeldet 1922-12-24
- ¹²⁴ Pawley, Edward, BBC Engineering 1922-1972, BBC Publications, 1972
- ¹²⁵ Stange-Elbe, Joachim, Die Bedeutung der elektroakustischen Medien für die Musik im 20. Jahrhundert, Osnabrück 1998, URL: <http://bird.musik.uni-osnabrueck.de/MaMuTh/forschung/diss/stange-elbe.pdf> [2003] beziehungsweise Pfaffenweiler 1989, Centaurus, 391 S. [<http://bird.musik.uni-osnabrueck.de/virtsem2002/main.htm>, 2005-05-31]. Das Leit-häuser-Zitat aus dem Rundfunk-Jahrbuch 1928 stammt hiernach von einem anonymen Verfasser.
- ¹²⁶ Schünemann, Georg, Die Funkversuchsstelle bei der Staatlich Akademischen Hochschule für Musik in Berlin, in: Rundfunk-Jahrbuch 1929, herausgegeben von der Reichs-Rundfunk Gesellschaft Berlin, 1. - 10. Tausend, Union Deutsche Verlagsgesellschaft Berlin, S. 277 bis 292
- ¹²⁷ Patente mit Prioritätsnachweis auf die „Schaustellung auf der am 25. August 1929 eröffneten Leipziger Mustermesse“:
 - Klappenecker, Wilhelm, Vorrichtung zum Anzeigen der Stellung des Sprechdrahtes oder -bandes in Stahldrahtsprechmaschinen mit austauschbarem Spulensatz, Telegraphie Patent Syndikat Ges., DE 547 469, angemeldet 1929-12-20
 - N. N., Telegraphie-Patent-Syndikat GmbH, Vorrichtung zur Stillsetzung des Sprechdrahtes oder Sprechbandes von magnetischen Sprechmaschinen, DE 587 671, angemeldet 1930-01-24
 - diess., Trommel zum Aufspulen des Sprechdrahtes bei Stahldrahtsprechmaschinen, DE 517 543, angemeldet 1930-02-07
- ¹²⁸ Lotz, Rainer E., „Bitte! Die neuen Vox-Platten“ – eine kurze Firmengeschichte der Vox-Schallplatten- und Sprechmaschinen A.-G., Berlin-Tiergarten, URL: <http://www.lotz-verlag.de/Vox-Firmengeschichte.htm>
- ¹²⁹ Lebeis, Martin, Card-sorting machine, Vox Maschinen AG, Patent US 1,482,198, angemeldet 1929-04-12
- ¹³⁰ 1925 dürfte es ca. 5.000 Theater im deutschsprachigen Ländern gegeben haben, ca. 20.000 in englischsprachigen (USA, CND, UK). Quelle: *Jossé, Harald, Entstehung des Tonfilms, S. 245
- ¹³¹ Vergl. hierzu die umfassende Darstellung in *Jossé, Harald, Entstehung des Tonfilms
- ¹³² Encyclopedia Britannica, Stichwort motion picture, history of / The pre-World War II sound era / Introduction of sound
- ¹³³ Lafferty, William, The Blattnerphone: An Early Attempt to Introduce Magnetic Recording into the Film industry; Cinema Journal 22, No. 4, Summer 1983
- ¹³⁴ Henry C. Bullis, Method of Producing Magnetic Sound Records for Talking-Motion Pictures, United States Patent 1,213,150
- ¹³⁵ Peterson, Eugene, Moving-picture machine, US 1466750, angemeldet 1920-07-17, ausgegeben 1923-09-04
- ¹³⁶ Neill, Joseph A. O., New York, NY, Record for Reproduction Sound Tones and Action, Patent US 1,653,467, 1927-12-20
- ¹³⁷ „Moviephone Gives First Public Demonstration,“ Motion Picture News, 29 December 1928, p. 1925; „Moviephone Is Shown,“ New York Times, 22 December 1928, 14 (zitiert in Lafferty, William, The Blattnerphone, An Early Attempt to Introduce Magnetic Recording into the Film industry; Cinema Journal 22, No. 4, Summer 1983.)
- ¹³⁸ Mamor, Armand, Budapest, Vorrichtung zur Wiedergabe kinematographischer Bilder und der Sprache oder beliebiger anderer Töne und Geräusche, Patent DE 306 532, 1914-06-04. Es soll 1922 wegen Nichteinzahlung der jährlichen Gebühren erloschen sein (Hatschek, Paul, Neues und Aelteres zum Magnettonfilm, Die Kinechnik, Heft 2/1930, S. 47 ff., 1930-01-20)
- ¹³⁹ Hansen, Friedrich, Köln, Flachmann, Emil, Bremen, Verfahren zur Herstellung von Sprechfilmen, Patent DE 324 951, 1919-04-10
- ¹⁴⁰ vgl. dazu Schmidt, Richard, IG Wolfen: Zur Patentlage des Miller-Tonaufnahmeverfahrens. Aktennotiz vom 1935-04-25, BA Wolfen, A 17296 Nr. 475, wo das Nublat-System mit negativem Ergebnis mit dem Philipps-Miller-Verfahren verglichen wird. Vergleiche auch das französische Patent FR 714.648
- ¹⁴¹ Rehm, Margarete, Information und Kommunikation in Geschichte und Gegenwart, <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm9.html> [2004-11-25]
- ¹⁴² siehe dazu insbesondere: *Jossé, Harald, Entstehung des Tonfilms
- ¹⁴³ <http://www.deutscher-tonfilm.de/>, Stichwort „Die Nacht gehört uns“ [2004-11-26]
- ¹⁴⁴ Ristow, Jürgen, Lichtton, in: Thiele, Heinz (Hg.), 50 Jahre Stereo-Magnetbandtechnik / Die Entwicklung der Audio Technologie in Berlin und den USA von den Anfängen bis 1943, Seite 151
- ¹⁴⁵ • Steer, Maxwell: A Brief History of Film Dubbing; Audio Media 11/1995; URL: <http://www.appleonline.net/msteer/factual/filmdubbing1.html>
 - N.N., Talking Pictures, Hi-Fi for Pleasure June 1985, p. 50 – 53. p. 52: Die Umdrehungszahl 33 1/3 Upm wurde aus der notwendigen Spielzeit (und vermutlich dem größten beherrschbaren Plattendurchmesser beziehungsweise der größten vorhandenen Plattenpresse) abgeleitet.
- ¹⁴⁶ Hilliard, John K., A Brief History of Early Motion Picture Sound Recording and Reproducing Practices, JAES, Vol 33, No. 4, 1985 April
- ¹⁴⁷ Lafferty, William, The Blattnerphone: An Early Attempt to Introduce Magnetic Recording into the Film industry; Cinema Journal 22, No. 4, Summer 1983
- ¹⁴⁸ Sponable, E. I., Historical Development Of Sound Films, Presented Oct. 22, 1946, at the SMPE Convention in Hollywood, Journal Of The Society Of Motion Picture Engineers, Vol 48, APRIL 1947, No. 4
- ¹⁴⁹ Guido Seiber, Ein neues Tonfilmverfahren, Photographische Industrie 3. April 1929, S. 389 – 392
- ¹⁵⁰ Petersen, Harry, Bildfilm und Magnetton, Kinechnik 20 (1938), Nr. 10, S. 256-257, 1938-10-15
- ¹⁵¹ Lafferty, William, The Early Development of Magnetic Sound Recording in Broadcasting and Motion Pictures, 1928 – 1950, Dissertation, Northwestern University Evanston, Illinois (USA), 1981; Seite 74. Im Folgenden: *Lafferty, William Charles Jr., Thesis 1981
- ¹⁵² Bolewski, Norbert, Bahnt sich eine Wende in der Filmbearbeitung an? – Kinefilme mit magnetischer Rückschicht: Fernseh- und Kinechnik Nr. 7, 1982-07-01

- ¹⁵³ *Jossé, Harald, Entstehung des Tonfilms
- ¹⁵⁴ Karl Freund war einer der bekanntesten Kameramänner der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Zu seinen Arbeiten gehören so bekannte Filme wie Der Golem, wie er in die Welt kam (1920; Regie Paul Wegener), Dracula (1931, mit Bela Lugosi), Die Mumie (Regie, 1932/1933, USA, mit Boris Karloff), Der letzte Mann (1924, Regie Friedrich Wilhelm Murnau, wohl der Höhepunkt des deutschen Stummfilms); Metropolis (1925/1926, Regie Fritz Lang), Idee und Fotografie der Schlusszene von „All Quiet On The Western Front“, USA 1930; Die Kameliendame (USA 1936, mit Greta Garbo), The seventh cross (USA 1944, Regie: Fred Zinnemann)
- ¹⁵⁵ *Lafferty, William Charles Jr., Thesis 1981. Dieser Arbeit liegt u.a. eine gründliche Durchsicht der englischen Fachzeitschriften der Epoche zugrunde. Primär-Dokumente zur Arbeit Stilles, wie Patente oder Korrespondenz, waren Lafferty offensichtlich nicht zugänglich.
- ¹⁵⁶ • O.St., Nachruf auf Dr. Curt Stille, Kino-Technik Nr. 10/1958 S. 368
- Stille, Curt, Elektromagnetische Aufzeichnung akustischer Zeichen, Kunst-Technik-Werk, 1929-04-27, S. 191 ff. Diese Veröffentlichung gibt jedoch nur einen versteckten Hinweis auf die Vorführung der Anlage (S. 193, rechte Spalte, zweitletzte Zeile).
- ¹⁵⁷ N. N., Blattner Claims Much for New Film System, Variety, 12 June 1929, p. 9. (*Lafferty, William Charles Jr., Thesis 1981, Quelle 221)
- ¹⁵⁸ Zeichnung nach Stille, Curt, Assignor to Telgraphie-Patent-Syndikat GmbH, Berlin
Duplication of Sound Recordings Obtained by Magnetic Means, Patent US 1,811,817, angemeldet 1929-04-12, inhaltsgleich mit N. N., Vorrichtung zum gleichzeitigen Herstellen mehrerer Stahldraht- oder Stahlbandkopien nach einer magnetischen Schallaufzeichnung, Patent DE 515 255, angemeldet 1928-10-21
- ¹⁵⁹ N. N., Jahrbuch der Technik, 15. Jhg. 1928 / 1929, Dieck & Co, Franckhs Tech. Verlag, Stuttgart
- ¹⁶⁰ Kläs, Ralf, Antik Radio, URL: <http://www.antik-radio.de/radio/schuchhardt.htm> [2009-03-20]
- ¹⁶¹ N. N., Neue englische Kapitalbeteiligung Blattner in der F. Schuchhardt A.-G., Kintechnik, 5. März 1929, S. 138
- ¹⁶² Küchenmeister, Heinrich, Berlin, Dünnes Stahlband, insbesondere für Schallaufzeichnungen, Patent DE 480 288, 1927-04-20
- ¹⁶³ *Lafferty, William Charles Jr., Thesis 1981, p. 84
- ¹⁶⁴ N. N., Stille Sound Developments, Possibilities of the New System, The Bioscope, 23 October 1929, p. ix. (*Lafferty, William Charles Jr., Thesis 1981, Quelle 225). Eine Prüfung dieser Quelle war bisher nicht möglich; das dort genannte Gerät „Echophon“ ist nicht bekannt, die Benutzung der Bezeichnung „Magnetophone“ wäre allerdings bemerkenswert
- ¹⁶⁵ Hatschek, Paul, Neuestes und Aelteres zum Magnettonfilm, Die Kintechnik, Heft 2/1930, S. 47 ff., 1930-01-20
- ¹⁶⁶ • Telegraphie-Patent-Syndikat GmbH Berlin (Stille), Träger für elektromagnetische Tonaufzeichnungen, Patent DE 572 877, 1929-09-26; thematisch gleich:
• Hornauer, Willy, Magnetic sound record carrier, Telegraphie GmbH System Stille, Patent US 1,846,110, angemeldet 1930-09-20
- ¹⁶⁷ N. N., Vorrichtung zur synchronen Wiedergabe von Ton und Bild unter Benutzung je eines besonderen Bild- und Tonträgers, Ferdinand Schuchhardt Berliner Fernsprech- und Telegraphenwerk AG; Patent DE 555 787, angemeldet 1929-01-24
- ¹⁶⁸ Stille, Curt, Die elektromagnetische Schallaufzeichnung, ETZ 1930, Heft 13, S. 449 f., 1930-03-27
- ¹⁶⁹ *Jossé, Harald, Entstehung des Tonfilms, S. 245
- ¹⁷⁰ • Lafferty, William, The Blattnerphone: An Early Attempt to Introduce Magnetic Recording into the Film industry; Cinema Journal 22, No. 4, Summer 1983. Fußnote 64
• Laut *Jossé, Harald, Entstehung des Tonfilms, S. 269, sind gegen Jahresende 1928 vertragliche Bindungen zwischen Blattner Pictures und TOBIS zustande gekommen (ohne explizite Quellenangabe)
- ¹⁷¹ *Jossé, Harald, Entstehung des Tonfilms, S. 258
- ¹⁷² George R. Canty, „Sound Film Developments in England, Germany, and Austria“, Commerce Reports, No. 49, 3 December 1928, p. 367.; zitiert als Ref. 15 in *Lafferty, William Charles Jr., Thesis 1981
- ¹⁷³ *Jossé, Harald, Entstehung des Tonfilms, S. 265
- ¹⁷⁴ Begun, Semi J. (Clark, Mark, ed.), Magnetic Recording: The Ups and Downs of a Pioneer / The Memoirs of Semi Joseph Begun, Audio Engineering Society, Inc., 2000-05
- ¹⁷⁵ Begun, S. J. Magnetic Recording, New York: Rinehart & Company, 1949
- ¹⁷⁶ Mawardi, Osman K., In Memoriam Semi J. Begun, J. Audio Eng. Soc., Vol. 43, No. 4, 1995 April, p. 288
- ¹⁷⁷ Semi J. Begun hat Kurt von Heising weder in seinem Buch „Magnetic Recording“ (1948 ff.) noch in seiner Biographie „The Ups and Downs of a Pioneer“ (2000) genannt. In einer Gesprächsaufzeichnung erinnerte er sich: „One of my assistants left to join Marconi-Stille, maybe 1931. He was a fellow with the name - I am not sure [unverständlich] - Horning or so, he was a very nice young engineer who worked with me for one and a half or so years, then went to England, remained in England, and I lost track of him“ (Interview S. J. Begun mit Peter Hammar, damals Ampex Museum of Magnetic Recording, Redwood City, 1983-04-13)
- ¹⁷⁸ James J. Barnes, Patience P. Barnes, Nazis in Pre-War London, 1930-1939: The Fate and Role of German Party Members and British Sympathizers; Brighton-Portland, Sussex Academic Press (March 1, 2010); ISBN-10: 1845190548 / ISBN-13: 978-1845190545
- ¹⁷⁹ N. N., Deutschland-Rundspruch des DARC Nr. 3a/69 vom 21.09.1969, <http://www.dl0bn.de/archiv/1969/dl2869.htm> [2008 / 2017-11-01] - Von Heising kandidierte 1969 kurzzeitig als DARC-Präsident.
- ¹⁸⁰ http://www.doolia.de/anzeigen/detail.php?A=80265755085c1e758e7d.2003#kurt_von_heising, 28.10.2015 [2017-11-01]
- ¹⁸¹ Patent DE 418 666, Elektromagnetische Diktiermaschine, Vox Maschinen-Akt.-Ges., angemeldet 1924-06-29, ebenso US 1,665,784, 1925-06-20 (dort Erfinder genannt)
- ¹⁸² Willy Hornauer war schon 1922 bei der Vox Maschinen AG beschäftigt und dürfte 1924 zur Telegraphie GmbH gewechselt sein. Er hat die Firma wohl nach 1930 verlassen (Stille bezeichnet ihn 1930 als „getreue[n] und tüchtige[n] jahrelange[n] Mitarbeiter“). 1933 erhielt Hornauer – ohne dass ein Firmenbezug erkennbar ist – das Patent DE 612 450, „Einrichtung zur Wiedergabe von Magnetogrammen“. Später arbeitete er bei der Firma Albert Patin, die vor allem Steuer- und Navigationsgeräte für Flugzeuge baute (vergl. Bower, Tom, Verschwörung Paperclip, NS-Wissenschaftler im Dienst der Siegermächte, deutsch im List Verlag 1988, S. 251 – 254 und Patin, Albert und Hornauer, Willy, Mehrfachanzeigergerät mit Warnzeichen, Patent DE 736 391, angemeldet 30.06.1939). 1952 ist Hornauer in den USA nachweisbar (Hornauer, Willy (Ampatco Lab. Corp.), Electrical connector, US 2,846,649, angemeldet 1952-09-26, ausgegeben 1958-08-05).
- ¹⁸³ Hornauer, Willy, Patente zur Entwicklung einer Kassette für den Stahldraht von Sprechmaschinen:
- Elektromagnetische Diktiermaschine, Vox Maschinen-Akt.-Ges., DE 375 749, 1922-03-15, dazu Zusatzpatent:
• Elektromagnetische Diktiermaschine, Vox Maschinen-Akt.-Ges., DE 418 666, 1924-06-29, enthalten in US 1,665,784, 1925-06-20 (dort auch Erfinder genannt), Zusatzpatente
• Elektromagnetische Diktiermaschine, Vox Maschinen-Akt.-Ges., DE 422 286, 1924-07-04, enthalten in US 1,665,784, 1925-06-20, dort auch Erfinder genannt
• Elektromagnetische Diktiermaschine, Vox Maschinen-Akt.-Ges., DE 424 556, 1924-07-04, inhaltsgleich mit US 1,638,998, dort auch Erfinder genannt
- ¹⁸⁴ Patent DE 418 666, Elektromagnetische Diktiermaschine, Vox Maschinen-Akt.-Ges., angemeldet 1924-06-29, ebenso US 1,665,784, 1925-06-20 (dort Erfinder genannt)
- ¹⁸⁵ N. N., Jahrbuch der Technik, 15. Jhg. 1928 / 1929, Dieck & Co, Franckhs Tech. Verlag, Stuttgart

Curt Stilles Erbe(n)

- ¹⁸⁶ Begun, S. J. Magnetic Recording, New York: Rinehart & Company, 1949
- ¹⁸⁷ Begun, S. J. Magnetic Recording, New York: Rinehart & Company, 1949
- ¹⁸⁸ vergleiche dazu etwa die Patentanmeldung vom 1929-01-24: N. N., Vorrichtung zur synchronen Wiedergabe von Ton und Bild unter Benutzung je eines besonderen Bild- und Tonträgers, Ferdinand Schuchhardt Berliner Fernsprech- und Telegraphenwerk AG; Patent DE 555 787, 1929-01-24
- ¹⁸⁹ Begun, Semi J. (Clark, Mark, ed.), Magnetic Recording: The Ups and Downs of a Pioneer / The Memoirs of Semi Joseph Begun, Audio Engineering Society, Inc., 2000-05, p. 14 ff.
- ¹⁹⁰ Stille, Curt, Die elektromagnetische Schallaufzeichnung, ETZ 1930, Heft 13, S. 449 f., 1930-03-27
- ¹⁹¹ Begun, Semi Joseph, Interview mit Heinz Thiele am 27. September 1986, Transskription von Friedrich Engel
- ¹⁹² Begun, S. J., Magnetic Recording, Rinehart & Company, Inc., Technical Division, New York, 1949
- ¹⁹³ N. N. (Begun, Semi J.), Anweisung für die Inbetriebnahme, Bedienung und Pflege der „Dailygraph“ Maschine mit einer Beschreibung des Aufzeichnungs-Prinzips, „Echophon“ Maschinen-Aktiengesellschaft Berlin, o.D. (ca. 1932), ca. 32 Seiten
- ¹⁹⁴ Begun, S., Die Diktiermaschine im Großbetrieb, Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ) 1932 Heft 9, 1932-03-03

- ¹⁹⁵ Zeichnungsvorlage aus N. N., Telegraphie Patent Syndikat Ges., Vorrichtung an Sprechmaschinen mit magnetisierbarem draht- oder bandförmigem Tonträger, Patent DE 584 276, angemeldet 1929-12-20
- ¹⁹⁶ Begun, S., Die Diktiermaschine im Großbetrieb, Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ) 1932 Heft 9, 1932-03-03
- ¹⁹⁷ Begun, Semi J. (Clark, Mark, ed.), Magnetic Recording: The Ups and Downs of a Pioneer / The Memoirs of Semi Joseph Begun, Audio Engineering Society, Inc., 2000-05, p. 14 ff.
- ¹⁹⁸ Begun, S., Beitrag zur Theorie der elektromagnetischen Tonaufzeichnung auf Stahlendraht, 1932-04-14
- ¹⁹⁹ • N. N. (Begun, Semi J.), Anweisung für die Inbetriebnahme, Bedienung und Pflege der „Dailygraph“-Maschine mit einer Beschreibung des Aufzeichnungs-Prinzips, o.D. (ca. 1932); „Echophon“-Maschinen-Aktiengesellschaft Berlin, ca. 32 Seiten
• Begun, Semi J. (Clark, Mark, ed.), Magnetic Recording: The Ups and Downs of a Pioneer / The Memoirs of Semi Joseph Begun, Audio Engineering Society, Inc., 2000-05, Seite 80 f.
- ²⁰⁰ Begun, Semi J. (Clark, Mark, ed.), Magnetic Recording: The Ups and Downs of a Pioneer / The Memoirs of Semi Joseph Begun, Audio Engineering Society, Inc., 2000-05, p. 16 ff.
- ²⁰¹ Heidenwolf, Hermann, Verfahren zur magnetischen Schallaufzeichnung, Standard Elektrik Lorenz, Stuttgart, angemeldet 1942-11-25, ausgegeben 1959-08-06
siehe dazu auch: Helf, Lothar (Siemens & Halske AG), Verfahren und Einrichtung zur Magnettonaufzeichnung, Patent DE 975 053, angemeldet 1944-07-27, ausgegeben 1961-07-20
- ²⁰² N.N., C. Lorenz, https://de.wikipedia.org/wiki/C._Lorenz [2017-08-22] - <http://www.welt-der-alten-radios.de/geschichte-volksempfänger-22.html> [2017-08-22] - <https://www.dhm.de/lemo/kapitel/ns-regime/alltagsleben/volksempfänger> [2017-08-22]
- ²⁰³ N. N. (I.G. Farben), Notiz handschr., Vorführung des Lorenz Apparats, 1934-12-28, BASF UA P 911
- ²⁰⁴ Schmitz, Heinrich (Firma), Angebot „Textophon“-Maschine der C. Lorenz A.-G., Berlin, BASF UA P 911
- ²⁰⁵ N. N., Nachrichtenmittel bei den Olympischen Spielen Deutschland 1936, C. Lorenz AG, Berlin-Tempelhof, 1936-12
- ²⁰⁶ • Begun, S. J.(?), Das Textophon, Beschreibung und Bedienungsanleitung, C. Lorenz AG, Berlin-Tempelhof, 1935, 16 Seiten DIN A 5, Ausgabe mit Zeichnungen
• Begun, S. J.(?), Das Textophon, C. Lorenz AG, Berlin-Tempelhof, 1935, 12 Seiten DIN A 5, Ausgabe mit Fotografien
- ²⁰⁷ I.G. LU Technische Direktion / Schoenemann; Aktennotiz; Besprechung zwischen Herrn Dir. Dr. Gaus und Herrn Geheimrat Bücher/AEG am 13. Oktober 1936 in Berlin; UA BASF SE, 1936-10-13
- ²⁰⁸ Begun, S. J., Magnetic Recording, Rinehart & Company, Inc., Technical Division, New York, 1949-12-31
- ²⁰⁹ Reginbogin, Herbert R. und Hofer, Walther, Hitler, der Westen und die Schweiz, S. 590, o.D., o.V., zitiert bei URL: http://www.zeit-fragen.ch/ARCHIV/ZF_90d/T03.HTM [2005-03-21]
- ²¹⁰ Beispiele:
• Behre, Günther, Abtastsystem für Magnetogramme; DE 716 006, angemeldet 1939-03-08
• Kauffmann, Heinz, Löschkopf für Stahltonmaschinen; DE 748 789, angemeldet 1938-08-12
• Hildebrandt, Armin, Aufklappbarer Sprechkopf mit Schmierachse ohne schädliches Gewindespiel; DE 728 788, angemeldet 1940-12-24
• Milde, Rudolf, Signalvorrichtung an dem Spulenträger von Stahltonmaschinen, DE 735 449, angemeldet 1941-07-15
• Stapelfeldt, Arnold, Stahltonmaschine mit abnehmbaren Spulenträgern, DE 837 613, angemeldet 1943-07-02, Ausgabe 1952-04-28
• Stapelfeldt, Arnold, Einrichtung zur verlangsamen Wiedergabe von Stahlton-Sprachaufnahmen, DE 837 612, angemeldet 1943-11-17
- ²¹¹ Suckow, N. N. (Patentbüro der AEG), Aktennotiz: Besprechung mit Matthias, Zimmermann, Suckow am 28. Dezember 1942 in Ludwigshafen, 1942-12-31, DTMB AEG 02292
- ²¹² Stapelfeldt, Arnold, Kupplungsanordnung für Stahltonmaschinen, Patent DE 748733, C. Lorenz AG („Die Angabe des Patentinhabers unterbleibt“), angemeldet 1939-01-17, ausgegeben 1944-11-16
- ²¹³ Wildbolz, H., Das Textophon – ein modernes Arbeitsinstrument und nutzbringendes Organisationsmittel, Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik, No. 10, 1943
- ²¹⁴ N. N., Hermann Steiner bringt Lizenzverträge und Ideen aus den USA, URL: <http://www.stoneworker.ch/sites/lizenzen.html> [2005-03-22]
- ²¹⁵ Pers. Mitteilung des Sammlungsbesitzers (2017)
- ²¹⁶ Hatschek, Paul, Dr., Neues und Aelteres zum Magnettonfilm, Die Kinetik, Heft 2/1930, S. 47 ff., 1930-01-20
- ²¹⁷ Pawley, Edward, BBC Engineering 1922-1972, BBC publication 1972. Pawley erwähnt zweimal, dass die Blattnerphones in Deutschland gebaut wurden. Begun, von 1929 bis 1932 bei der F. Schuchhardt AG, geht in seiner Biographie „Magnetic Recording“ (AES Publication, Mark Clark, ed., New York 2000) weder auf die Blattnerphones noch das „Magnetophone“ ein.
- ²¹⁸ N. N., THE B. B. C. YEAR -BOOK 1932, Programm Notes (p. 101)
- ²¹⁹ Die Bezeichnung SCR-1 stammt lt.
Lafferty, William, The Adoption of Magnetic Sound Recording by the British Broadcasting Corporation and the American Broadcasting Company, March 1985 (Broadcast Education Association History Competition, Las Vegas, Nevada, 12 April 1985) - siehe Endnote 36: -
Marconi-Stille Recorder-Reproducer Equipment (London: Marconi's Wireless Telegraph Company, Ltd., n. d. [1934]), P. D. 258/16633, in the Marconi Company Ltd. archives, Chelmsford.
- ²²⁰ Studer, Willi, Die Stille-Marconi-Stahlbandmaschine, Studer-Revex-print, Nr. 11, Juni 1974
- ²²¹ • Lafferty, William, The Blattnerphone: An Early Attempt to Introduce Magnetic Recording into the Film Industry; Cinema Journal 22, No. 4, Summer 1983
• N. N., Fading Away: Saving Your Electronic Memories at the Canada Science and Technology Museum, 2003-09-22, URL: <http://www.sciencetech.technomuses.ca/english/newsrel/fading03.cfm> [2005-03-22]
- ²²² • Lafferty, William, The Blattnerphone: An Early Attempt to Introduce Magnetic Recording into the Film Industry; Cinema Journal 22, No. 4, Summer 1983
• N. N., Fading Away: Saving Your Electronic Memories at the Canada Science and Technology Museum, 2003-09-22, URL: <http://www.sciencetech.technomuses.ca/english/newsrel/fading03.cfm> [2005-03-22]
- ²²³ Morton, David, Chronology of Magnetic Sound Recording, URL: <http://www.rci.rutgers.edu/~dmorton/mrchrono.html> (2001-02-13)
- ²²⁴ Rust, N. M., „The Marconi-Stille Recording and Reproducing Equipment“, The Marconi Review, January-February 1934, pp. 1-11
- ²²⁵ Rust, N. M., „The Marconi-Stille Recording and Reproducing Equipment“, The Marconi Review, London, January-February 1934, pp. 1-11
- ²²⁶ Pawley, Edward, BBC Engineering 1922-1972, BBC publication 1972
- ²²⁷ N. N., Tekniska Museet Stockholm, Informationsblatt TeM51810, o.D. (erhalten 2006-12-21)
- ²²⁸ Snel, D.A., Magnetische Tonaufzeichnung / Aufnahme und Wiedergabe in Theorie und Praxis, Philips Technische Bücherei, 2. Auflage, 1962 (Seite 19)
Lafferty, William Charles, Jr., The Early Development of Magnetic Sound Recording in Broadcasting And Motion Pictures, 1928-1950, Ph.D. Dissertation, Evanston, Illinois, August 1981
- ²²⁹ <https://digitaltmuseum.se/021026313059/stalband> [2018-09-30]
- ²³⁰ N. N., BBC Publication No. 1058, April 1936, p. 22 ff.
- ²³¹ N. N. (BBC), Tape Recording Machine / Technical Instructions, Item 6.1., January, 1937
- ²³² Heising, Kurt von, Speaking head, Patent US 2,044,033, Stille Inventions Ltd, angemeldet 1934-10-07
Thematisch gleiche Patente ohne Erfindernennung:
• Sprechkopf für Telephon- und dergleichen Apparate, Patent CH 176679, angemeldet 1934-10-02
• Tête parlante pour télégraphes et appareils analogues, Patent FR 781.816, angemeldet 1934-10-02
• Sprechkopf für Magnetogrammmaträger, Patent DE 645 767, angemeldet 1934-10-07
- ²³³ Stahlband als Speichermedium – und zwar ca. 500 m lang, 12,7 mm breit und 25 µm (!) dick – verwendete auch das Bandlaufwerk UNISERVO, das Eckert und Mauchly 1952 für den Computer UNIVAC I konstruierten. Bei einer Bandgeschwindigkeit von 100 ips (also 2,54 m/s) speicherte UNISERVO auf sieben Datenspurten mit einer Aufzeichnungsdichte

- von 128 bpi Die Schleifenkammern der MSR 3 wurden als Vakuumkammern beziehungsweise Vakuumbandpuffer ein typisches Kennzeichen aller Computerbandläufer. (Quelle: Rasek, Eduard, Über die historische Entwicklung der Datenspeichertechnik auf Magnetband, Elektronische Rechenanlagen 1985 H. 4 S. 221 – 235, BASF SE UA P 903).
- ²³⁴ Pawley, Edward, BBC Engineering 1922-1972, p. 385 f., BBC Publications, 1972
- ²³⁵ Pünter, Otto, Schweizerische Radio- und Fernsehgesellschaft 1931 - 1970, Schweizerische Radio- und Fernsehgesellschaft, Bern - November 1971, Seiten 16 und 17
- ²³⁶ N. N., Notiz „Broadcasting House“, The Marconi Review, London, March - April 1937
- Baker, Mike, private Web-Site, URL: www.bakerlite.co.uk/limegrove.htm [2003-12-01] sowie pers. Information von Mr. Cem Seker (2008/2009).
- ²³⁷ Riebling, Mark; Church of spies: the Pope's secret war against Hitler / Published by Basic Books, A Member of the Perseus Books Group / Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, ISBN 978-0-465-06155-6 (e-book) Copyright © 2015; Seite 19; http://lander.odessa.ua/doc/ThePope_sSecretWar.pdf [2018-09-29]
- ²³⁸ Hatschek, Paul, Dr., Neues und Aelteres zum Magnettonfilm, Die Kinetik, Heft 2/1930, S. 47 ff., 1930-01-20, vergl. Abb. 1 und Erläuterung dazu: Messung erfolgte bei der RRG
- ²³⁹ Braunmühl, Hans Joachim von, Magnetische Schallaufzeichnungen, "Deutsche Technik", Aprilheft 1935, S. 184 ff., 1935-04-01 (Stahlbandmaschine ist "ein Aufnahmegerät ..., welches ... vom deutschen Rundfunk in Verbindung mit der Industrie entwickelt worden ist und seine ersten Betriebsproben bereits erfolgreich durchgeführt hat."
- ²⁴⁰ Braunmühl, Hans Joachim von, Magnetische Schallaufzeichnung im Rundfunkbetrieb, FUNK, Jahr 1934, Heft 40, S. 825 – 828, Dezember 1934
- ders., Funktechnische Monatshefte Nr. 12, Dezember 1934, S. 483 – 486
 - ders., Magnetische Schallaufzeichnung im Rundfunkbetrieb, Funktechnische Monatshefte Nr. 12, Dezember 1934, S. 483 ... 486, 1934-12-01
- ²⁴¹ N.N., Notiz „Betr: Lorenz-Stahlband-Apparatur“, Abschrift (der AEG?) aus „Funk“, Heft 39, 1934 (1934-09-10?)
- ²⁴² Begun, S. J., Die neue Stahlton-Bandmaschine, Lorenz-Berichte Januar 1936, S. 49 ... 60, C. Lorenz AG, Berlin-Tempelhof
- ²⁴³ Braunmühl, Hans Joachim von, Magnetische Schallaufzeichnung im Rundfunkbetrieb, FUNK, Jahr 1934, Heft 40, S. 825 – 828, Dezember 1934 sowie Funktechnische Monatshefte Nr. 12, Dezember 1934, S. 483 – 486
- ²⁴⁴ Weber, Walter, Die magnetische Schallaufzeichnung mit besonderer Berücksichtigung der neuen Fortschritte, Berlin, 1940-10-23
- ²⁴⁵ Matthias, Friedrich, Das Magnetophongerät auf der Funkausstellung 1935, 1935-09-04
- ²⁴⁶ N. N., Das Fernmeldewesen in Garmisch-Partenkirchen vom 6./16. Februar 1936, Telegraphen-Praxis 1936/6
- ²⁴⁷ N. N., Schweizerische Rundfunk-Gesellschaft, Dritter Jahresbericht über das Geschäftsjahr 1933, S. 22; Historisches Archiv und Bibliothek PTT, CH-3030 Bern
- ²⁴⁸ Pünter, Otto, Schweizerische Radio- und Fernsehgesellschaft 1931 – 1970, Schweizerische Radio- und Fernsehgesellschaft, Bern; November 1971, Seite 41; das zugehörige Bild (zwischen Seite 16 und 17) zeigt zwei Marconi MSR-3. Der Sachverhalt konnte nicht abschließend geklärt werden.
- ²⁴⁹ Weber, H., Magnetische Schallaufzeichnung auf Stahlband für Rundfunkzwecke, Technische Mitteilungen der Schweizer Telegraphen- und Telefon-Verwaltung 16 (1938), Nr. 1, S. 1-8 (Februar).
- ²⁵⁰ Müller, Rudolf, Stahlbandaufnahmen des Radios: Kampf um eine Kultur-Technik; Memoriam Bulletin Nr. 17, Oktober 2010, S. 24 f.
- ²⁵¹ http://www.wikitaly.rai.it/dl/portali/site/articolo/ContentItem-57b25256-09c5-4067-9572-0d97edc00f07.html?refresh_ce [2017-08-08]
- ²⁵² Schulze, Otto, Interview mit Thiele, Heinz, Heidelberg, 21. Mai 1982, Transkription der Aufzeichnung TAK 006 / 007 in der Sammlung Heinz Thiele
- ²⁵³ N. N., Nachrichtenmittel bei den Olympischen Spielen Deutschland 1936, C. Lorenz AG, Berlin-Tempelhof, o.D. (1936)
- ²⁵⁴ Die gleiche Konfiguration zeigt auch Abb. 9 des Aufsatzes Weber, H., Magnetische Schallaufzeichnung auf Stahlband für Rundfunkzwecke, Technische Mitteilungen der Schweizer Telegraphen- und Telefon-Verwaltung 16 (1938), Nr. 1, S. 1-8 (Februar), Seite 6
- ²⁵⁵ Kluth, Heinrich, Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Magnettontechnik, ETZ-B, Bd. 13, H. 17, 21.8.1961
- ²⁵⁶ Lafferty, William, The Use of Steel Tape Magnetic Recording Media in Broadcasting, SMPTE Journal, June 1985
- ²⁵⁷ Müller, Rudolf, Stahlbandaufnahmen des Radios: Kampf um eine Kultur-Technik; Memoriam Bulletin Nr. 17, Oktober 2010, S. 24 f.
- ²⁵⁸ Lindsay, Patrick Charles Edward and Whiffin, Wellings William, Improvements in and relating to Magnetic Sound-recording and Reproducing Apparatus and Steel-tape Record Carrier therefore, Patent GB 513,729, angemeldet 1938-04-13
- ²⁵⁹ I.G. Wolfen Filmfabrik, Dr. Raths, Besprechung mit Dr. Carl <sic> Stille vom 17.11.1933, BA Wolfen, A 17296 Nr. 357, 1933-11-17
- ²⁶⁰ Stille, Curt, Improvements in and relating to electromagnetic recording and reproducing arrangements for acoustic vibrations, Patent GB 319,681, angemeldet 1929-09-04 (Hinweis auf versuchte deutsche Anmeldung vom 1928-09-26)
- ²⁶¹ Pedersen, P.O., Magnetizable Body for Magnetic Record of Speech, &c., Patent US 836,339, angemeldet 1901-06-21, ausgegeben 1906-11-20
- ²⁶² Rubens, Sidney M., Data Storage on Drums, in: Daniel / Mee / Clark (Hrsg.), Magnetic Recording, The First 100 Years, S. 239 ff.
- ²⁶³ I.G. Farben, Berlin SO 36, Dr. Raths, Aktennotiz über eine Besprechung mit Herrn Dr. Stille vom 10.4.34, BA Wolfen, A 17296 Nr. 400, 1934-04-10
- ²⁶⁴ Bruch, Walter, Von der Tonwalze zur Bildplatte - Ein Jahrhundert Ton- und Bildspeicherung; FUNKSCHAU 19 und 20/1982, Franzis Verlag München
- ²⁶⁵ N. N. Walther (Patentanwalt, Berlin), Gutachten betr. Magnetton-Aufzeichnungs- und Wiedergabe-Verfahren des Herrn Dr. Curt Stille, Berlin, 1936-09-05. RA Walther war (nach Promotion) der Patentanwalt der GEMA, Berlin (Brandt, Walter, pers. Mitteilung an den Verf., 2005-02-10)
- ²⁶⁶ • Küchenmeister, Heinrich, Metallfilm mit episkopisch zu projizierenden Bildern und mit magnetisch aufgezeichneter Tonschrift, Patent DE 485 598, angemeldet 1927-02-11
- ders., Film pour l'enregistrement et als reproduction de sons et d'images, Patent FR 647.687, angemeldet 1928-01-25
 - ders., Improvements in Film Band Bearing Kinematograph Pictures and Sound Records, Patente GB 285,054, angemeldet 1928-01-27
 - ders., Film of Magnetizable Material for Episcopic Projection, Patent US 1,808,046, angemeldet 1928-01-30
- ²⁶⁷ vergleiche dazu: Erbslöh, Paul-Günther; GEMA Ges.m.b.H.; Endloser Magnetogrammräger, Patent DE 754414, angemeldet 1940-04-12; Fasshauer Erhard; GEMA Ges.m.b.H.; Verfahren zum Herstellen eines Magnetogrammrägers, Patent DE 743511, angemeldet 1940-09-25
- ²⁶⁸ Stille, Curt, Dr. phil., Berlin (Erbslöh und Willisen, B.-Charlottenbg), Elektromagnet für Magnetogramme, Patent DE 732 906, angemeldet 1939-11-02
- ders., Magnetoneinrichtung für walzen- oder röhrenförmige Aufzeichnungsträger, Patent DE 720 481, angemeldet 1939-11-02
- ²⁶⁹ Brandt, Walter, pers. Mitteilung an F.E., 2005-02-10
- ²⁷⁰ Patentdatenbank depatisnet (DPMA), Ergebnis der Recherche nach Patent DE 762 631 [2005-03]
- ²⁷¹ N. N., Magnetoneinrichtung nach Dr. Stille, 1950 - 1951; Archivalie Nr. 123 im Bestand 30981 VEB Messgerätewerk Zwickau und Vorgänger, 1929 - 1992, Findbuch S. 87; Sächsisches Staatsarchiv / Staatsarchiv Chemnitz, StAC, Bestand 30981, Nr. 149
- ²⁷² O. St., Dr. Curt Stille, Pionier des Magnettons, verstorben, Kino-Technik Nr. 10/1957, S. 368
- ²⁷³ Tetzner, Karl, Meilensteine der Magnettonentwicklung, Rundfunktechnische Mitteilg. 1983 H. 6 S. 265, 1983-08-08. Zur DDR-Sozialeinrichtung „Altersversorgung der Intelligenz“ siehe <http://www.bfa.de/ger/ger-versicherung.2/ger-sondersversorgung.29/ger-29-vso-mezizin.html> [2005-02-15]

Magnetton-Aktivitäten 1920 bis 1939

- ²⁷⁴ Carlson, Wendell, Carpenter, Glenn W., Radio Telegraph System, Patent US 1,640,881, 1927-08-30
- ²⁷⁵ Bauch, Wilhelm, Dietz, Bothe und Bauch, Berlin-Grünwald, Apparat zum selbsttätigen Wiederholen von Ankündigungen, Anpreisungen, Erläuterungen, Bekanntmachungen, Vorträgen o. dgl., insbesondere für Reklame- und Propagandazwecke, Patent DE 485 534, 1929-03-15
- ²⁷⁶ Küchenmeister, Heinrich, Berlin, Dünnes Stahlband, insbesondere für Schallaufzeichnungen, Patent DE 480 288, 1927-04-20
- ²⁷⁷ Technische Direktion, I.G. Ludwigshafen, Verfahren zur Herstellung von Tonfilmen, Patentanmeldung I. 52 970 IX/57a [O.Z. 8989], 1935-07-19
- ²⁷⁸ Rubens, Sidney M., Data Storage on Drums, in: Daniel / Mee / Clark (Hg.), Magnetic Recording, The First 100 Years, S. 239 ff.
- ²⁷⁹ Kornei, Otto, Berlin (Tobis Tonbild-Syndikat Aktienges.), Verfahren zur magnetischen Schallaufzeichnung und -wiedergabe, Patent DE 650 039, 1935-02-05
- ²⁸⁰ Schwandt, E., Amateur-Tonfilm mit Magnetophon-Begleitung. Funk, Heft 1 / 1938, S. 15

- ²⁸¹ Kieß, Günter, „15 Jahre Magnetfilm in deutschen Studios“, Kino-Technik 1965 Nr. 4 nennt die Titel: „Ein Blick in die Mark“ und „Rheinsberg“; dort ist auch Augustin als Zuständiger genannt
- ²⁸² Kieß, Günter (Wilhelm Albrecht GmbH Studiogeräte, Berlin), Schreiben an Heinz Thiele, Schwarzenbek, 1982-04-26
- ²⁸³ Schoen, A., Siemens-Museum München, Brief an Heinz Thiele, Schwarzenbek, 1987-09-15
- ²⁸⁴ Clark, Mark H. und Nielsen, Henry, The Telegraphone, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999
- ²⁸⁵ Nasarischwily, A., Neue Versuche mit dem Telegraphon; ETZ Bd. 42, Heft 38, S. 1068; 1921, 22. September 1921
- ²⁸⁶ • Heitzer, Heinrich, DI, Berlin-Friedenau (Siemens & Halske AG, Berlin), Verfahren und Vorrichtung zum Löschen von Aufzeichnungen quermagnetisierter ferromagnetischer Lautträger, Patent DE 591 368, 1929-08-04
• Hartmann, Carl A., Dr., Berlin-Siemensstadt (Siemens & Halske AG, Berlin), Vorrichtung zum Aufzeichnen elektrischer Vorgänge durch Quermagnetisieren eines band- oder drahtförmigen Zeichenträgers, Patent DE 638 930, 1929-08-04
• N.N. (Siemens & Halske AG, Berlin), Aufspulbarer Magnetogrammräger, Patent DE 587 917, 1929-08-04
- ²⁸⁷ • N.N. (Siemens & Halske AG, Berlin), Verfahren zur Herstellung von Lautschriftträgern, Patent DE 587 916, 1931-01-10
• N.N. (Siemens & Halske AG, Berlin), Vorrichtung zum Vormagnetisieren von Magnetogrammrägern bzw. zum Löschen von Magnetogrammen, Patent DE 652 011, 1931-11-29. Das Patent ist eine unbewusste Reverenz an Oberlin Smith: der Lautträger (also Draht oder Band) soll durch den axialen Hohlraum einer Spule laufen, da er sich so immer im homogenen Feld bewegt, das heißt, seitliches Auswandern oder Querschwingungen sind unschädlich (im Gegensatz zum Ringkopf, wo möglichst inniger Kontakt zwischen Band und Kopf vorausgesetzt wird).
Wie so oft, ist auch die Wechselfeldlöschung mehrfach erfunden worden: vergl. Fuller, Leonard F., Federal Telegraph Company, Method of Sensitizing the Telegraphone, US 1,459,202, angemeldet 1918-08-26, ausgegeben 1923-06-19
- ²⁸⁸ Hormann, Ernst, Zur Theorie der magnetischen Tonaufzeichnung, E.N.T. Band 9, Heft 10 / 1932 S. 388 ff., 1932-05-02. Die Arbeit soll im Umfeld von Professor Heinrich Barkhausen entstanden sein (dessen Institut übrigens später ein Magnetophon besessen haben soll: URL <http://www.prochemnitz.de/foerderzentrum/Rt/Lehmann.htm> [2007-06-11]). Hormann war später Mitarbeiter der Firma Siemens; er soll 1934 bei einem Flugzeugabsturz ums Leben kommen sein (Seiberth, Hans, in: Thiele, Heinz: Interview mit Drs. Friedrich Bergmann und Hans Seiberth, Ludwigshafen, 1982-07-22). Ernst Hormann ist nicht zu verwechseln mit dem Agfa-Mitarbeiter Dr. Hans Hörmann.
- ²⁸⁹ Meyer, Erwin und Schüller, Eduard, Magnetische Schallaufzeichnung auf Stahlbänder, Zeitschrift für technische Physik, 13. Jahrg. Nr. 12, 1932 S. 593, 1932-09-29
- ²⁹⁰ N. N., Vertrag zwischen Erwin Meyer und Eduard Schüller mit AEG und Siemens & Halske, 1935-08-22, Sammlung Schüller, KSS 0105
- ²⁹¹ Meyer, Erwin, und Schüller, Eduard, Vorrichtung zur Schallaufzeichnung auf magnetisierbare Schallträger, Patent DE 621 522, angemeldet 1932-09-13, ausgegeben 1935-11-08
• Meyer, Erwin, und Schüller, Eduard, Sprechkopf zur Wiedergabe von Magnetogrammen, Patent DE 656 834, angemeldet 1932-09-13, ausgegeben 1938-02-16
- ²⁹² Suckow, N. N., AEG Patent-Büro, Schutzrechte über Magnetophon / Taxfälligkeiten vom Juli bis Dezember 1939, 1939-04-18
- ²⁹³ Meyer, Erwin, Gutachten in der Patentstreitsache Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft gegen Siemens-Halske betreffend DE 500 900, 1935-07-30; Abschrift in DTMB AEG 03214
- ²⁹⁴ I.G. Ludwigshafen, Technische Direktion / Dr. Schoe (Schoenemann), Notiz „Magnetophon“ - 29 Seiten, 1935-05-07
- ²⁹⁵ I.G. Wolfen, R. Schmidt, Wolfen Filmfabrik, Besprechung Magnetophon-Verfahren in Ludwigshafen (6 Seiten), BA Wolfen, A 19 711; Nr. 678, 1935-11-07
- ²⁹⁶ Matthias, Friedrich, Brief an AEG Treptow, Magnetophon (Weitergabe einer Bestellung der Siemens-Schuckert-Werke, diese nicht auffindbar), 1936-08-25, BASF SE UA P 912
- ²⁹⁷ Buol, Heinrich Emanuel von, 1880 – 1945; Vorstands-Vorsitzender von Siemens & Halske 1932 – 1945; nach: Wilfried Feldenkirchen, Siemens 1918 – 1945, Piper München Zürich 1995, S. 252
- ²⁹⁸ • AEG, Mgt/V, Dr. Schepelmann, Aktenvermerk betr. Regelung Magnetofon / Klangfilm, AEG-Archiv, Smlg. Thiele, 1941-05-17
• I.G. LU, Juristische Abtl., Notiz Siemens & Halske, AEG, Telefunken, 1941-09-30, BASF SE UA P 914 [Magnetophon 6.18], BASF SE UA P 915 [RA 1856]
- ²⁹⁹ Der Verfasser hat ... keine Zeit, von einem angemessenen ausgestatteten Labor ganz zu schweigen, um die Vorschläge bis zu einem logischen Schluß über Erfolg oder Fehlschlag auszuarbeiten. Er veröffentlicht sie daher in der Hoffnung, dass einige der zahlreichen Experimentatoren, die heute auf diesem Gebiet arbeiten, in ihnen einen Keim finden, aus dem etwas Nützliches wachsen könnte. Sollte dies der Fall sein, wird er zweifellos die gebührende Anerkennung für seinen Beitrag zur Sache erhalten. Sollten sich aber andererseits diese Vorschläge als wertlos erweisen, werden sie doch ihren Zweck erfüllt haben, und zwar in dem Sinn, dass eine Erörterung dessen, was nicht möglich ist, oft ein brauchbarer Hinweis auf das ist, was machbar ist.

Fritz Pfeumers Innovationen

- ³⁰⁰ Archiv der Stadt Salzburg, Heimatstammbuch (o.D.), Blatt „Pfeumer, Robert“
- ³⁰¹ Kuhn, Werner Norbert: Dresdner Ingenieur hat „singendes Papier“ erfunden!, Dresdner Anzeiger Nr. 171, 25./26.7.1931, sowie Dresdner Neue Presse, 26.7.1931
- ³⁰² • Durstrmüller, Anton und Frank, Norbert: Die österreichischen graphischen Gewerbe zwischen Revolution und Weltkrieg 1848 bis 1918, Band II, o.D. (ca. 1920), S. 461
• Glaser, Hans: Salzburgs Buchdrucker, in: Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde Bd. 98, Salzburg 1958, S. 191
- ³⁰³ Von den im Folgenden erwähnten **Patenten der Familie Pfeumer** werden als Quelle nur die Patentnummern nachgewiesen; zu Einzelheiten siehe die Tabelle 25, Seite 636.
- ³⁰⁴ GB 190603314, AT 31914, DK 9209
- ³⁰⁵ AT 47834; AT 48996; DE 241735; DK 14349; DK 14349; DK 14535; GB 190911300; GB 190911301; GB 190911301; GB 190911752
- ³⁰⁶ N. N., Pfeumatic (1910) Limited, The Scotsman, 1910-02-21, p. 1, URL: <http://edu.archive.scotsman.com/article.cfm?id=TSC/1910/02/21/Ar00131>; Gründungsdatum im Abschnitt “3000 Miles Trial By The R.A.C.”
- ³⁰⁷ AT 47834
- ³⁰⁸ N. N., J. Chem. Soc., Trans., 1916, 109, 369 – 434, Obituary notices, Robert John Caldwell; URL: www.rsc.org/lejarchive/CT/1916/CT9160900369.pdf [2009-03-15]
- ³⁰⁹ AT 52609; AT 65236; DE 249777; DK 17179; FR 430473; GB 1911-11624; GB 1912-12245; GB 1913-29272
- ³¹⁰ Pfeumer, Fritz, Improvements in and relating to Vehicle Wheels, Patent GB 1913-29272, angemeldet 1913-12-18
- ³¹¹ AT 76053; DE 291945; GB 100792; NL 2496C; US 1386727
- ³¹² u.a. AT 098694; CA 202065; CH 078284; CH 098124; CH 103487; CH 104147; DE 357385; DE 358726; DE 368493; DE 371854; DE 375673; DE 400295; DK 030620; DK 030692; DK 24355; FR 517443; FR 539312; GB 168064; GB 217095
- ³¹³ • Bleker, Hartwig: Erfolgsstory eines neuen Werkstoffs, Röchling-Magazin 2/2003; URL: [roechling.de/ FILES/Publikation/files/370 39 Ausgabe 2.2003.pdf](http://roechling.de/FILES/Publikation/files/370_39_Ausgabe_2.2003.pdf) [2008-02-21]
• N. N., Homepage der Firma Lignostone, NL-9560 AB Ter Apel, NL, URL: <http://www.lignostone.nl/> [2009-06-01]
- ³¹⁴ Schüller, Eduard, Notizblattsammlung Blatt 60, KSS 1150
- ³¹⁵ Pfeumer, Herman, Isolierstoff aus Schaumgummi, Patent DE 438552 vom 1925-12-04
- ³¹⁶ Köpp, Wilhelm, Geschichte der porösen und zelligen Erzeugnisse aus Kautschuk und Kunststoff; http://www.koepp.de/wDeutsch/downloads/documents/Prospekte/Die_Geschichte_der_poroenen_und_zelligen_Erzeugnisse_aus_Kautschuk_und_Kunststoff_-_Wilhelm_Koepp.pdf [2015-09-23]
- ³¹⁷ Adressbuch der Photographie 1929, Schauberg-Verlag (Mitteilung von Hartmut Thiele, München, vom 2001-11-27)
- ³¹⁸ So die Angaben der website <http://www.findagrave.com/cgi-bin/fg.cgi?page=pv&GRid=94973175>) [Zugriff 2019-05-04]
- ³¹⁹ Pfeumer, Fritz: Erläuterungen zur Neuerfindung „Magnetische Schallplatte“, Seite 4, 1935-11-27, AEG-Archiv
- ³²⁰ Siehe dazu die Angaben auf den websites <http://www.scienceandsociety.co.uk/results.asp?image=10321623> und <http://www.scienceandsociety.co.uk/results.asp?image=10321620> [Zugriff 2019-05-04]
- ³²¹ Jackson, Rebecca, Rubatex, once city's largest employer, will close doors, URL: <http://www.bedfordbulletin.com/articles/2004/02/04/news/news01.txt> [2005-12-25]
- ³²² DE 298739, DE 336817, GB 111489
- ³²³ DE 547829, Trinkröhrchen, Wickel & Co Komm.-Ges. in Dresden; DE 601937 [Zusatz zu DE 547829], Verfahren zur Erzeugung von Trinkröhrchen aus Papier, Vereinigte Papierwerke A.-G. in Nürnberg. Ein Erfinder ist in diesen Patentschriften nicht angegeben; die – ungesicherte – Zuschreibung an Pfeumer erfolgt aufgrund der Angaben in Kuhn, Werner Norbert: Dresdner Ingenieur hat „singendes Papier“ erfunden!, Dresdner Anzeiger Nr. 171, 25./26.7.1931, sowie Dresdner Neue Presse, 26.7.1931

- ³²⁴ Schüller, Eduard, Notizblattsammlung Blatt 60, KSS 1150
- ³²⁵ vergl. die ausführliche Beschreibung in DE 380 628 (1914-03-08), „Ersatz für Blattmetallrollen, besonders für die Zigarettenindustrie“ der Chemischen Fabrik von Heyden, Dresden-Radebeul
- ³²⁶ Es bleibt noch zu klären, ob hier zur Pulverfeinheit zerkleinerte Bronze (die bekannte Legierung aus Kupfer und Zinn) gemeint ist oder, einem älteren Sprachgebrauch entsprechend, verschiedene, im „Bronceverfahren“ zu Pulver verarbeitete Metalle (z.B. „Aluminiumbronze“: URL <http://www.fundus.org/pdf.asp?ID=1084>)
- ³²⁷ Pergamin (heute meist „Pergamin“): „Aus fein gemahlenem Zellstoff hergestelltes, weitgehend fettichtiges, aber nicht nassfestes Papier. Seine hohe Transparenz erhält es durch sehr scharfe Satinage.“ – Einsatzgebiete: Abdeckblätter in Fotoalben, Briefumschlagfenster u.ä.“; URL: www.schneidersoehne.com/spp/papier/lexikon/Pergamin.html [2002]
- ³²⁸ Chemische Fabrik von Heyden (Erfinder mit größter Wahrscheinlichkeit Fritz Pfeumer), Verfahren zur Herstellung von Metallfolien“, patentiert ab 1924-06-06, ausgegeben 1928-11-02.
- ³²⁹ Kuhn, Werner Norbert: Dresdner Ingenieur hat „singendes Papier“ erfunden!, Dresdner Anzeiger Nr. 171, 25./26.7.1931, sowie Dresdner Neue Presse, 26.7.1931
- ³³⁰ Lübeck, Heinz: Aktennotiz: Revision des Vertrages 1621 mit Fritz Pfeumer vom 28.11.1932, AEG-Archiv, 1938-10-19
- ³³¹ Die Zuordnung der beiden Erfindungs-„Komponenten“ zu zwei Patenten erfolgte vermutlich im Prüfverfahren des Reichspatentamtes: DE 500 900 gehört zur Klasse 42 g Gruppe 17, DE 544 302 zur Klasse 18c Gruppe 3 (nach damaliger Einteilung), vgl. die jeweils beide „Komponenten“ enthaltenden Patente GB 333,154 und FR 669.443
- ³³² Schüller, Eduard, Das Magnetophon, in: Forschen und Schaffen. Beiträge der AEG zur Entwicklung der Elektrotechnik bis zum Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg, hrsg. von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, bearbeitet von Bruno Schweder, 3 Bde., Berlin 1965; Band 3, S. 428.
- ³³³ Entsprechungen von DE 500 900 und 544 302: Frankreich (FR 669.443, 1929-08-03), Großbritannien (GB 333,154, 1929-05-02), Holland (NL 42 477), Kanada (CA 306,485)
- ³³⁴ Pfeumer, Fritz: Improvements in or Relating to Sound Records, britisches Patent 333,154, Zeilen 58 – 81, angemeldet 1929-02-05, ausgegeben 1930-08-05
- ³³⁵ Ohne Kenntnis der Erteilungsakten der Patente DE 500 900 und DE 544 302 ist nicht festzustellen, aufgrund welcher älteren Schutzrechte der Anspruch „COMMAG“ in DE 500 900 nicht enthalten ist. In Betracht kommen insbesondere
- Mamor, Armand, Budapest, Vorrichtung zur Wiedergabe kinematographischer Bilder und der Sprache oder beliebiger anderer Töne und Geräusche, DE 306 532, 1914-06-04
 - Hansen, Friedrich, Köln, Flachmann, E., Bremen, Verfahren zur Herstellung von Sprechfilmen, Patent DE 324 951, 1919-04-10
- (vergl. auch die prompte Rückweisung des inhaltsgleichen „Versuchsballons“ der I.G. Farben vom 1935-07-19) - Aus einem Gutachten von Erwin Meyer, erstellt im Auftrag von Siemens & Halske im Zug des Nichtigkeitsverfahrens gegen DE 500 900, geht hervor, dass Pfeumer zunächst auch „auf nebeneinander laufenden sehr nahen Spuren gleiche Aufzeichnungen vornehmen [wollte,] die sich nicht gegenseitig stören sollen“ [Meyer, Erwin: Gutachten in der Patentstreitsache Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft gegen Siemens-Halske betreffend DE 500 900, 1935-07-30; S. 18]. Vermutlich hat der Prüfer des Reichspatentamtes diesem Anspruch entgegengehalten DE 307 222, Huth, Erich F. (Loewe, Siegmund?): Aus einem endlosen Band bestehender Aufnahmehörper für magnetische Impulse, angemeldet 1916-05-02
- ³³⁶ Pfeumer, Fritz: Lautschritfräger, DE 552 787, angemeldet 1930-11-27; ders., Lautschritfräger, DE 563 306, angemeldet 1931-06-13
- ³³⁷ Pfeumer, Fritz: Brief an das Patent-Büro der AEG, Archiv AEG, 1934-11-03
- ³³⁸ Kuhn, Werner Norbert: Dresdner Ingenieur hat „singendes Papier“ erfunden!, Dresdner Anzeiger Nr. 171, 25./26.7.1931, sowie Dresdner Neue Presse, 26.7.1931
- ³³⁹ Kluth, Heinrich: Tönende Schrift, ORION-Buch Nr. 51, Franzis-Verlag München 1953, S. 53
- ³⁴⁰ Aus Abb. 13 in DE 617 796 (Pfeumer, 1932-11-26) ist zu folgern, dass zwischen den Aufzeichnungsspuren keine Trennsur („Rasen“) vorgesehen war
- ³⁴¹ Kuhn, Werner Norbert: Dresdner Ingenieur hat „singendes Papier“ erfunden!, Dresdner Anzeiger Nr. 171, 25./26.7.1931, sowie Dresdner Neue Presse, 26.7.1931
- ³⁴² Hagemann, Waldemar, Die Kinderjahre des Magnettons – wie ich sie erlebte, unveröffentlichtes Manuskript (29 Seiten), Seite 27; 1962-03-24, BASF SE UA P 903
- Lübeck, Heinz: Aktennotiz: Revision des Vertrages 1621 mit Fritz Pfeumer vom 28.11.1932, AEG-Archiv, 1938-10-19, Anlage 1
 - dazu Schüller, Eduard, Das Magnetophon, in: Forschen und Schaffen. Beiträge der AEG zur Entwicklung der Elektrotechnik bis zum Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg, hrsg. von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, bearbeitet von Bruno Schweder, 3 Bde., Berlin 1965; Band 3, S. 428: „Die erste Probe, die Pfeumer der AEG zeigte, war wenig überzeugend. Dieses Band wäre vielleicht besser als Schmirgelpapier zu verwenden gewesen, als zur Aufzeichnung der feinen Schwingungen der Musik. Aber Pfeumer verfolgte den Gedanken mit zäher Energie ...“
- ³⁴³ Kluth, Heinrich: Tönende Schrift, Orionbücher Band 51, Hrsg. H. Kluth, Verlag S. Lux, Murnau/München, o.D. (ca. 1953). Kluth war seit 1935 [<http://www.giz-international.de/profile/hc-foerster/Visite2.htm>, April 2002] langjähriger erster Vorsitzender der TELI (Technisch/Literarische Gesellschaft - FUNKSCHAU 1962 H. 12 S. 332)
- ³⁴⁴ siehe bei Barrett, A.E.; und Tweed, C. J. F.: Some Aspects of Magnetic Recording and Its Application To Broadcasting, Jour. Instn. electr. Engrs. 82 (1938 March), p. 265-288, „During the process of welding ... the tape becomes brittle and subsequent annealing is necessary. This unfortunately alters the magnetic properties of the tape. The noise is due to this and to mechanical imperfections of the joints is considerably less serious than that reproduced by a soldered joint, which is comparatively uneven and mechanically inferior.“
- ³⁴⁵ Hagemann, Waldemar, Die Kinderjahre des Magnettons – wie ich sie erlebte, unveröffentlichtes Manuskript (29 Seiten), Seite 27; 1962-03-24, BASF SE UA P 903
- ³⁴⁶ Siemens war vom Pfeumer-Band nicht zu überzeugen: „Das Ergebnis der praktischen Versuche des Herrn Pfeumer haben wir im Jahre 1931 in unserem Zentral-Laboratorium an Hand eines uns von Herrn Pfeumer zur Verfügung gestellten Papierstreifens untersuchen können.“ Siemens & Halske, Eingabe „Auf den Schriftsatz der AEG vom 6.2.36“, ca. 1936-02-13, Abschrift der AEG o.D., S. 9
- ³⁴⁷ Die Bezeichnungen variieren, z.B. „Aufnahmemagnet“, „Abnahmesprechkopf“ und „Aufnahmepkopf“ in DE 612 489 (S1Z48 und S2Z7 bis 10), ähnlich in DE 617 796: „Abb. 1 stellt den Sprechkopf dar, der zur Abnahme von Lautschrift dient ...“ (S1Z13-14).
- Pfeumer, Fritz, Verfahren und Vorrichtung zum Vormagnetisieren bandförmiger Magnetogrammräger, Patent DE 612 489, angemeldet 1931-11-22, erloschen 1940
 - Pfeumer, Fritz, Sprechkopf zur Wiedergabe von in Längsmagnetisierung aufgezeichneter Lautschrift, Patent DE 617 796, angemeldet 1932-11-26
 - Thiele, Heinz, The Austrian Pfeumer Invented and Introduced Magnetic Tape, AES Preprint 3236, Presented at the 92nd AES Convention, 1992 March 24-27, Vienna, Austria
- ³⁴⁸ • Lübeck, Heinz: Aktennotiz: Revision des Vertrages 1621 mit Fritz Pfeumer vom 28.11.1932, AEG-Archiv, 1938-10-19, Anlage 1
- Pfeumer, Fritz, Sprechkopf mit mehreren Spalten verschiedener Breite, Patentanmeldung P 64 309, Datum nicht bekannt, ca. 1931-11-21 (DE 612 489, Aktenzeichen P 64 308, wurde angemeldet am 1931-11-21)
 - Pfeumer, Fritz, Magnetischer Halbleiter im Sprechkopf, Patentanmeldung P 64 735, o.D. (ca. 1932-04-30), zurückgewiesen am 1933-08-21
- ³⁴⁹ Pfeumer, Fritz, Verfahren und Vorrichtung zum Vormagnetisieren bandförmiger Magnetogrammräger Patent DE 612 489, 1931-11-22, S2Z59-64
- ³⁵⁰ Lübeck, Heinz: Aktennotiz: Revision des Vertrages 1621 mit Fritz Pfeumer vom 28.11.1932, AEG-Archiv, 1938-10-19
- ³⁵¹ Kuhn, Werner Norbert, Dresdner Ingenieur hat „singendes Papier“ erfunden!, Dresdner Neue Presse (26.7.31), Dresdner Anzeiger (25./26.7.1931); N.N., Tönendes Papier, „Die Umschau“, 35. Jahrg. 31, Heft 47, 1931-03-31
- ³⁵² Kluth, Heinrich, Aufzeichnung eines Telefonats mit Thiele, Heinz, 1981-03-04
- ³⁵³ Lübeck, Heinz: Aktennotiz: Revision des Vertrages 1621 mit Fritz Pfeumer vom 28.11.1932, AEG-Archiv, 1938-10-19
- ³⁵⁴ AEG/Pfeumer, Vertrag Nr. 1621, unterzeichnet am 1932-11-28 zu Berlin von Fritz Pfeumer sowie den Herren Rosenberg und Dr. Orgler seitens der AEG. – Pfeumers 86jährige Mutter Minna war am 1932-11-22 in Salzburg verstorben, möglicherweise deshalb liegt der Termin des Vertragsabschlusses später als die Kontaktaufnahme zwischen AEG und I.G. Farben in Sachen Magnetband
- ³⁵⁵ Für den nordamerikanischen Kontinent hatte AEG ein besonderes Patentabkommen mit der General Electric Corporation, New York, geschlossen.
- ³⁵⁶ Poulsen, Valdemar, Method of and Apparatus for Effecting the Storing Up of Speech or Signals by Magnetically Influencing Magnetisable Bodies, Patent GB 8961/1899, p. 3, lines 34 and 35; 1899-04-28
- ³⁵⁷ Neill, Joseph A. O., New York, NY, Record for Reproduction Sound Tones and Action, Patent US 1,653,467 (angemeldet 1926-03-22, ausgegeben 1927-12-20)
- ³⁵⁸ Matthias, Friedrich, Reise-Bericht über den Besuch bei AEG am 26. und 27 Februar 1934, 1934-03-02; BASF SE UA P 911
- ³⁵⁹ Pfeumer, Fritz, Magnetogrammräger, Patent DE 649 408, angemeldet 1933-09-09, ausgegeben 1937-08-23: Magnetogrammräger mit vorzugsweise dichter Füllung, Anspruch 2: Pulver aus einer Eisenverbindung bestehend (Fe₃O₄ genannt, S2Z68)
- ³⁶⁰ Dr. Suckow, Patentbüro der AEG, Aktennotiz vom 1943-01-06, zitiert in Naumann, Patentbüro der AEG, Brief an BASF, 1950-02-24, BASF SE UA B4 / 1690
- ³⁶¹ Meyers Konversations-Lexikon (1888), Band 5, Seiten 478 und 479

- ³⁶² Schüller, Eduard, Notizblattsammlung, Blatt 61, KSS 1151
- ³⁶³ Bescheid des Reichspatentamts in Sachen Anmeldung J 53 076 IX/42g (i.e. DE 712 457), 1938-10-06, AEG-Archiv (DTMB) 03217; danach „steht [DE 649 408] als älteres Recht der vorliegenden Anmeldung in weitem Umfange entgegen; so sind insbesondere die drei Ansprüche vom 21. August 1935 nicht mehr gewährbar, weil ihre Gegenstände bereits durch die Ansprüche des älteren Rechts vorpatentiert sind.“
- ³⁶⁴ Suckow, Patentbüro der AEG, Aktennotiz vom 1943-01-06, zitiert in Naumann, Patentbüro der AEG, Brief an BASF, 1950-02-24, BASF SE UA B4 / 1690
- ³⁶⁵ Naumann, Patentbüro der AEG, Brief an BASF, 1950-02-24, BASF SE UA B4 / 1690
- ³⁶⁶ Diltthey, Günther (Rechtsabteilung der BASF): Aktennotiz: Besuch Dr. Schepelmann und DI Schüller von AEG am 4.5. 1948, 1948-05-07, BASF SE UA B4 / 1690
- ³⁶⁷ Zimmermann, Paul, Brief an AEG, Zentralverwaltung Westzonen, Patentbüro, 24 Hamburg 36, vom 1949-09-23; BASF SE UA B4 / 1690
- ³⁶⁸ Zimmermann, Paul, Brief an AEG Patent-Büro, Berlin-Grunewald, 1950-03-14
- ³⁶⁹ Interner Brief der BASF Ludwigshafen, Patentabteilung an Dir. Dr. Pflaumer, 1950-04-28
- ³⁷⁰ Pflaumer, Fritz: Erläuterungen zur Neuerfindung „Magnetische Schallplatte“, 1935-11-27, AEG-Archiv
- ³⁷¹ Pflaumer, Fritz, Verfahren und Vorrichtung zur Aufzeichnung magnetischer Lautschrift auf vorgeillte Schallplatten, Patent-Anmeldung ohne Aktenzeichen, 1935-11-27; AEG-Archiv. Die Anmeldung blieb offensichtlich erfolglos
- ³⁷² Pflaumer, Fritz, Verfahren zur Herstellung bandförmiger magnetisierbarer Lautschriftträger, Patent DE 640 809, angemeldet 1936-03-17. Der Grund für die späte Anmeldung - I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft bereitete zu dieser Zeit den Umstieg auf Fe₃O₄ vor – sind nicht bekannt.
- ³⁷³ Dr. Simon, AEG / FO, Brief an Dr. Ambros, I.G. Lu, 1932-11-24
- ³⁷⁴ Pflaumer, Fritz, und Hafner, Theodor, Improvements in or relating to Sound Record Carriers, Patent GB 511,164, Application Date (in United Kingdom): Oct. 28, 1937 – Specification not Accepted
- ³⁷⁵ Allerdings sollen die Platten noch Rillen mit etwa rechteckigem Profil haben, so dass die moderne „hard disk“ nur bedingt vorweg genommen ist.
- ³⁷⁶ Siehe dazu Bosse, Julius von, Kathodenzerstäubung und ihre Anwendung in der Technik, Die Umschau 1936, Heft 14 Seiten 217 – 274, der Edison (1892) als Erfinder des Verfahrens nennt (Vergoldung der Phonographen-Wachszylinder zwecks Duplizierung)
- ³⁷⁷ Pflaumer, Fritz, Patent US 2,24,847, Recording and Reproducing Device for Magnetic Sound Writing, 1938-07-23; die Kurzcharakteristik der entsprechenden Pflaumer-Patentanmeldung P. 75 598 vom 1937-07-23 ist entnommen aus Lübeck, Heinz: Aktennotiz: Revision des Vertrages 1621 mit Fritz Pflaumer vom 28.11.1932, AEG-Archiv, 1938-10-19
- ³⁷⁸ Smith, Oberlin, Letter to the Editor (Miscellaneous Notes), The Electrical World, 1888-09-29, p. 179: „... the helix should be shown very short, and possibly might consist of only one coil ...“
- ³⁷⁹ Schmidbauer, Otto, Vorgang der Magnetton-Aufzeichnung und –Wiedergabe, in: Winkel, Fritz (Hrsg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960, S. 48
- ³⁸⁰ Pflaumer, Fritz: Brief an I.G. Farbenindustrie, Film-Abteilung, Ludwigshafen a.Rh., 1939-01-03 AEG-Archiv (Abschrift)
- ³⁸¹ Lübeck, Heinz (AEG Fabriken-Leitung Abteilung E), Brief an Dr. Zimmermann, Patentabteilung I.G. Farben, Ludwigshafen, 1939-02-10, DTMB AEG 02289
- ³⁸² Lübeck, Heinz, Aktennotiz über eine Besprechung mit Herrn Pflaumer bezüglich Vertragsänderung am 3.11.1938 in Dresden, 1938-11-03, DTMB AEG 02289
- ³⁸³ Pflaumer, Fritz: Erläuterungen zur Neuerfindung „Magnetische Schallplatte“, 1935-11-27, AEG-Archiv
- ³⁸⁴ Lübeck, Heinz: Aktennotiz: Revision des Vertrages 1621 mit Fritz Pflaumer vom 28.11.1932, AEG-Archiv, 1938-10-19
- ³⁸⁵ Schepelmann, Hans, Exposé für die Besprechung am 29. Juni 1943, 1943-06-16, BASF SE UA P 915 [Magnetophon 6.19]
- ³⁸⁶ Dr. S., AEG Patentbüro, Brief an Fritz Pflaumer, 1935-12-21, AEG-Archiv
- ³⁸⁷ siehe dazu den Abschnitt „Familie Oexmann und das Patent DE 605 152 („Träger für magnetische Aufzeichnung)“, Seite 52
- ³⁸⁸ Thiele, Heinz: Fritz Pflaumer - Leben und Werk eines großen Ingenieurs, in: Paul Kruntorad (Hrsg.), A.E.I.O.U., Österreichischer Bundesverlag, Wien 1985, S. 187 - 195
- ³⁸⁹ Pflaumer, Agnes, handschriftlicher Brief an das Patentbüro der AEG, Wien 1947-10-15, AEG-Archiv
- ³⁹⁰ BASF Ludwigshafen, Patentabteilung, Brief an AEG Patent-Büro, Berlin-Grunewald, 1950-05-31; BASF SE UA B4 / 1690
- ³⁹¹ Kluth, Heinrich: Tönende Schrift, Orionbücher Band 51, Hrsg. H. Kluth, Verlag S. Lux, Murnau/München, o.D. (ca. 1953), S. 52
- ³⁹² Schüller, Eduard, Das erste Tonbandgerät - ein Spielzeug, Stuttgarter Nachrichten, 1965-09-03, KSS 0407
- ³⁹³ Neill, Joseph A. O., New York, NY, Record for Reproduction Sound Tones and Action, Patent US 1,653,467 (angemeldet 1926-03-22, ausgegeben 1927-12-20)
- ³⁹⁴ AEG, Patentbüro, Ueber die Verhandlung vor der Nichtigkeitsabteilung vom 1. November 1934 in Sachen Nichtigkeitsklage von S. & H. gegen unser DE 500 900 (Pflaumer), Aktennotiz vom 1934-11-02, AEG-Archiv, S. 2: „... durch die im Prüfverfahren nicht genannte amerikanische Patentschrift 1,653,467 ...“. Diese Notiz enthält auch die Kritik (der AEG) am O'Neill-Patent.
- ³⁹⁵ Reichsgericht Leipzig, Urteil im Nichtigkeitsprozess gegen DE 500 900, 1936-04-20, AEG-Archiv
- ³⁹⁶ N. N., Lautschriftträger zum Aufzeichnen von Schall auf magnetischen Wege, Interne Notiz der AEG (Patentabteilung?), 1937-09-10, DTMB 033214
- ³⁹⁷ Camras, Marvin, Magnetic Tape Recording“, New York 1985, p. 244
- ³⁹⁸ In der genannten Reihenfolge: US 1818645; US 2041144; US 1915613; US 2098158
- ³⁹⁹ Lübeck, Heinz: Aktennotiz: Revision des Vertrages 1621 mit Fritz Pflaumer vom 28.11.1932, AEG-Archiv, 1938-10-19, S. 1: „Diese Situation wird in einer Besprechung [am 1932-10-11] Herrn Dr. Oexmann (Vertreter von Pflaumer) klargelegt.“
- ⁴⁰⁰ • Poulsen, Valdemar, Method of and Apparatus for Effecting the Storing Up of Speech or Signals by Magnetically Influencing Magnetisable Bodies, Patent GB 8961/1899-04-28
• Neill, Joseph A. O., New York, NY, Record for Reproduction Sound Tones and Action, Patent US 1,653,467 (angemeldet 1926-03-22, ausgegeben 1927-12-20)
- ⁴⁰¹ Deutsches Patentgesetz, § 21 [Widerruf des Patents], Abschnitt (1): Das Patent wird widerrufen (§ 61), wenn sich ergibt, dass [...] 3. der wesentliche Inhalt des Patents den Beschreibungen, Zeichnungen, Modellen, Gerätschaften oder Einrichtungen eines anderen oder einem von diesem angewendeten Verfahren ohne dessen Einwilligung entnommen worden ist (widerrechtliche Entnahme) ...
- ⁴⁰² *Schüller-Sammlung, KSS 1134
- ⁴⁰³ Ambros, Otto (I.G. Lu), Notiz „Zusammenarbeit mit der AEG auf dem neuen Gebiete der Herstellung von Magnettonbändern“, 1932-12-30
- ⁴⁰⁴ Möglicherweise haben AEG und I.G. Farben das Carbonylisen schon in ihrer gemeinsamen Patentanmeldung „Magnetisierbarer Bandträger für Schallaufzeichnung und Wiedergabe und Verfahren zu seiner Herstellung“ vom 18. Juli 1931 genannt. Die Anmeldung führte zu keinem Patent, Unterlagen waren bisher nicht aufzufinden.
- ⁴⁰⁵ Interner Brief der Rechtsabteilung der I.G. Ludwigshafen an die I.G. Frankfurt/Main, Verkaufsgemeinschaft Chemikalien, 1937-11-01
- ⁴⁰⁶ Oexmann, Heinrich, Carrier for Magnetic Recording, Patent US 2,041,480, angemeldet 1933-09-18
- ⁴⁰⁷ Die aufgrund lückenhaften Sachwissens wiederholt aufgestellte Behauptung „BASF ist der Erfinder des Magnetbandes“ wird allein schon von Pfeumers Arbeiten widerlegt. Dass Oexmann bzw. AEG Carbonylisen bereits in Betracht gezogen hatte, bevor man Ludwigshafen kontaktierte, ist ein klarer Beweis dafür, dass I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft höchst beachtliche Entwicklungsarbeit geleistet hat, jedoch keine Erfindung beanspruchen kann.
- ⁴⁰⁸ • Krueger, Franz, Oexmann, Heinrich, Pfeumer, Herman, Verfahren und Metallrahmen zur Herstellung von Presspulvertabletten, DE 542,905, angemeldet 1927-09-17, ausgegeben 1932-01-29
• diess., Druckverfahren zur Verzierung von Presskörpern, DE 533, 240 angemeldet 1927-11-04, ausgegeben 1931-09-10
• Oexmann, Heinrich und Pfeumer, Herman, Method of producing tablets of powdery material framed in metal, US 1,822,172, angemeldet 1928-09-12, ausgegeben 1931-09-08
- ⁴⁰⁹ Oexmann, Heinrich; Schallplatte, DE 526 124, angemeldet 20.09.1927, ausgegeben 03.06.1931;
ders., Verfahren zur Herstellung von Hormmehl, DE 535 482, angemeldet 01.10.1927, ausgegeben 10.10.1931
- ⁴¹⁰ Wie die ersten Zeilen von DE 663 728 zeigen, gab es mehrere konkurrierende Verfahren, denen hier nicht nachgegangen wird. Es bliebe allenfalls noch zu untersuchen, wie weit hiervon die magnetisch aufzeichnenden Diktiergeräte mit plattenförmigem, gerilltem Träger abhängen, die zwischen 1950 und 1975 verbreitet waren.
- ⁴¹¹ Schüller, Eduard, Notizblattsammlung Blatt 36, KSS 1135

- ⁴¹² Dies legt die Wortwahl in folgendem Dokument nahe: Pfeumer, Fritz: Erläuterungen zur Neuerfindung „Magnetische Schallplatte“, 1935-11-27, AEG-Archiv
- ⁴¹³ Friedmann, Paul und Matthias, Friedrich, Verfahren zur Herstellung von Magnetogrammrägern, das spätere Patent DE 678 086, angemeldet 1933-01-28; Ausgabe 1939-07-08
- ⁴¹⁴ Oexmann, Veronika: Brief an I.G. Farbenindustrie Ludwigshafen, 1937-03-03. Die Patentansprüche der Anmeldung vom 1932-11-28 – dem Tag des Vertragsabschlusses zwischen Pfeumer und AEG – sind auf S. 2 des Schreibens aufgelistet
- ⁴¹⁵ Beschluß des Reichspatentamts in Sachen Anmeldung J 46 503 IX/42g vom 1938-10-05, AEG-Archiv (DTMB) 03217
- ⁴¹⁶ • Oexmann, Veronika: Verfahren zur Herstellung von schallplattenförmigen Magnetogrammrägern, DE 639 096, angemeldet 1933-02-17, ausgegeben 1936-11-28
- diess.: Schallplattenförmiger Magnetogrammräger, DE 663 728, angemeldet 1933-09-20, ausgegeben 1938-08-12
- ⁴¹⁷ N. N., Patentabt. Klu/Zi (I.G. Farben Ludwigshafen), Brief an AEG, 1941-07-22, DTMB AEG 02290
- ⁴¹⁸ • Haken, Kurd von, Verfahren zur Herstellung von Magnetotragern, DE 832 333, angemeldet 1949-11-04;
- ders., Magnetogrammräger auf Papierunterlage (Zusatz zu DE 832 333 für blatt dünne Papierunterlage), DE 844 678, angemeldet 1950-06-17

Die AEG auf Magnetton-Neulandsuche

- ⁴¹⁹ Nees, Verena, Nach hundert Jahren – KWO in Berlin schließt, o.D., ca. 1997, URL: <http://gleichheit.de/ap/ap865/05kabel1.htm>
- ⁴²⁰ Wenzel, Georg: Deutscher Wirtschaftsführer, 1929; Abschrift im Personenarchiv der BASF, Band W 2 (Stichwort Bücher)
- ⁴²¹ Feldenkirchen, Wilfried: Siemens 1918 - 1945 (Piper München Zürich 1995)
- ⁴²² Strunk, Peter, Die AEG – Aufstieg und Niedergang einer Industriellegende, Nicolaische Verlagsbuchhandlung Beuermann GmbH, Berlin 2000?, S. 246
- ⁴²³ Feldenkirchen, Wilfried, Siemens / 1918 – 1945; Piper München Zürich 1995, S. 137 und 325
- ⁴²⁴ *Schüller-Sammlung, KSS 1115
- ⁴²⁵ Volk, Theo, Verfahren zur Untersuchung von Fernsprechübertragungssysteme, Patent DE 537857, angemeldet 1930-03-28, ausgegeben 1931-11-07
- ⁴²⁶ • *Schüller-Sammlung, KSS 1152 bis 1156
- Schüller, Eduard, handschriftliche Notiz für Hahn, Reinhard, o.D. (ca. 1973-08-19), KSS 0102
- Schüller, Eduard (Telefunken Berlin), Schreiben an Hahn, Reinhard, Firmenarchiv AEG, Hannover, 1967-12-05: „Ein älterer Mitarbeiter aus der AEG (H. Keller, Backnang) behauptet, dass die AEG sich mit dem Gedanken der magnetischen Aufzeichnung schon vor der Fühlungnahme mit Pfeumer beschäftigt habe.“
- ⁴²⁷ Lt. URL <http://www.heise.de/tip/deutsch/inhalt/co/2335/1.html> gehören dazu: Widerstand des Drahtes, Isolations- und Übergangswiderstände zwischen den Adern einer Leitung, Kapazität zwischen den Adern und gegen die Erde, Selbstinduktion des ausgespannten Drahtes (2002-05-20)
- ⁴²⁸ Die Ära der Pupinspule scheint erst zu Ende gegangen zu sein, als preiswerte und zuverlässige Verstärker, zunächst mit Röhren, dann mit Halbleitern, zur Verfügung standen, d.h., ab etwa 1950
- ⁴²⁹ Zur Geschichte des Carbonsleisens einschließlich seiner Anwendungen siehe Paul A. Zimmermann, Magnetbänder – Magnetpulver – Elektroden, Schriftenreihe des Firmenarchivs der Badischen Anilin- & Soda-Fabrik, Nr. 4, 1969. – Pupinspulen mit Stahldraht-Ringkern von 1912 wogen 14 kg, die Ausführung 1939 mit Carbonsleisen-Kern nur noch 2,6 kg, bei erheblich geringeren magnetischen Verlusten.
- ⁴³⁰ *Schüller-Sammlung, KSS 1137
- ⁴³¹ Braun, I.G. LU, Patentabteilung, Besprechungsbericht betr. Zusammenarbeit mit der AEG auf dem Ferrotongebiet, 1934-08-03. Bisher war, außer Schüllers Notizen und Entwürfen, kein weiterer Schriftwechsel oder Ähnliches in dieser Sache aufzufinden.
- ⁴³² Lucas, Richard und Neukirch, Eberhard, IG Farben Ludwigshafen, Verfahren zur Herstellung von Metallniederschlägen, Metallfilme beliebiger Stärke aus Metallkarbonylverbindungen, Patent DE 529 849, angemeldet 1928-06-28;
- F. L., Metallniederschläge und -folien aus Metallkarbonylverbindungen, Umschau, 35. Jahrg. 1931, Heft 42, Seite 843 (unter "Betrachtungen und kleine Mitteilungen")
- ⁴³³ Volk, Theo, Verfahren zur Herstellung eines Lautschritfrägers, Patent DE 649 596, 1932-12-01
- ⁴³⁴ Volk, Theo, Verfahren zur Herstellung eines Lautschritfrägers, Patent DE 649 596, 1932-12-01
- ⁴³⁵ Oexmann, Heinrich (übertragen auf AEG), Träger für magnetische Aufzeichnung, Patent DE 605 152, 1932-09-20
- ⁴³⁶ • *Schüller-Sammlung, KSS 1152 bis 1156
- Schüller, Eduard, handschriftliche Notiz für Hahn, Reinhard, o.D. (ca. 1973-08-19), KSS 0102
- Schüller, Eduard (Telefunken Berlin), Schreiben an Hahn, Reinhard, Firmenarchiv AEG, Hannover, 1967-12-05: „Ein älterer Mitarbeiter aus der AEG (H. Keller, Backnang) behauptet, dass die AEG sich mit dem Gedanken der magnetischen Aufzeichnung schon vor der Fühlungnahme mit Pfeumer beschäftigt habe.“
- ⁴³⁷ Quellen zur Biographie von Hans-Hermann Atorf:
- H.-H. Atorf 70 Jahre, FERNSEH- und KINO-TECHNIK 30. Jahrgang Nr. 7/1976, Seite 241
- Grau, Wolfgang, Nachruf auf H.H. Atorf, FERNSEH- und KINO-TECHNIK 31, Nr. 12/1977, Seite 450
- Steinke, Gerhard, Interview mit Ernst Altrichter, Magnetbandaufzeichnung vom 2005-02-10, transskriptionelle Notiz (F.E.)
- ⁴³⁸ Atorf, Hans-Hermann, 45 Jahre Fernbildübertragung mit Magnetbandtechnik, Kino-Technik Nr. 3/1955
- Atorf, Hans-Hermann, Elektronische Bildaufzeichnung in der Filmtechnik, Fernseh- und Kinotechnik 11/1955
- ⁴³⁹ *Schüller-Sammlung, KSS 1103
- ⁴⁴⁰ Matthias, Friedrich, Bericht über den Besuch bei AEG, Abtl. Magnetophon am 20.-22. Juni 1935, 1935-06-26
- ⁴⁴¹ Schmidt, R., Wolfen Filmfabrik, Besprechung Magnetophon-Verfahren in Ludwigshafen (6 Seiten), BA Wolfen (DS), A 19 711; Nr. 678, 1935-11-07
- ⁴⁴² Schüller, Eduard, Das "Magnetophon", in: Forschen und Schaffen (AEG), Ausgabe 1957, S. 32... 36
- ⁴⁴³ (1) Keller, Richard, Verfahren und Einrichtung zur magnetischen Schallaufzeichnung und –wiedergabe, Patent DE 663 413, 1932-10-30;
- (2) Keller, Richard, und Volk, Theo, Sprechkopf zur magnetischen Schallaufzeichnung und Wiedergabe, Patent DE 663 974, 1932-11-25;
- (3) Keller, Richard und Volk, Theo (?), Sprech- und Hörfopf, Patentanmeldung A 68100, 1932-12-24
- (4) Keller, Richard, Sprechkopf zur Aufzeichnung oder Wiedergabe von Magnetogrammen, Patent DE 622 623 (= A 68101), 1932-12-24
- (5) Keller, Richard, und Volk, Theo (?), Anordnung zur Schallaufnahme und Wiedergabe, Patentanmeldung A 68102, 1932-12-24
- ⁴⁴⁴ Volk, Theo, Verfahren zur Herstellung eines Lautschritfrägers, Patent DE 649 596, 1932-12-01. Siemens erhob mit Hinweis auf zwei französische Patente Einspruch gegen die Anmeldung (I.G. Ludwigshafen, Patentabteilung, Brief an AEG Berlin, Patentbüro, 1936-05-28)
- ⁴⁴⁵ Das Ausrichten, also das Pulver „...einem richtenden magnetischen Felde auszusetzen“, ist in N. N. (Siemens & Halske AG, Berlin), Verfahren zur Herstellung von Lautschritfrägern, Patent DE 587 916, angemeldet am 10. Januar 1931, als bereits bekannt beschrieben
- ⁴⁴⁶ Cohesan, Produkt der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Werke Chemische Fabriken vorm. Weiler-ter Meer, Uerdingen-Niederrhein. Bestehend aus Nitrozellulose, Kunststoff und einem Weichmacher diene Cohesan – in mehreren Einstellungen – als Klebe- und Reparaturmittel („Kitt“) für Leder, und zwar sowohl in der Schuhindustrie als auch im (Reparatur)-Handwerk. (Broschüre „Cohesan“, o.D., BASF SE UA Signatur Q 506/2, ca. 1930 sowie Ranger, Richard H., FIAT Final Report No. 923, 1947-05-13)
- ⁴⁴⁷ Schilderung von Hans Westpfahl in: Thiele, Heinz: Das Magnetophon - Zur Entstehung und den ersten Anwendungen. Interview mit Dr.-Ing. Hans Schießler, Hans Westpfahl, Drs. Schadwinkel und Rindfleisch, Rudolf Hahn, 1981-09-23 (Umschrift von F.E.)
- Diese erstrangige Quelle wird im Folgenden zitiert als ***Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981**
- ⁴⁴⁸ Hartstoff-Metall-A.-G. (Hametag) in Berlin-Cöpenick, Verfahren zur Herstellung feiner Metallkörnchen aus geschmolzenem Metall, DE 514 623, angemeldet 1928-12-06
- ⁴⁴⁹ • Hormann, Ernst, Zur Theorie der magnetischen Tonaufzeichnung, E.N.T. Band 9, Heft 10 / 1932 S. 388 ff., 1932-05-02;
- Meyer, Erwin und Schüller, Eduard, Magnetische Schallaufzeichnung auf Stahlbänder, Zeitschrift für technische Physik, 13. Jahrg. Nr. 12, 1932 S. 593, 1932-09-29
- ⁴⁵⁰ AEG (Volk, Theo), Notiz „Brauchbarkeit der von I.G. versuchsweise hergestellten Magnettonbänder“, 1932-12-22
- Zur Endlosapparatur siehe: Volk, Theo, Verfahren zur Untersuchung von Fernsprechübertragungssystemen, Patent DE 537857, angemeldet 1930-03-28, ausgegeben 1931-11-07
- ⁴⁵¹ Munzinger-Archiv GmbH 1998 - Aus: Internationales Biographisches Archiv 29/51 vom 09.07.1951
- ⁴⁵² Wenzel, Georg: Deutsche Wirtschaftsführer, 1929; Abschrift im Personenarchiv der BASF, Band W 2 (Stichwort Bücher)

- ⁴⁵³ K.T. (Tetzner, Kurt), Das erste Magnetophon im Einsatz, FUNKSCHAU 1975, Heft 25, S. 42; Wuckel, Günther: Zur Geschichte der AEG-TELEFUNKEN-Nachrichtentechnik, Wiss. Ber. AEG-Telefunken 52 (1979) 3-4
- ⁴⁵⁴ Internationales Biographisches Archiv 29/51 vom 09.07.1951, zitiert von Munzinger-Archiv GmbH 1998
- ⁴⁵⁵ Bücher, Hermann, Brief an Dr. Holdermann, Patent-Abteilung der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft „in Auflösung“, 1948-11-15; BASF SE UA P 903
- ⁴⁵⁶ *Schüller-Sammlung, KSS 1103 bis 1120
- ⁴⁵⁷ Einstein, Albert, Eröffnungsrede zur Großen Deutschen Funkausstellung und Phonoschau Berlin 1930, 1930-08-22 bis 08-31, URL: www.einstein-website.de/z biography/rede-funkausstellung
- ⁴⁵⁸ Dr. Theo Volk, Leiter der Kabelwerk Oberspree, der Prokurist Dr. Singer sowie Dr. Simon und Dipl.-Ing. W. Pagel von der Fabriken-Oberleitung
- ⁴⁵⁹ 1928-08-30 war das Tonbild-Syndikat (TOBIS) gegründet worden, dem weder Siemens & Halske noch AEG beitraten, sondern am 1928-10-08 die gemeinsame Tochter „Klangfilm G.m.b.H.“ gründeten. Die beiden Patenthaltergruppen einigten sich am 1929-03-13 in einem „Interessengemeinschaftsvertrag“ darauf, dass „Klangfilm die Apparatefabrikation und den Vertrieb der Wiedergabetechnik, TOBIS den Vertrieb der Aufnahmegeräte übernehmen und sich um die Filmproduktion kümmern soll. [Bell, Frank, Der Lichtton und seine Geschichte – 120 Jahre „Tönendes Licht“, in Polzer, Joachim (Hsg.), Aufstieg und Untergang des Tonfilms / Weltwunder der Kinematographie, Sechste Ausgabe 2002, S. 169/170]
- ⁴⁶⁰ Lernwerkstatt Geschichte der Hochschule Hannover, Film und Geschichte: Filmproduktion in Niedersachsen: Die Pioniere; URL: <http://www.geschichte.uni-hannover.de/~kultarch/ndsfilm/filmproduktion/piolaufbildprojektion.htm> [2005-10-26]

I.G. Farben, Magnetton-Partner der AEG

- ⁴⁶¹ Katalog „125 Jahre BASF – Stationen ihrer Geschichte“, Ludwigshafen 1990, S.46
- ⁴⁶² Zimmermann, Paul; Magnetbänder - Magnetpulver - Elektroden, engl. Ausgabe: Magnetic Tapes - Magnetic Powders - Electrodes, BASF Ludwigshafen, Schriftenreihe des Firmenarchivs, 1969
- ⁴⁶³ Drs. Immerheiser, Neubauer, Scharf, Verfahren zur Erzeugung von in dünner Schicht transparent gefärbtem Celluloid oder celluloidartigen Massen, Patent DE 491 779, angemeldet 1924-06-27
- ⁴⁶⁴ Die Bedeutung von G.M. ist nicht bekannt
- ⁴⁶⁵ Friedmann, Paul und Matthias, Friedrich, Ueber den derzeitigen Stand der Magnetband-Versuchsfabrikation, 1935-10-14, BASF SE UA P 917 und D 02.2/5
- ⁴⁶⁶ • Heine, Jens Ulrich, Verstand & Schicksal, VCH Verlagsgesellschaft Weinheim, 1990, Abschnitt V 18 (S. 84)
• „Von Werk zu Werk“, Betriebszeitung der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Ausgaben Nov. 1936, Februar 1938, S. 34 sowie März/April 1942
- ⁴⁶⁷ Betriebsgemeinschaften (BG) waren ein Organisations-Instrument der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft. Zur BG Oberrhein mit Sitz Ludwigshafen gehörten die Werke Ludwigshafen, Oppau, Zweckau, Leuna und (ab 1935) Schkopau (vgl. Jens Ulrich Heine, Verstand & Schicksal, VCH Verlagsgesellschaft Weinheim, 1990)
- ⁴⁶⁸ Schoenemann, Karl: Aus Ursprung und Entwicklung der neueren chemischen Industrie / Wilhelm Gaus zum 75. Geburtstag; Chemie-Ingenieur-Technik, 23. Jg. Nr. 20, 1951-10-28, S. 489-512
- ⁴⁶⁹ Gaus, Wilhelm; Brief an GHR Bücher, AEG Berlin, 1933-01-12; BASF SE UA P 911 [Fabrikation Lu]
- ⁴⁷⁰ Gaus, Wilhelm, Brief an Geheimrat Bücher, AEG, Berlin, 1935-09-24 („Gaus-Bücher-Abkommen“), BASF SE UA P 915 [RA 1856] und vier weitere Signaturen
- ⁴⁷¹ Wilhelm Gaus, Brief an AEG Berlin, Hermann Bücher (5 Seiten), 1937-08-20, BASF SE UA P 912
- ⁴⁷² N.N., (AEG FO), Aktennotiz über eine Besprechung am Freitag, den 13.09.1935, BASF SE UA P 911, Blatt-Nr. 49, 1935-09-14
- ⁴⁷³ Gaus, Wilhelm: Brief an AEG Berlin, Hermann Bücher, 1937-10-11, BASF SE UA P 912
- ⁴⁷⁴ Gaus, Wilhelm: Brief an Dr. Cl. Brendel (Rechtsabteilung der I.G. Farben Ludwigshafen), 1942-01-04
- ⁴⁷⁵ Gaus, Wilhelm; Brief an I.G. LU, Rechtsabt., Dr. Brendel, 1942-10-07; BASF SE UA P 915
- ⁴⁷⁶ Heine, Jens Ulrich: Verstand & Schicksal, VCH Verlagsgesellschaft Weinheim, 1990, S. 84 - 85
- ⁴⁷⁷ Schoenemann, Karl: Aus Ursprung und Entwicklung der neueren chemischen Industrie / Wilhelm Gaus zum 75. Geburtstag; Chemie-Ingenieur-Technik, 23. Jg. Nr. 20, 1951-10-28, S. 489-512
- ⁴⁷⁸ Braun, I.G. LU, Patentabteilung, Besprechungsbericht betr. Zusammenarbeit mit der AEG auf dem Ferrotongebiet, 1934-08-03. Bisher war, außer Schüllers Notizen und Entwürfen, kein weiterer Schriftwechsel oder Ähnliches in dieser Sache aufzufinden.
- ⁴⁷⁹ Einem Bonmot zufolge hätte Gaus auch die Werkseisenbahn gern auf Carbonyleisen umgestellt (mündl. Mitteilung von Dr. Friedrich Bergmann, 1985)
- ⁴⁸⁰ Matthias, Friedrich, Bericht „Magnetophon“ an Wilhelm Gaus, 1936-07-10, BASF SE UA P 912.
- ⁴⁸¹ Hofmann, N. N. [I.G. Dormagen], Aktennotiz: Besprechung in Lu am 1. Novbr. 1935 betr. Cellit für Magnetophon-Bänder, 1935-11-04, Werksarchiv Bayer
- ⁴⁸² Brock, G.C., AGFA Film Factory Wolfen, CIOS Item No. 9. File No. XXX-15, n.D. (ca. 1946-03)
- ⁴⁸³ Arthur Eichengrün (Aachen 1867-08-13 – 1949-12-23 Bad Wiessee), aus jüdischer Textilindustriellen-Familie, baute ab 1896 das pharmazeutische Laboratorium der Firma Bayer Elberfeld auf, dessen Chef er 1901 wurde. In diese Zeit fällt die Erfindung des Aspirins, die Eichengrün 1949 für sich reklamierte; die Prioritäten scheinen nicht eindeutig geklärt. Bei der „Azyklisierung“ des Aspirins stieß Eichengrün auf die Acetylcellulose, die er noch bei Bayer erforschte, auch ihre Anwendung als Acetatseide. 1908 verließ Eichengrün Bayer, gründete in Berlin zunächst ein eigenes Forschungslabor, aus dem die Firma Cellon-Werke hervorging; hier entwickelte er die unbrennbare Zelluloseacetat-Folie für Kinefilme und baute Spritzguss-Maschinen für Zelluloseacetat. 1927 zählte ihn das Berliner Tagblatt zu den sechs wichtigsten Erfindern der deutschen Industriegeschichte. 1938 wurde seine Firma „arisiert“, Eichengrün selbst kam 1943 als Opfer des NS-Gesetzgebung zunächst ins Gefängnis, im Mai 1944 in das Konzentrationslager Theresienstadt. Nach der Befreiung des Lagers Rückkehr nach Berlin, 1948 Umsiedlung nach Bad Wiessee, Bayern.
Quellen: Chaussy, Ulrich, Der Nachbar der Nazis - Die unglaubliche Geschichte des deutsch-jüdischen Erfinders Arthur Eichengrün, Westdeutscher Rundfunk (2001-06-10), URL: <http://www.wdr.de/radio/wdr3/sendungen/radfea/20010610.html> [2003-04-23] – Pehrke, Jan, Forscher wirft dem Bayer-Konzern Geschichtsklitterung vor, SWB 04/1999, URL: <http://www.cbgnetwork.org/Ubersicht/Zeitschrift SWB/SWB 1999/SWB04 99/Aspirin 04 99/aspirin 04 99.html> [2003-04-23] – Sneider, Walter [Department of Pharmaceutical Sciences, University of Strathclyde, Glasgow], The Discovery of Aspirin: a Reappraisal, URL: <http://www.angelfire.com/ok4/Aspirin/page1.html> [2003-04-23] – N. N. Dr. Arthur Eichengrün, chemist and inventor, URL: <http://www.angelfire.com/ok4/Aspirin/> [2003-04-23] – N. N., Cellulose Acetate, URL: <http://www.plastiquarian.com/ca2.htm> [2003-04-23]
- ⁴⁸⁴ Der Knauer, Universallexikon in 15 Bänden, Stichwort Zelluloseacetat, Knauer 1990
- ⁴⁸⁵ Pflaumer, Karl, Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern, I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Farben-Gruppe, 1945-07-11
- ⁴⁸⁶ Robl, Rudolf, Patent-Anmeldung J 74 582, 1943-03-17 (DTMB)
- ⁴⁸⁷ Bergmann, Friedrich, Geschichte des Carbonyleisenpulvers, 11-seitiges Typoskript, 1963-08-14, BASF UA G 73106
- ⁴⁸⁸ Vogt, Hans, in Berlin-Neukölln, Verfahren zur Herstellung von Magnetkernen für Hochfrequenzzwecke, DRP 675 667 (und Auslands-Anmeldungen), angemeldet 1931-11-13, bekanntgemacht 1939-04-27. – Vogts DRP 739 209, Verlustarme Hochfrequenzabstimmungsschaltung mit Magnetkern, angemeldet 1933-02-07, bekanntgemacht 1943-08-05 (sic) erwähnt ebenfalls Carbonyleisen als Magnetwerkstoff, jedoch keinen Papiertträger, sondern „mit einem diese Isolierung nicht zerstörenden Druck zu Formlingen verdichtet ...“ (Anspruch 1) sowie „dadurch gekennzeichnet, dass der Spulenkörper und/oder das isolierende Bindemittel des Magnetkerns aus Polystyrol besteht.“ (Anspruch 6)

Magnetophonband-Entwicklung 1932 bis 1935

- ⁴⁸⁹ Die Funktion von Dr. rer. techn. Hellmut Richard Simon bei der AEG in den Jahren zwischen 1932 und 1934 ist unbekannt. Aus der Korrespondenz ist zu schließen, dass er in engem Kontakt zum Vorstandsvorsitzenden Bücher stand und vermutlich sein Assistent war, also eine ähnliche Position innehatte wie Ambros und Schoenemann gegenüber Wilhelm Gaus in Ludwigshafen. Simon verließ die AEG am 1934-10-01 und ging als Direktor zur Firma Deutsche Telefonwerke und Kabelindustrie AG, Berlin. Quellen:
• Recherche nach Hellmut Simon als Erfinder in <http://depatisnet.dpma.de> [2007-01-24]; danach hat Simon u.a. im Jahr 1922 mit Dr. Hans Rukop an Röhrenentwicklungen gearbeitet;
• Matthias, Friedrich: Reise-Bericht über den Besuch bei AEG am 26. und 27. Februar 1934, 1934-03-02; BASF SE UA P 911, bestätigt durch Simon, Hellmut und Wilhelm, Heinz, Patent DE 742 161, Regeleinrichtung für Laufwerke, Deutsche Telefonwerke und Kabelindustrie AG, Berlin

- ⁴⁹⁰ Karl Schoenemann, geboren 1900-01-30, ging nach dem Chemiestudium und Promotion 1922 in Halle 1924 zu Friedrich Bergius. 1929 kam er als Assistent von Wilhelm Gaus in eine leitende Stabstellung in der Technischen Direktion der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Werk Ludwigshafen. In dieser Funktion hat er auch die Zusammenarbeit zwischen AEG und I.G. Farben organisiert und mit dem Patent DE 712 457 (zusammen mit Rudolf Brill) einen bedeutenden Beitrag zur Verbesserung des Magnetophonbandes in seiner Anfangsphase gemacht. Im unmittelbaren Kontext mit Magnetband wird er im Juni 1938 zu letzten Mal genannt. 1948 Direktor des Instituts für chemische Technologie an der Technischen Hochschule Darmstadt. Quellen: Chemiker-Ztg. – Chem. Apparatur Nr. 2, 1960; Nachr. Chem. Techn. 23, 1975, Nr. 5, Chemiker-Ztg. – Chem. Apparatur Nr. 2, 1965
- ⁴⁹¹ Lübeck, Heinz: Aktennotiz: Revision des Vertrages 1621 mit Fritz Pfelemer vom 28.11.1932, AEG-Archiv, 1938-10-19; Dr. Simon hat offensichtlich die Vertrags-Verhandlungen (u.a. am 1932-08-29 und 1932-11-08) für AEG geführt
- ⁴⁹² • Hormann, Ernst, Zur Theorie der magnetischen Tonaufzeichnung, E.N.T. Band 9, Heft 10 / 1932 S. 388 ff., 1932-05-02
- Meyer, Erwin und Schüller, Eduard, Magnetische Schallaufzeichnung auf Stahlbänder, Zeitschrift für technische Physik, 13. Jahrg. Nr. 12, 1932 S. 593, 1932-09-29
- ⁴⁹³ Haber, Fritz, maschinenschriftlicher Brief vom 1930-05-14 an die I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Prof. K.H. Meyer, Ludwigshafen/Rh.
- ⁴⁹⁴ Schoenemann, Karl, Notiz „Programm der Versuchsarbeiten zur Herstellung von Magnetbändern“, 1932-11-18, BASF SE UA P 911
- ⁴⁹⁵ suspendieren: unlösliche kleine Teilchen in einer Flüssigkeit fein verteilen
- ⁴⁹⁶ Vorname aus: Pagel, Werner, Schweißverfahren zum Verbinden der Ränder des Aluminiummantels bei der Herstellung von Kabeln, Patent DE 631835, angemeldet am 1931-06-20
- ⁴⁹⁷ Matthias, Friedrich, interner Brief an Otto Ambros, „Betr. Eisenpulver mit einheitlicher Korngröße, 1933-01-17, BASF SE UA P 911
- ⁴⁹⁸ Ambros, Otto, Notiz „Zusammenarbeit mit der AEG auf dem neuen Gebiete der Herstellung von Magnetonbändern“, 1932-12-30, BASF SE UA P 911
- ⁴⁹⁹ Ausnahme: die quer-gerichteten 2-Zoll-Videoabänder für Quadruplex-Maschinen
- ⁵⁰⁰ Languepin, Jacques Emile Jules, Improved Sound Records, britisches Patent GB 355,669, angemeldet 1930-05-23, in Frankreich 1929-07-24. Der zweite Anspruch im britischen Patent lautet: A band for recording sounds as claimed in Claim 1, in which the small elements of predetermined shape are arranged in any suitable direction by means of a magnetic field prior to being affixed to the support. – Die Formulierung „prior to being affixed“ ist eine Schwachstelle. Ein entsprechendes französisches Patent war bisher nicht auffindbar. – Siemens war es „bereits bekannt, das Pulver ... einem richtenden magnetischen Felde auszusetzen“ [N.N. (Siemens & Halske AG), Verfahren zur Herstellung von Lautschriftträgern, Patent DE 587 916, angemeldet 1931-01-10]
- ⁵⁰¹ Friedmann, Paul und Matthias, Friedrich, Verfahren zur Herstellung von Magnetogramträgern, Patent DE 678 086, angemeldet 1933-01-28, ausgegeben 1939-07-08. Das Patent hatte den Zweck, sowohl die Anwendung von Carbonyleisen für „Schallträger“ als auch das dem Echtdruckfarben-Bereich entlehnte Walzmassen-Verfahren zu schützen, für das nicht vorhersehbar fortschrittliche Eigenschaften für die Schallaufzeichnung beansprucht wurden.
- ⁵⁰² Ambros, Otto, Notiz „Zusammenarbeit mit der AEG auf dem neuen Gebiete der Herstellung von Magnetonbändern“, 1932-12-30, BASF SE UA P 911
- ⁵⁰³ Dass die ersten Versuchs-Magnetbänder in „Massebandtechnik“ gefertigt wurden, bestätigen Matthias und Friedmann ausdrücklich in der Notiz „Kurze Übersicht über Anfänge und Entwicklung der Magnetophonbandfabrikation“, 1941-07-17, BASF SE UA P 914 und P 916.1
- ⁵⁰⁴ Matthias, Friedrich, Lebenslauf laut Dissertation „Über die Bestimmung des Goldes im Meerwasser“, 1924-08-27
- ⁵⁰⁵ N. N., „Zeugnis der Reife“ des Realgymnasiums zu Groß-Lichterfelde vom 1914-08-07 für Friedrich Matthias, Kopie aus dem Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft Berlin
- ⁵⁰⁶ Pers. Mitteilung Georg Huber, Willstätt, 1985-06-17
- ⁵⁰⁷ Immatrikulationsurkunde der Königlich Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin vom 1916-04-25 für Friedrich Matthias, Kopie aus dem Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft Berlin
- ⁵⁰⁸ Matthias, Friedrich, „Über die Bestimmung des Goldes im Meerwasser“, Inaugural-Dissertation, genehmigt von der Friedrich-Wilhelm-Universität Berlin, erstellt bei Prof. Fritz Haber am Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem 1924-08-27, Original im Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft Berlin („Sammlung Dr. M. Engel“)
- ⁵⁰⁹ Hahn, Ralf: Fritz Haber und die Abteilung M – Forschungen zur Gewinnung von Gold aus Meerwasser, in: Henning, Eckart: Dahlemer Archivgespräche 3/1998, Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin 1998, S. 50 – 70
- ⁵¹⁰ Heine, Jens Ulrich, Verstand & Schicksal, VCH Verlagsgesellschaft Weinheim, 1990, Abschnitt A 13, S. 200 bis 203
- ⁵¹¹ Haber, Fritz, maschinenschriftlicher Brief vom 1930-05-14 an die I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Prof. K.H. Meyer, Ludwigshafen/Rh.
- ⁵¹² Chemiker-Liste der Betriebsgemeinschaft Oberrhein der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft und Bunawerke Schkopau, Ludwigshafen a. Rh., April 1938 S. 9; BASF SE UA C 263
- ⁵¹³ Friedmann, Paul und Matthias, Friedrich, Verfahren zur Herstellung von Spulen und Wicklungen, Patentanmeldung, 1931-04-28
- ⁵¹⁴ Schoenemann, Karl, Versuchsarbeiten über Magnetbänder für die AEG, 1932-11-18, BASF SE UA P 911
- ⁵¹⁵ Persönliche Mitteilung Georg Huber an F.E., 1985-06-17
- ⁵¹⁶ Klönne, Th. (Trustee Gendorf), [Brief an] Dr. Friedrich Matthias, Magnetophonbandfabrik, Waldmichelbach, 1948-09-14, Infraser Gendorf RA Dithley/BASF, Brief an den französischen Kontrolloffizier für IG Farben, Frankfurt, 1951-01-25; BASF SE UA B4 / 1779
- ⁵¹⁷ Aktennotiz 5.2.51/Kle. BASF SE UA, Akten der Pensionskasse
- ⁵¹⁸ Schreiben der Anorgana Gendorf, Werksleiter Dr. Hutter, an die Pensionskasse der BASF Ludwigshafen/Rhein, 1954-06-30; BASF SE UA Akten der Pensionskasse
- ⁵¹⁹ Sterbeurkunde des Standesamtes Burghausen Nr. 62/1956 vom 1956-04-18
- ⁵²⁰ Formular „Änderung im Familienstand“ der I.G. Farben Ludwigshafen, handschriftlich ausgefüllt und unterschrieben von Matthias am 1934-10-04; BASF SE UA, Akten der Pensionskasse. Der Ort der Eheschließung ist nicht genannt
- ⁵²¹ Sterbeurkunde des Standesamtes Altötting vom 1976-02-18; BASF SE UA, Akten der Pensionskasse
- ⁵²² *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- ⁵²³ Interviews von Friedrich Engel mit Georg Huber (1985-06-17) und Franz Jarzyk (2001-02-15)
- ⁵²⁴ So spricht Haber in einem Brief vom 1927-01-04 („Riviera Palace Monte Carlo“) den Adressaten als „Lieber Freund Matthias!“ an
- ⁵²⁵ Eine kurzgefasste Biographie Habers, besonders zur Orientierung geeignet, findet sich in: Jens Ulrich Heine, Verstand & Schicksal, VCH Verlagsgesellschaft Weinheim, 1990, Seite 200 – 202.
- ⁵²⁶ Sterbeurkunde des Standesamtes Bad Kreuznach Nr. 402/1977 vom 1977-06-02, BASF Aktiengesellschaft, Akten der Pensionskasse der BASF
- ⁵²⁷ „Gouvernement Militaire En Allemagne“ Questionnaire / Fragebogen, datiert 9. September 1949; BASF Aktiengesellschaft, Archiv der Personalabteilung, Personalakte Friedmann
- ⁵²⁸ Zeugnis der BASF vom 29. Januar 1949, BASF Aktiengesellschaft, Archiv der Personalabteilung, Personalakte Friedmann
- ⁵²⁹ Krummeck, Peter, Werdegang des elektrischen Betriebes der BASF 1887 - 1949, Juli 1949, BASF SE UA R 31, S. 79 und R 3 01 (im Folgenden ***Krummeck, Peter, Werdegang**)
- ⁵³⁰ *Krummeck, Peter, Werdegang, S. 89
- ⁵³¹ *Krummeck, Peter, Werdegang, S. 89
- ⁵³² *Krummeck, Peter, Werdegang, S. 81
- ⁵³³ *Krummeck, Peter, Werdegang, S. 77 sowie diverse Schreiben im Ordner BASF SE UA A 251/10: Briefwechsel Dr. Reppe, Hauptlabor, betreffend Verlegung des Hauptlabors nach Gendorf, mit seinen Mitarbeitern in Ludwigshafen
- ⁵³⁴ *Krummeck, Peter, Werdegang, S. 81;
- Müller, Fritz, Die Badische Anilin- & Soda-Fabrik während des Krieges 1939 – 1945, S. 156 ff., BASF SE UA A 865/31a
- ⁵³⁵ Notiz „Belegschaft des Hauptlabor. in Gendorf“ in BASF SE UA A 866 „BASF-I.G. in Aufl. – 6.45 – 2.57“, Hülle 8
- ⁵³⁶ Personalakte Friedmann / Dr. Kle (Kleber?) an Dir. Dr. Wurster vom 1947-01-06, BASF Aktiengesellschaft, Archiv der Personalabteilung

- ⁵³⁷ Karteikarte „Ing. Paul Friedmann, El. Ing.“ in der Erfinderkartei des BASF SE UA
- ⁵³⁸ Gouvernement Militaire En Allemagne, Questionnaire/Fragebogen, datiert „9. September 1949“, BASF Aktiengesellschaft, Archiv der Personalabteilung, Personalakte Friedmann
- ⁵³⁹ Maschinenschriftliche Notiz zum Wiederbeschäftigungsantrag der Personalabteilung vom 1949-09-13, BASF Aktiengesellschaft, Archiv der Personalabteilung, Personalakte Friedmann
- ⁵⁴⁰ Brief von Paul Friedmann, Bad Kreuznach, an die Pensionskasse der BASF, 1963-12-28, Akten der Pensionskasse der BASF, BASF SE UA
- ⁵⁴¹ Sterbeurkunde des Standesamtes Bad Kreuznach Nr. 402/1977 vom 1977-06-02; Akten der Pensionskasse der BASF, BASF SE UA
- ⁵⁴² Ein ähnliches Verfahren hat auch Fritz Pfeumer vorgeschlagen: Trägerbahn für magnetische Lautschriftträger, Patent DE 637 642, angemeldet 1934-11-29
- ⁵⁴³ Die ungenaue und missverständliche Bezeichnung „Film“ für Magnetband hielt sich mindestens bis 1943; sie schaffte immer wieder Verwirrung, wenn von Anwendungen des Magnettons für Kinefilmzwecke die Rede war und sorgte 1942 für ein kapitalesses Missverständnis zwischen den I.G.-Werken Ludwigshafen und Wolfen. Die Reichs-Rundfunkgesellschaft sah sich 1944 gezwungen, eine entsprechende Sprachregelung auszugeben (van den Valentyn, Begriffbestimmungen für bandförmige Schallträger, internes Rundschreiben der RRG vom 1944-01-08)
- ⁵⁴⁴ Matthias, Friedrich, Bericht über die Versuche mit den von uns hergestellten Magnetbändern (18. - 21.01.1933 im Kabelwerk Oberspree, 1933-01-25, BASF SE UA P 911
- ⁵⁴⁵ Jacqué, Heinrich, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26
- ⁵⁴⁶ Dies ist freilich keine Matthias-Erfindung. Die Breite 60 cm – genau genommen 2 ft = 24 Zoll = 60,96 cm – spiegelt vielmehr ein respektables Stück Fotogesichte: George Eastmann hatte seit 1889 Fotofilme für seine Kodak-Kameras auf Glasplatten dieser Breite auf 50 ft, ca 5 m, langen Tischen begossen. Nach dem Abschneiden zweier je 1 Zoll breiter Randstreifen schnitt Eastmann die Nutbreite 22 Zoll in acht Streifen von 2 1/4 Zoll Breite, von denen sich das lange übliche Fotofilmformat 7 x 10 cm bzw. 6 x 9 cm ableitet. Edisons Assistent W. K. L. Dickson halbierte 1889 für die ersten „moving picture“-Versuche, um Material zu sparen, dieses Format der Länge nach auf 35 mm, der im Kine- und Kleinbildfilm allgegenwärtigen Breite. Edisons Filmbildformat war 1 Zoll breit und 3/4 Zoll hoch, pro Bild waren vier Perforationslöcher vorgesehen. Die Gießbreite 61 cm findet sich noch bei der ersten Magnetophonband-Gießmaschine der Firma Koebig aus dem Jahr 1935/1936. – Quellen: Webers, Johannes, 100 Jahre Film, 60 Jahre Tonfilm; FERNSEH- UND KINOTECHNIK 43. Jhg., Nr. 9/1989, S. 475 ff. und Encyclopædia Britannica, Stichwort Motion-picture technology
- ⁵⁴⁷ Eggert, John (I.G. Farben Werk Wolfen), Aktennotiz über den Besuch in Ludwigshafen am 28.9.1933, 1933-09-29, BA Wolfen / A 19296 Nr. 331
- ⁵⁴⁸ Volk, Theo, [AEG] KWO / Fm/Lb - Aktennotiz Nr. 805, Dr.V./Obg., Notiz: Versuche mit Magnetton-Bändern der JG Farben. vom 22.02.1933 bis 23.02.1933, 1933-03-29 (sic; vermutlich richtig 1933-02-29), BASF SE UA P 911. Die im Messprotokoll aufgelisteten Werte wurden in die heute gebräuchliche Darstellungsform umgerechnet.
- ⁵⁴⁹ Pagel, W. (AEG Berlin), Brief an I.G. LU, Dr. Otto Ambros 1933-04-07, BASF SE UA P 911
- ⁵⁵⁰ Diese oder eine verbesserte „Rundlaufapparatur für kurze Bandlängen“ war noch Ende 1942 in Betrieb [Friedmann, Paul, [Brief an] Herrn Dir. Dr. Pflaumer, Ludwigshafen, Lu 1, 1942-09-29, BASF SE UA P 916.1]
- ⁵⁵¹ Prof. Dr. John Eggert, Forschungsdirektor bei AGFA und „Pressesprecher“ der I.G. für alle wissenschaftlichen Fragen der Fotografie, ein international angesehener Foto-Wissenschaftler und -Entwickler bei der Filmfabrik Wolfen (Quelle: Gill, Manfred: Prof. Dr. John Eggert – Aspekte seiner Arbeit als Forschungsdirektor in der Filmfabrik Wolfen, in: Die Filmfabrik Wolfen / Aus der Geschichte, Heft 2, o.D. [2000])
- ⁵⁵² Eggert, John (I.G. Farben Werk Wolfen), Aktennotiz über den Besuch in Ludwigshafen am 28.9.1933, 1933-09-29, BA Wolfen / A 19296 Nr. 331
- ⁵⁵³ Windsichten - „Bez. für ein Verf. des Klassierens (Sichten), bei dem Staub aus Gemischen von Teilchen verschiedener Korngrößen mit Hilfe eines Luftstromes abgetrennt wird, wobei entweder die Schwerkraft od. die Fliehkraft der Luftreibungskraft entgegenwirkt ... Maschinen zum W. haben entsprechend ihrer Wirkungsweise sehr unterschiedliche Bauweisen; Schwerkraftsichter, die z.B. als Zickzack-Sichter konstruiert sein können, sind für grobe Trennungen etwa im Korngrößen-Bereich zwischen 200 µm u. 1 mm geeignet. Für Trennungen feinerer Teilchen benutzt man Fliehkraft-Sichter wie z.B. Umlauf-, Streuwind-, Vibrations-, Kreisel-, Wirbel- oder Spiral-Windsichter, die bis hinab zu Bereichen von 3 – 20 µm Korngröße wirksam sind. [...] Römpf, Chemie-Lexikon, 1992f, S. 5048
- ⁵⁵⁴ Matthias, Friedrich, Notiz „Eisenpulver mit einheitlicher Korngröße“, handschriftlicher Brief an Dr. Otto Ambros, 1933-01-17, BASF SE UA P 911
- ⁵⁵⁵ Lehrer, Erwin, Interview mit Thiele, Heinz, „Zur Entwicklung des Magnetbandes“, 1982-07-21 sowie zum gleichen Thema Interview mit Engel, Friedrich, 1985-05-02;
• Thiele, Heinz: Interview mit Drs. Friedrich Bergmann und Hans Seiberth, Ludwigshafen, 1982-07-22. Eine genaue Datierung war auch in diesen Interviews nicht zu erreichen, was bei der geschilderten Dokumentenlage und den fünf vergangenen Jahrzehnten zwischen Aktivität und Interview nicht überrascht.
- ⁵⁵⁶ Lehrer, Erwin, Interview mit Engel, Friedrich „Zur Entwicklung des Magnetbandes“, 1985-05-02
- ⁵⁵⁷ Bergmann, Friedrich, Kurzbiographie in „Die BASF“, Heft 4, Oktober 1957, 3. Umschlagseite
- ⁵⁵⁸ Porträt aus dem BASF Unternehmensarchiv / Bildarchiv (Album Mittasch)
- ⁵⁵⁹ vgl. Eisenhut, Oskar, Nachruf auf Ernst Hochheim, Zeitschr. f. techn. Physik, 21. Jg., Nr. 7, 1940; Sonderdruck in BASF SE UA Personenarchiv, Unterlagen Hochheim, Band W 1 / HI - HOF
- ⁵⁶⁰ Bergmann, Friedrich, Geschichte des Carbylonisenpulvers, 11-seitiges Typoskript, 1963-08-14; BASF SE UA G 73106
- ⁵⁶¹ Hochheim, Ernst: Kurzer Tätigkeitsbericht, 1933-10-15, BASF SE UA Personenarchiv, Band W 1 / HI - HOF
- ⁵⁶² Bergmann, Friedrich und Kramer, Oskar: Besuchsbericht 21.08.1935 bei AEG KWO, 1935-09-03; BASF SE UA P 911
Bergmann, Friedrich: Besuchsbericht Siemens & Halske, Zentrallaboratorium, am 20.08.1935; 1935-09-03, BASF SE UA P 911
- ⁵⁶³ Hochheim, Ernst: Kurzer Tätigkeitsbericht, 1933-10-15, BASF SE UA Personenarchiv, Band W 1 / HI - HOF
Patentanmeldung „Verfahren zur Herstellung von optischen Metallspiegeln mit hohem Reflexionsvermögen“ (Winkler, Hochheim, Bergmann); 1929-04-29
- ⁵⁶⁴ Die Patentliste von Friedrich Bergmann enthält etwa 20 Anmeldungen und Patente auf diesem Gebiet. BASF SE UA E 05/3, Ordner „O.Z. bzw. DRP nach Erfindern“
- ⁵⁶⁵ vgl. Kramer, Oskar, Eisenpulver mit einheitlicher Korngröße, dreiseitiger handschriftlicher Brief an Dr. Otto Ambros, 1933-01-17, BASF SE UA P 911, in der Bergmann im Zusammenhang mit Messungen an Magnetmaterial für Magnetband genannt wird
- ⁵⁶⁶ Thiele, Heinz: Interview mit Drs. Friedrich Bergmann und Hans Seiberth, Ludwigshafen, 1982-07-22
- ⁵⁶⁷ Bergmann, Friedrich, Patentanmeldung: Verfahren zur Herstellung magnetisierbarer Eisenoxyde, angemeldet 1949-09-01, zurückgewiesen 1957-02-22
- ⁵⁶⁸ Bergmann, Friedrich, Verfahren zur Herstellung eines insbesondere für die Herstellung von Magnetogrammrägern geeigneten magnetisierbaren Eisenoxys, Patent DE 862 300, 1950-04-05, ausgegeben 1953-01-08
- ⁵⁶⁹ Dürr, Felix, Firmengeschichtliche Beiträge aus der Hochdruck-Abteilung, Seite 2, o.D., BASF SE UA F 1-04-01 sowie G 73101-73106 (Metallcarbylon / Eisencarbonyl)
- ⁵⁷⁰ • Bergmann, Friedrich, Verfahren zur Herstellung von Ferriten, Patent DE 872 203, angemeldet 1951-03-05
• ders., Verfahren zur Herstellung von für magnetische Zwecke geeigneten Ferriten. Patent DE 902 732, angemeldet 1951-11-11, dazu vier Auslandspatentierungen, sowie weitere einschlägige Patente
- ⁵⁷¹ Auskunft der Pensionskasse der BASF Aktiengesellschaft, Peter Gruber, vom 14.05.2002
- ⁵⁷² Porträt aus dem BASF Unternehmensarchiv / Bildarchiv
- ⁵⁷³ Lehrer, Erwin, Über ein registrierendes Magnetometer für technische Messungen an stark gestörten Orten, Zeitschr. f. techn. Physik Bd. 9 1928 Nr. 4;
ders., Über einen Registrierapparat zur Bestimmung magnetischer Umwandlungspunkte an kleinen Proben, Zeitschr. f. techn. Physik Bd. 10 1929 Nr. 5
- ⁵⁷⁴ • Schoenemann, Karl (I.G. Farben Ludwigshafen), Brief an AEG, FO (Fabriken-Oberleitung), Dipl.-Ing. Pagel, 1934-10-17; BASF SE UA P 911;
• Thiele, Heinz, Interview mit Dr. Erwin Lehrer vom 1982-07-21
• Gespräch zwischen Dr. Erwin Lehrer und Friedrich Engel vom 1985-05-02
- ⁵⁷⁵ Schüller, Eduard, AEG Berlin, Brief an I.G. Ludwigshafen, Hauptlaboratorium (i.e. Friedrich Matthias), 1934-11-28; Archiv der AEG
- ⁵⁷⁶ Nach diesem Datum ist keine Korrespondenz mit Erwin Lehrer in Sachen Magnetophonband aufzufinden
- ⁵⁷⁷ Timm, Bernhard und Danz, N.N., Brief an Dr. Erwin Lehrer anlässlich seines 40. Dienstjubiläums; 1967-10-16; BASF SE UA Personenarchiv W1, Band LE – LH
- ⁵⁷⁸ Personal- und Hochschulnachrichten, Nachr. Chem. Techn. 20, 1972, Nr. 20, Seite 417
- ⁵⁷⁹ BASF information, Rubrik „Verstorbene Pensionäre“, Ausgabe vom 1997-12-18

- ⁵⁸⁰ Das Trommelgießverfahren wird ohne Zeitangabe nur im Bericht „Ueber den derzeitigen Stand der Magnetband-Versuchsfabrikation“ (1935-10-14) erwähnt. Die Datierung stützt sich auf den ersten Bericht Eggerts, dem im September 1933 die Glasplatten-Vorrichtung gezeigt wurde, und seinem zweiten Besuch 1934-01-30, bei dem bereits die Stahlband-Apparatur arbeitete.
- ⁵⁸¹ Die gängigen Folienstärken bei Fotofilm waren 80 µm, 130 µm oder 200 µm (N.N., Die Herstellung des Photo- und Kinofilms, Frankfurter Zeitung, 1935-04-25; BASF SE UA P 911)
- ⁵⁸² Friedmann, Paul und Matthias, Friedrich, Ueber den derzeitigen Stand der Magnetband-Versuchsfabrikation, 1935-10-14, BASF SE UA P 917 und D 02.2/5
- ⁵⁸³ Simon, Hellmut (AEG), nicht auffindbares Schreiben vom 1934-01-11: Eisenfilme werden innerhalb kurzer Zeit brüchig (mehrfache Hinweise auf dieses Schreiben in der Korrespondenz)
- ⁵⁸⁴ Schoenemann, Karl: Zusammenfassende Darstellung über die Entwicklung, den derzeitigen Stand und die Aussichten des Magnetophons, 1935-05-07, BASF SE UA P 912, P 915 und P 916.1
- ⁵⁸⁵ Schüller, Eduard, Das Magnetophon, in: Forschen und Schaffen. Beiträge der AEG zur Entwicklung der Elektrotechnik bis zum Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg, hrsg. von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, bearbeitet von Bruno Schweder, 3 Bde., Berlin 1965; Band 3, S. 428
- ⁵⁸⁶ • Ambros, Otto, Notiz an Patent-Abteilung Ludwigshafen, 1933-10-31, BASF SE UA P 911
• Simon, N. N. (AEG / FO), [Brief an] I.G. LU vom 1934-02-19, BASF SE UA P 911
- ⁵⁸⁷ Friedmann, Paul und Matthias, Friedrich, Ueber den derzeitigen Stand der Magnetband-Versuchsfabrikation, 1935-10-14, BASF SE UA P 917 und D 02.2/5
- ⁵⁸⁸ Hofmann, N. N. [I.G. Dormagen], Aktennotiz: Besprechung in Lu am 1. Novbr. 1935 betr. Cellit für Magnetophon-Bänder, 1935-11-04, Werksarchiv Bayer
- ⁵⁸⁹ N. N., High-energy magnetic tapes sound off, Chemical Week, NY, 1971-07-07, BASF SE UA P 909.2 (S. 2, rechte Spalte einer nicht paginierten Kopie)
- ⁵⁹⁰ Römpf, Chemie-Lexikon, 9. Auflage, Stichwort Cellulosenitrat
- ⁵⁹¹ Die gängigen Folienstärken bei Fotofilm waren 80 µm, 130 µm oder 200 µm (N.N., Die Herstellung des Photo- und Kinofilms, Frankfurter Zeitung, 1935-04-25; BASF SE UA P 911)
- ⁵⁹² Matthias, Friedrich, Brief an Dr. Wolfsleben, Echtdeckfarben-Fabrik Lu. 146, 1935-10-08, BASF SE UA P 912
- ⁵⁹³ Ein 100 kg-Ansatz für die Trägerfolie bestand aus 11,6 kg Cellit L. h.v. (hochviskoses Zelluloseacetat); 1,6 kg Triphenylphosphat, 0,3 kg Palatinol O (beides Weichmacher); 2,5 kg Nitrowalzmasse K. 70 (zur Verbesserung der Reißfestigkeit); 84,0 kg Aceton als Lösemittel.
- ⁵⁹⁴ *Schüller-Sammlung, KSS 1152
- ⁵⁹⁵ Matthias, Friedrich, Brief an AEG KWO Fernmelde Labor, 1934-05-16, BASF SE UA P 911
- ⁵⁹⁶ Andersen, Steen; Nordisk Electroakustik A/S (Lyngby, Denmark), Design of Tape Speed Control System in Low Inertia Tape Recorder, AES preprint G-4 (Zurich), March 2 – 5, 1976

Das „Doppellaufwerk“

- ⁵⁹⁷ Simon, N.N., AEG/FO, Brief vom 1934-02-19 an I.G. Farben Werk Ludwigshafen, BASF SE UA P 911
- ⁵⁹⁸ Ermittelt an Überspielungen von Archivbändern der AEG aus den Jahren 1934 bis 1939, ausgeführt von Hans Westpfahl ca. 1965.
- ⁵⁹⁹ *Schüller-Sammlung, KSS 1121
- ⁶⁰⁰ *Schüller-Sammlung, KSS 1121 und 1122
- ⁶⁰¹ In verfeinerter Form hat Max Ihle dieses später auch „Omega-Umschlingungs-Antrieb“ genannte Antriebsprinzip Mitte der 1950er Jahre verwendet, ebenso Uher im Tonbandgerät SG 630; geradezu ironisch ist, dass eines der am weitesten entwickelte Tonbandgeräte, die digitale ½-Zoll 24- bzw. 48-Kanalmaschine Sony PCM-3324 und PCM-3348 (1986 / 1988), ebenfalls einen „Capstanantrieb ohne Andruckrollen“ besaß (Eller, Wolfgang, Sony PCM-3348, dB [so der Zeitschriftentitel], Ausgabe 11-12-1988, Seite 42)
- ⁶⁰² In Frage kommen:
• Keller, Richard, Verfahren und Einrichtung zur magnetischen Schallaufzeichnung und –wiedergabe, Patent DE 663 413, 1932-10-30
• Keller, Richard, und Volk, Theo, Sprechkopf zur magnetischen Schallaufzeichnung und Wiedergabe, Patent DE 663 974, 1932-11-25
• Pfeumer, Fritz, Sprechkopf zur Wiedergabe von in Längsmagnetisierung aufgezeichneter Lautschrift, Patent DE 617 796, 1932-11-26
- ⁶⁰³ N. N. (Schüller, Eduard?), Typoskript ohne Titel [Beschreibung der AEG-Magnetton-Versuchslaufwerke und des Magnetophons „K 1“], o.D. (ca. 1960)
- ⁶⁰⁴ Schießler, Hans, Die Normung in der Magnetspeichertechnik, in: Winkel, Fritz (Hrsg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960, Seite 548
- ⁶⁰⁵ Westpfahl, Hans, Sammlung von Fotos, Prospekten, Veröffentlichungen u.a.m. in zwei Photoalben, gekennzeichnet „M-AEG-BASF“ und „M-HW“, o.D., ca. 1985
- ⁶⁰⁶ Leider wird dieses Bild häufig fehlerhaft zitiert: 2004 wurde es in der Ausstellung eines großen Museums als Vorstellung des ersten kommerziellen Gerätes Magnetophon K 1 (1935) ausgegeben.
- ⁶⁰⁷ Die in diesem Abschnitt zitierten Patente von Theo Volk sind, geordnet nach Anmeldedatum:
1919-11-06, Patent DE 380 626, Einrichtung zur Verstärkung elektrischer Schwingungen
1923-08-08 Patent DE 4524 021, Telephon, Anmelder: C. Lorenz AG Telephon- und Telegraphenwerke, Eisenbahnsignal-Bauanstalt in Berlin-Tempelhof
1924-09-10, Patent GB 239,824, Improvements in or relating to telephone receivers having a resiliently mounted membrane
1924-11-10, Patent CH 112 106, Kopffernhörer
1930-03-28, Patent DE 537 857, Verfahren zur Untersuchung von Fernsprechübertragungssystemen
1930-05-27, Patent DE 597 826, Schaltanordnung zur Beseitigung der akustischen Rückkopplung zwischen in ihrer gegenseitigen Lage festgelegtem Mikrophon und Lautsprecher, insbesondere bei Konferenztelefonanlagen
1930-06-06, Patent DE 561 910, Anordnung zur Beseitigung akustischer Rückkopplung zwischen Lautsprecher und Mikrophon, insbesondere in Konferenztelefonanlagen
1931-03-07, Patent DE 611 510, Verfahren zur wahlweisen Einstellung der Selbstinduktivität von Spulen mit einem ferromagnetischen Kernmaterial
1931-10-18, Patent DE 579 498, Pupinspule
1932-01-21, Patent DE 614 263, Verfahren zur Verringerung der Erdkapazitätsdifferenzen gekapselter Pupinspulen
1932-10-25, Patent DE 615 139, Verfahren zur Verhinderung von Änderungen der Wicklungskapazitäten beim Vergießen von Pupinspulen
- ⁶⁰⁸ Westpfahl, Hans, Interview mit Friedrich Engel, 1985-08-31
- ⁶⁰⁹ • Volk, Theo, AEG Berlin, [Brief an] I.G. LU, Techn. Direktion, 1935-06-26, BASF SE UA P 911, Briefkopf „Appatefabriken Treptow“, „Unsere Zeichen“ AT/M/Dr, gezeichnet Unterschrift „Volk“, Abt. Magnetophon
• ders., [Brief an] I.G. LU, Techn. Direktion, 1935-10-15, BASF SE UA P 911, Briefkopf „Appatefabriken Treptow“, gedruckte Anschrift „Berlin SO 36, Hoffmannstraße 15-23“ durchgestrichen, ersetzt durch „N 20, Drontheimerstr. 35/38“; gezeichnet Abt. Magnetophon, Unterschrift „Volk“
- ⁶¹⁰ Bergmann, Friedrich, Besuchsbericht 21.08.1935 bei AEG KWO, 1935-09-03, BASF SE UA P 911
- ⁶¹¹ Eggert, J., Brief an I.G. Ludwigshafen Techn. Direktion, mit einer über Dr. v. Braunmühl, RRG, erhaltenen Information, 1935-12-16 sowie pers. Information durch Hans Westpfahl, 1985
- ⁶¹² Johnske, Fritz, Ifland, Heinz und Volk, Theo, Peilempfangsanlage, Patent DE 712 535, angemeldet 1938-01-30, ausgegeben 1941-10-21
Volk, Theo und Woeckel, Ernst, Verfahren zum Erzeugen eines Kontaktkörpers, Patent DE 761 192, angemeldet 1940-06-15
Volk, Theo, Anordnung zur Regelung elektrischer Maschinen, angemeldet 1943-10-30, ausgegeben 1954-04-08
Volk, Theo, Garnbehälter, Gebrauchsmuster 1 608 468, eingereicht 1950-01-21, eingetragen 1950-05-30

Eduard Schüllers Weg zur Magnetspeichertechnik

- ⁶¹³ Schüller, Johann Matthias (Sohn Eduard Schüllers), Fernsehinterview des NDR SH, nur z.T. am 28. Febr. 2004 im Regionalprogramm Schleswig-Holstein Magazin ausgestrahlt
- ⁶¹⁴ Briefverkehr (und Notizen) von Eduard Schüller mit Reinhard Hahn, AEG-Firmenarchiv in Braunschweig betr. Publikation von Weiher, Sigfrid, Männer der Funktechnik, VDE-Verlag Offenbach 1983; hier: Brief Schüllers an Hahn, 1973-08-13
- ⁶¹⁵ Schüller, Eduard, Die Technik der Magnettongeräte, S. 139 ff., in: Winkel, Fritz (Hg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960

- ⁶¹⁶ *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
- ⁶¹⁷ Ullrich, Katrin (Tochter Eduard Schüllers), pers. Mitteilung an Gerhard Kuper, 2004-04-20 (mit Anlage „Anmerkungen zum Vortrag Berlin“ von Peter Gerke, Neffe Eduard Schüllers, 2005-07-20)
- ⁶¹⁸ Ullrich, Katrin (Tochter Eduard Schüllers), pers. Mitteilung an Gerhard Kuper, 2004-04-20 (mit Anlage „Anmerkungen zum Vortrag Berlin“ von Peter Gerke, Neffe Eduard Schüllers) sowie vom 2005-07-20. – Alfred Schüller wurde Mitte 1934 auf eigenen Wunsch vom Reichspräsidenten Paul von Hindenburg vorzeitig in den Ruhestand versetzt. Ursache sollen Meinungsverschiedenheiten mit den neuen Machthabern gewesen sein. Er starb am 4. November 1943 in Bad Salzungen.
- ⁶¹⁹ • Ullrich, Katrin (Tochter Eduard Schüllers), pers. Mitteilung an Gerhard Kuper, 2004-04-20
• von Seggern, Hans und Franken, Bernd, Geschichte und Geschichten rund um den Getrudenfriedhof, Verlag Franken, Oldenburg, 2003, ISBN 3-936957-00-2
- ⁶²⁰ Briefverkehr (und Notizen) von Eduard Schüller mit Reinhard Hahn, AEG-Firmenarchiv in Braunschweig betr. Publikation von Weiher, Sigfrid, Männer der Funktechnik, VDE-Verlag Offenbach 1983; hier: Brief Schüllers an Hahn, o.D. (ca. 1973-06-15)
- ⁶²¹ Briefverkehr (und Notizen) von Eduard Schüller mit Reinhard Hahn, AEG-Firmenarchiv in Braunschweig betr. Publikation von Weiher, Sigfrid, Männer der Funktechnik, VDE-Verlag Offenbach 1983; hier: Brief Schüllers an Hahn, o.D. (ca. 1973-06-15)
- ⁶²² N. N., Mix & Genest, Emgefunk, Firmengeschichte; URL: <http://www.antik-radio.de/radio/mix.htm> [2006-07-24]
- ⁶²³ Thiele, Heinz H. K.; Magnetton, in: 50 Jahre Stereo-Magnetbandtechnik, AES Audio Engineering Society, 1993
- ⁶²⁴ Ullrich, Katrin (Tochter Eduard Schüllers), pers. Mitteilung an Gerhard Kuper, 2004-04-20 (mit Anlage „Anmerkungen zum Vortrag Berlin“ von Peter Gerke, Neffe Eduard Schüllers) sowie vom 2005-07-20
- ⁶²⁵ N. N., Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Charlottenburg-Wilmersdorf> [2006-07-24]
- ⁶²⁶ Recherche in den Matrikelbüchern der TU Berlin, März und April 2006. Eine Anfrage an das Immatrikulationsamt zu Eduard Schüller und „Popow“ hat nur zu wenigen Ergebnissen geführt, und diese leider auch nur zu Eduard Schüller
- ⁶²⁷ Briefverkehr (und Notizen) von Eduard Schüller mit Reinhard Hahn, AEG-Firmenarchiv in Braunschweig betr. Publikation von Weiher, Sigfrid, Männer der Funktechnik, VDE-Verlag Offenbach 1983; hier: Brief Schüllers an Hahn, o.D. (ca. 1973-06-15)
- ⁶²⁸ Das Original der Diplom-Arbeit Eduard Schüllers ist bei Bombenangriffen auf das Institut verbrannt. In seinem Nachlaß fand sich ein Duplikat. Es enthält auch die schriftliche Diplomaufgabe vom 1. August 1931 mit der Unterschrift von Erwin Meyer sowie den Vorspann der Diplomarbeit des „cand. ing. Eduard Schüller“ vom 1. November 1931. (KSS 1000)
- ⁶²⁹ • N. N., Geschichte des Instituts; URL: Drittes Physikalisches Institut, Universität Göttingen, www.physik3.gwdg.de_dpi-geschichte [2006-07-24]
• N. N., Institutsgeschichte (zur Geschichte des Heinrich-Hertz-Instituts), URL: www.hhi.fraunhofer.de/german/gf/history/history.html [2006-07-24]
- ⁶³⁰ N. N., Geschichte des Instituts; URL: Drittes Physikalisches Institut, Universität Göttingen, www.physik3.gwdg.de_dpi-geschichte [2006-07-24]. Vermutlich ist es diese Institutsgründung in Göttingen, die Hans Schießer - der nach dem Zweiten Weltkrieg im IRT eine wichtige Rolle gespielt hat - sich 1997 erinnern läßt, dass Eduard Schüller in Göttingen bei Erwin Meyer diplomiert habe, was nach dem Voranstehenden natürlich ausgeschlossen ist (Quelle: Steinke, Gerhard, Erinnerungen zur Vorgeschichte der ersten Stereo-Aufnahmen. Interview mit Dr. Hans Schießer; TMI, 1997-06 und 1997-07)
- ⁶³¹ • Schüller, Eduard, Diplomarbeit, Duplikat aus dem Nachlass, KSS 1000
• Briefverkehr (und Notizen) von Eduard Schüller mit Reinhard Hahn, AEG-Firmenarchiv in Braunschweig betr. Publikation von Weiher, Sigfrid, Männer der Funktechnik, VDE-Verlag Offenbach 1983; hier: Brief Schüllers an Hahn, 1973-08-13
- ⁶³² • Meyer, Erwin, und Schüller, Eduard, Magnetische Schallaufzeichnung auf Stahlbänder, Mitteilung aus dem Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung, Zeitschrift für Technische Physik, Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1932, S. 593 bis 599.
• Schüller, Eduard, Diplomarbeit, Duplikat aus dem Nachlass, KSS 1000
- ⁶³³ Vertrag zwischen Erwin Meyer und Eduard Schüller als Erfinder sowie AEG und S&H als Nutzer über die Nutzungslizenz der späteren Patente DE 621 522, Vorrichtung zur Schallaufzeichnung auf magnetisierbare Schallträger und DE 656 834, Sprechkopf zur Wiedergabe von Magnetogrammen. Paraphiert bei Siemens & Halske in Siemensstadt, 1935-06-28
- ⁶³⁴ Suckow, N. N., AEG Patent-Büro, Schutzrechte über Magnetophon / Taxfälligkeiten vom Juli bis Dezember 1939, 1939-04-18
- ⁶³⁵ Meyer, Erwin und Schüller, Eduard, Magnetische Schallaufzeichnung auf Stahlbänder, Zeitschrift für technische Physik, 13. Jahrg. Nr. 12, 1932 S. 593, 1932-09-29
- ⁶³⁶ Kohlrausch, Friedrich, Lehrbuch der praktischen Physik, Teubner, Leipzig und Berlin 1927¹⁵, S. 29. Der Text nennt seinerseits als Quelle Gumlich und Rogowski, Annalen der Physik 34, 235, 1911. Ob die Wechselstromlöschung hier erstmalig genannt ist, wurde nicht recherchiert.
- ⁶³⁷ Ullrich, Katrin (Tochter Eduard Schüllers), pers. Mitteilung an Gerhard Kuper, 2004-04-20 (mit Anlage „Anmerkungen zum Vortrag Berlin“ von Peter Gerke, Neffe Eduard Schüllers, 2005-07-20)
- ⁶³⁸ Bruch, Walter: Von der Tonwalze zur Bildplatte, Ein Jahrhundert Ton- und Bildspeicherung, 2. Teil: Tonbandaufzeichnung; Sonderdruck der FUNKSCHAU, Franzis-Verlag München 1983.
In Folge 47 zitiert Bruch Eduard Schüllers Kommentar zum AEG-Versuchsgerät 1, das bei seinem Eintritt nur kläglich arbeitete: „Ich versah es mit Ringköpfen, und es spielte!“ – Die Serie ist wegen Bruchs Tod 1990 leider ein Torso geblieben (das Kapitel Videoaufzeichnung fehlt). Inhaltlich muss die Arbeit allerdings an manchen Stellen kritisch hinterfragt werden, weil eine Reihe von Aussagen im Licht neuerer Erkenntnisse nicht zu halten ist.
• Schüller, Eduard, handschriftliche Notiz für Hahn, Reinhard, „Diplom-Arbeit vom 1.11.31“, o.D. (ca. 1973-08-19)
- ⁶³⁹ *Schüller-Sammlung, KSS 1134
- ⁶⁴⁰ *Schüller-Sammlung, KSS 1134 - 1136
- ⁶⁴¹ *Schüller-Sammlung, KSS 1135
- ⁶⁴² Schüller, Eduard, Verfahren zum Synchronisieren von getrennt laufenden Bild- und Tonfilmen, Patent DE 882 956, angemeldet 1940-12-10
- ⁶⁴³ Hahn, Reinhard, (biographische Skizze) „Schüller, Eduard“, S. 168-170, in: Weiher, Sigfrid v. (Hrsg.), Männer der Funktechnik, Berlin, Offenbach, VDE-Verlag 1983
- ⁶⁴⁴ Zeichnung aus Schüller, Eduard, Magnetische Schallaufzeichnung, ETZ 56. Jahrg. Heft 45, S. 1219 – 1221, 1935-11-07; überarbeitet und Beschriftungen teils aktualisiert (F.E., 2006-08)
- ⁶⁴⁵ *Schüller-Sammlung, KSS 1165
- ⁶⁴⁶ *Schüller-Sammlung, KSS 1133

AEG-Laufwerke und I.G. Farben-Tonbänder 1934 / 1935

- ⁶⁴⁷ Schüller, Eduard, Das erste Tonbandgerät - ein Spielzeug, Stuttgarter Nachrichten, 1965-09-03, KSS 0601
- ⁶⁴⁸ Schüller, Eduard (AEG), Magnetisierungskopf zur Längsmagnetisierung von Magnetogrammmträgern, Patent DE 660 377, angemeldet 1933-12-24. Neben der bekannten Ausführungsform hat Schüller hier auch die Möglichkeit aufgezeigt, das Vormagnetisierungs- und das Signal-Aufzeichnungsfeld auf zwei Köpfe aufzuteilen, die das Band von der Vorder- und der Rückseite berühren. Eine im Wesentlichen gleichartige Anordnung ist um 1960 als „Crossfield-Technik“ kurzzeitig bekannt gewesen.
- ⁶⁴⁹ N. N. (AEG), Dispositif d'entraînement pour support de phonogramme en forme de ruban, französisches Patent FR 813.266, angemeldet 1936-11-12
Volk, Theo (AEG), Antriebsvorrichtung für bandförmige Lautschritträger, AT 154505, angemeldet 1936-11-13, ausgegeben 1938-10-10 – Eine deutsche Schutzrechtsanmeldung für diese Erfindung war nicht auffindbar.
- ⁶⁵⁰ Wegen der Gleichstrom-Vormagnetisierung wird der Sprechkopf remanent magnetisiert. Er darf daher während der Wiedergabe keinen Kontakt mit dem Band haben, um dessen Aufzeichnung nicht zu verfälschen. – In diesem Zusammenhang hat AEG zwei Schutzrechte angemeldet:
• N. N. (Schüller, Eduard, und Volk, Theo?), Magnettonmaschine mit abklappbarem Sprechkopf, Patentanmeldung A 73 309/42 g, 1934-05-31
• Schüller, Eduard, Magnettonmaschine mit Entmagnetisierungseinrichtung für den Sprechkopf, Patent DE 675 789, 1934-06-19: Entmagnetisieren des Sprechkopfs nach Ende der Aufzeichnung, wenn dieser vom Tonträger weggeschwenkt und (in der vom Magnetogrammmträger entferntesten Stellung) dem Feld eines wechselstromdurchflossenen Magneten ausgesetzt wird.

Mit dem Patent DE 673 134, Einrichtung zum Entmagnetisieren des Lösch- und/oder Sprechkopfes, 1937-02-19, fand Schüller eine technisch wesentlich elegantere Lösung des Problems, das bei den Hochfrequenz-Magnetophonen ohnehin obsolet war.

⁶⁵¹ Quellen für die Gerätebeschreibung:

- *Thiele, Heinz: Schwarzenbeker Interview 1981 (Beitrag Westpfahl)
- N. N. (Schüller, Eduard), Typoskript ohne Titel [Beschreibung der AEG-Magnetton-Laborgeräte und des Magnetophons „K 1“, o.D. (ca. 1960)
- Westpfahl, Hans und Schüller, Eduard, zwei handschriftliche Tabellen zur Entwicklung der Magnetophon-Geräte (mit Ergänzungen und Korrekturen), ohne Datum (ca. 1965); eingeklebt in die zwei von Hans Westpfahl angelegten „Magnetophon-Alben“

⁶⁵² Sammlung Hans Westpfahl (beide Abbildungen)

⁶⁵³ *Schüller-Sammlung, KSS 1156

⁶⁵⁴ Die Bezeichnung „Eichenschrankgerät“ ist nicht offiziell. Sie wird hier jedoch benutzt, um einerseits die Orientierung in der Abfolge der Versuchslaufwerke zu erleichtern und um andererseits der Tatsache Rechnung zu tragen, dass dieses Modell nicht als Entwicklungsträger, sondern als Produktions-Prototyp gedacht war.

Zum Vergleich die Abmessungen des bekannten Kleinstudio-Tonbandgeräts Revox A77 mit 26,5 cm-Spulen: Länge 54 cm, Breite 42 cm, Gesamttiefe 22 cm, Gewicht ca. 15 kg

⁶⁵⁵ N. N. (Schüller, Eduard?), Dokument ohne Titel (Versuchslaufwerke der AEG zwischen 1932 und 1935), o.D. (ca. 1960), abschnittsweise von Hans Westpfahl eingeklebt im Album M-AEG-BASF

⁶⁵⁶ N. N. (Schüller, Eduard?), Dokument ohne Titel (Versuchslaufwerke der AEG zwischen 1932 und 1935), o.D. (ca. 1960), abschnittsweise von Hans Westpfahl eingeklebt im Album M-AEG-BASF

⁶⁵⁷ Westpfahl, Hans, zwei handschriftliche Briefe an AEG-Archiv Braunschweig, Reinhard Hahn, 1975-03-19 und 03-22, KSS 0701

⁶⁵⁸ Beim elektrodynamischen Lautsprecher wird das notwendige Dauermagnetfeld in einer Spule erzeugt, durch die der gesamte Anodenstrom der Verstärker fließt. Werkstoffe und Technologien für geeignete Dauermagnete kamen erst einige Jahre später auf den Markt; danach entstanden die statisch-dynamischen Lautsprecher.

⁶⁵⁹ Schüller, Eduard, Entwürfe, Blatt 24, KSS 1123

⁶⁶⁰ Schüller, Eduard, handschriftliche Notiz für Hahn, Reinhard, „Diplom-Arbeit vom 1.11.31“, o.D. (ca. 1973-08-19)

⁶⁶¹ Schüller, Eduard, Das erste Tonbandgerät - ein Spielzeug, Stuttgarter Nachrichten, 1965-09-03, KSS 0601

⁶⁶² N.N. (Schoenemann?), 2 Blatt handschriftliche Notizen „Frkt. 2.8.34“, BASF SE UA P 911

⁶⁶³ Quellen für die Gerätebeschreibung wie beim Laborgerät Nr. 2 (Siluminplatte), Abmessungen aus: I.G. LU, Technische Direktion, N.N. (Schoenemann?); Über das magnetische Tonaufzeichnungsverfahren der I.G. und der A.E.G., 4 Seiten, 1934-07-10; BASF SE UA P 911

⁶⁶⁴ Ambros, Otto, in einem Brief an Dr. Gajewski, I.G. Farben Wolfen, 1934-07-11, BASF SE UA P 911 : „Es war für uns sehr befriedigend, dass bei der letzten Vorführung das I.-G.-Band sich gegenüber dem Pfeumerband voll durchsetzte.“ Ambros hatte an der Vorführung teilgenommen.

⁶⁶⁵ Volk, Theo, Niederschrift über eine Besprechung im KWO am 21.6.1934 zwischen I.G. Farben und AEG betr. Magnetton-Apparatur, 1934-06-22, BASF SE UA P 911

⁶⁶⁶ 1954 feierte die Badische Anilin- & Soda-Fabrik „20 Jahre Magnetophonband“, offensichtlich um ein Jahr zu früh, da seinerzeit niemand in der Lage war, das zutreffende Jahr der Magnetophon-Premiere – nämlich 1935 – anzugeben. Vermutlich seit 1959 wurde der Matthias-Brief vom 1. Juni 1934 gewissermaßen als „Geburtsurkunde des Magnetophonbandes“ aufgefasst (und noch 1984 das Jubiläum „50 Jahre Magnetband“ nach diesem wenig markanten Ereignis datiert).

⁶⁶⁷ Notiz vom 1969-01-21: „Ferroton = ein Zeichen der Radio-Werke Horny, Wien. Ist ebenfalls geschützt / Auskunft v. Hornhardt, Patent-Abt./Warenzeichen“. Näherers zu Horny: URL <http://www.radio-ghe.com/fa.horny.htm> (2002-06-18), der Name „Ferroton“ im Zusammenhang mit Horny war im Internet nicht zu finden. Da der Name „Ferroton“ in der Magnetband-Trivalliteratur fast durchgängig erwähnt wird, soll hier festgehalten sein, dass der Vorschlag innerhalb einer Woche wieder verworfen wurde.

⁶⁶⁸ • Schepelmann, Hans, Magnetophon-Gerätebau Hamburg, Brief an Dir. Dr. Pflaumer, Badische Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen, 1950-02-20, BASF SE UA B4 / 1690

- AEG wollte das Zeichen AEG-Magnetophon am 23. Oktober 1941 beim Reichspatentamt schützen lassen, das Prüfungsverfahren kam jedoch nicht zum Abschluss. Anfang 1958 wurde „Magnetophon“ für Telefunken als Warenzeichen Nr. 707 086 in die Warenzeichenrolle eingetragen (FUNKSCHAU 1958, Heft 4, S. 161), 1962 ist die Schutzdauer des Warenzeichens Magnetophon für alle Telefunken-Magnetton-Geräte um weitere zehn Jahre verlängert worden (FUNKSCHAU 1962, Heft 9, S. 498)

⁶⁶⁹ • E. (Ruhmer, Ernst), Der Telephonograph, Physikalische Zeitschrift, 1. Jahrgang (1900), No. 38, S. 413 – 415 – In Patentschriften ist das Adjektiv „*magnetophonographisch*“ zuerst im Jahr 1901 nachweisbar („Gesprächsträger ... nach dem magnetophonographischen Verfahren“). Später tauchen „magnetophonographische Zwecke“ in einer Pfeumer-Patentschrift auf. Dass auch Curt Stille ein 1929 in London vorgeführtes Gerät „Magnetophone“ genannt hat, dürfte Bücher unbekannt gewesen sein. – Weitere Quellen:

- Aktiengesellschaft Mix & Genest, Berlin, Gesprächsträger für Aufzeichnung telephonischer Gespräche nach dem magnetophonographischen Verfahren, Patent DE 137 335, angem. 1901-01-17;
- N.N., Stille Sound Developments, Possibilities of the New System, The Bioscope, 1929-10-23, p. ix, zitiert in *Dissertation Lafferty
- Pfeumer, Fritz, Verfahren zur Herstellung von Stahlpulver, Patent DE 543 563, angemeldet 1930-01-03

⁶⁷⁰ Carhart, Henry S., The Magnetophone, Science, Volume 2, Issue 33, pp. 393-394, 1883-09-21

⁶⁷¹ N. N. (Schoenemann, Karl?), Über das magnetische Tonaufzeichnungsverfahren der I.G. und der A.E.G., vierseitiges Typoskript, 1934-07-10, BASF SE UA P 911

⁶⁷² Schüller, Eduard, Der GEA-Bandsprecher, Typoskript, handschr. Datierung „1.8.34 Schü“, Smlg Schüller, KSS 0803

⁶⁷³ Schoenemann, Karl, Brief an AEG / FO, Berlin NW 40, 1934-08-03, BASF SE UA P 911

⁶⁷⁴ Schoenemann, Karl, Magnetophon. Besprechung bei der AEG, Berlin, über das Vorgehen mit dem Magnetophon am 6. August 1934, 1934-08-06, BASF SE UA P 911

⁶⁷⁵ Schoenemann verwechselt hier die Schallfolie mit der Wachsplatte.

⁶⁷⁶ N. N. (Schoenemann, Karl?), Über das magnetische Tonaufzeichnungsverfahren der I.G. und der A.E.G., vierseitiges Typoskript, 1934-07-10, BASF SE UA P 911

⁶⁷⁷ N. N., I.G. Berlin, Entwurf einer in der Teilsitzung am 9. ds. Mts. zu verlesenden Notiz, 1934-08-08, BASF SE UA P 911

⁶⁷⁸ Schoenemann, Karl, I.G. Farben Ludwigshafen, Brief an I.G. Berlin, Dr. Gattineau, 1934-08-15, BASF SE UA P 911

⁶⁷⁹ Patzschke, Willi, Brief an I.G. LU, Technische Direktion, 1934-08-15, BASF SE UA P 911. Patzschke führt hier aus, der ungünstige Eindruck sei wegen der schwierigen Verwendung von Diktiermaschinen schon vor der Sitzung entstanden.

⁶⁸⁰ Pagel, N. N., AEG / FO, Brief an I.G. LU, Ambros, 1934-08-14, BASF SE UA P 911

⁶⁸¹ Schoenemann, Karl, Besprechung bei der AEG, Berlin, über das Vorgehen mit dem Magnetophon am 6. August 1934, 1934-08-06, BASF SE UA P 911

⁶⁸² Hart, Peter, „Das Magnetophon“, Filmtechnik, S. 203 – 205, 1934-08-18. – Der Beitrag reproduziert das AEG-Bild-Nr. K30803, das „Eichenschrankgerät“. Schüller und Westpfahl gingen in späteren historischen Beiträgen davon aus, zur Vorführung anlässlich der Funkausstellung 1934 sei das Versuchslaufwerk Nr. 4 geplant gewesen, was die eindeutig datierte Hart'sche Publikation widerlegt.

⁶⁸³ Der „Funktechnische Vorwärts“ erschien zwischen 1931 und 1944 im Verlag Franz Eher, bekannt durch den „Bestseller“ „Mein Kampf“. (URL: <http://home.snafu.de/wumpus-magazin.htm>, 2002-06-13). - Die Ausschnitt-Kopie in BASF SE UA P 911 ist nicht datiert, sie stammt vermutlich aus der August- oder September-Ausgabe 1934 der Publikation und wurde am 1934-10-15 von John Eggert, Wolfen, nach Ludwigshafen geschickt. Die Abbildung ist wiederum zweifelsfrei das AEG-Bild-Nr. K30803.

⁶⁸⁴ Ambros, Otto, Brief an Dr. Eggert, I.G. Wolfen, 1934-10-17, BASF SE UA P 911

⁶⁸⁵ Versuchslaufwerk 4, Magnetophone „K 1“, „K 2“, K 3, K 4 und K 7

⁶⁸⁶ *Schüller-Sammlung, KSS 1154

⁶⁸⁷ N. N., Notiz Betr. Lorenz-Stahlband-Apparatur, „Funk“, Heft 39, 1934

⁶⁸⁸ N. N. (Schoenemann, Karl?), Über das magnetische Tonaufzeichnungsverfahren der I.G. und der A.E.G., 4-seitiges Typoskript, 1934-07-10, BASF SE UA P 911

⁶⁸⁹ Volk, Theo, Niederschrift über eine Besprechung im KWO am 21.6.1934 zwischen J.G. Farben und AEG betr. Magnetton-Apparatur, 1934-06-22, BASF SE UA P 911

⁶⁹⁰ Braun, I.G. LU, Patentabteilung, Besprechungsbericht betr. Zusammenarbeit mit der AEG auf dem Ferrotongebiet, 1934-08-03, BASF SE UA P 911

⁶⁹¹ Popp, N.N. Notiz Besprechung am 29. Juni 1934 über Magnettonbänder, 1934-07-02, BASF SE UA P 912

⁶⁹² • Gaus, Wagner, Verf. Matthias, I.G. Ludwigshafen, Brief an I.G. Farbenindustrie Dormagen, 1934-07-09, BASF SE UA P 911 und P 912

- Kühne, Thienemann (?), I.G. Leverkusen, Brief an I.G. LU, Technische Direktion, 1934-07-18, BASF SE UA P 911

ZEITSCHICHTEN: MAGNETBANDTECHNIK

Vierte Ausgabe: 2020 – Seite 696

NACHSPANN

Endnotenverzeichnis

- ⁶⁹³ I.G. LU, Stickstoff-Abtlg., Kramer / Meiser / Wild, Notiz „Eisenpulver P für Magnettonbänder“, 1934-09-19, BASF SE UA P 911
- ⁶⁹⁴ Lehrer, Erwin, Interview mit Engel, Friedrich „Zur Entwicklung des Magnetbandes“, 1985-05-02, Transkription einer Tonbandaufzeichnung von F. Engel
- ⁶⁹⁵ McKnight, Jay and McKnight, Jeffrey: Some Popular Misconceptions About Magnetic Recording History and Theory (A Historical Talk for the 2012 SF AES Convention – cf. "Popular Misconception Nr 2: "We Understand How Ac-Bias Works"); http://www.aes.org/aeshc/pdf/mcknight_some-popular-misconceptions.pdf (2015-02-27)
- ⁶⁹⁶ Schüller, Eduard, AEG Berlin, Brief an I.G. Ludwigshafen, Hauptlaboratorium (i.e. Friedrich Matthias), 1934-11-28; Archiv der AEG und Smlg Schüller, KSS 0402
- ⁶⁹⁷ Lehrer, Erwin, Interview mit Engel, Friedrich, Zur Entwicklung des Magnetbandes, 1985-05-02, Transkription einer Tonbandaufzeichnung
- ⁶⁹⁸ Stäbler und Schulz, AEG - KWO/PB, Aktenvermerk: Fortsetzung der Besprechung vom 3.12.34 am 4.12.34 über noch zu tätige Neuanmeldungen auf dem Gebiete der Magnettonmaschine, 1934-12-06, Smlg Thiele
- ⁶⁹⁹ Schoenemann, Karl: Zusammenfassende Darstellung über die Entwicklung, den derzeitigen Stand und die Aussichten des Magnetophons, S. 21, 1935-05-07, BASF SE UA P 912, P 915 und P 916, 1935-05-07
- ⁷⁰⁰ • AEG und I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft; Support aimantable en forme de ruban pour enregistrement et reproduction sonore et procédé pour sa fabrication, französisches Patent No. 792.275, angemeldet 1935-08-09; Priorität Deutschland vom 1934-07-18;
• AEG, Tabelle „Uns zur Verfügung stehende deutsche Schutzrechte auf dem Gebiet der Magnetophongeräte“, 1934-08-17 nennt eine Anmeldung A.73 620, Lautschriftträger zur magnetischen Schallaufzeichnung und Wiedergabe, Anmeldung 1934-07-09, „Die Anordnung der Magneteilen kann durch einen Richtmagneten, durch nochmalige Erwärmung des Trägers, durch Einwirken eines Schüttelmagneten geschehen.“ Das Aktenzeichen entspricht jedoch nicht dieser Beschreibung.
- ⁷⁰¹ 1942 startete die Filmfabrik Wolfen auf Vorschlag von John Eggert eine Versuchsreihe, in der ebenfalls zunächst die Magnetschicht und darauf die Trägerfolie gegossen wurde (Nissen, Hans Friedrich (Filmfabrik Wolfen), Aktennotiz: Über die Herstellung von Magnettonbändern, 1942-01-28, BA Wolfen A 19 711, Nr. 850). Das Verfahren lieferte jedoch aus nicht eindeutig geklärt Ursache Bänder, deren „Grundgeräusch“ höher war als das von Mustern nach dem Standardverfahren. Ob bereits 1934 ähnliche Erfahrungen gemacht worden sind, ist nicht dokumentiert. – J. Herbert Orr, US-amerikanischer Magnetbandpionier, wärmte den Vorschlag „Invertguss“ 1957 noch einmal auf, wobei er eine stark an das französische AEG/I.G.-Patent 792.275 angelehnte Zeichnung verwendet und sich auf Labormotizen vom 7. Januar 1930 „of the pioneer German scientist, Dr. Fritz Pflaumer“ <sic> stützt. Da Orr als Quelle notorisch problematisch ist (vergl. etwa seine Verwechslung von Fritz Pflaumer mit Dr. Karl Pflaumer), wurden Recherchen in dieser Sache zurückgestellt. (Orr, J. Herbert, Concept of a New Magnetic Recording Medium, J. Audio Eng. Soc. July 1957, Volume 5, Number 3, p. 127 ff.)
- ⁷⁰² AEG und I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft; Support aimantable en forme de ruban pour enregistrement et reproduction sonore et procédé pour sa fabrication, französisches Patent No. 792.275, angemeldet 1935-08-09; Priorität Deutschland vom 1934-07-18
- ⁷⁰³ Ambros, Otto (I.G. LU), Brief an Direktor Dr. Gajewski, I.G. Farbenindustrie Akt. Ges., Berlin SO 36, 1932-12-30
- ⁷⁰⁴ Gaus, Wilhelm, Brief an I.G. Wolfen, Filmfabrik, 1933-02-08, BASF SE UA P 911
- ⁷⁰⁵ Die Magnetbandgeschichte verdankt den Eggert'schen Reiseberichten und denen seiner Begleiter, insbesondere bei den Besuchen 1941 und 1942, Aufschluss über Einzelheiten, die nicht im BASF Unternehmensarchiv Ludwigshafen dokumentiert sind, sondern im Betriebsarchiv der Filmfabrik Wolfen: So beschreibt Eggert in seiner Aktennotiz über den Besuch in Ludwigshafen am 28.9.1933, 1933-09-29, BA Wolfen A 19296 Nr. 331, die Versuchsgüsse auf Spiegelglas, laut Notiz vom Besuch in LU am 25.1.1934, 1934-01-30, BA Wolfen, A 17296 Nr. 389 besichtigte er die neugebaute erste Gießmaschine mit Stahlband. Im Sommer 1934 scheint Wolfen Erfahrungen und Prüfmethode zur Alterung von Zelluloseacetat-Folie mit Ludwigshafen diskutiert zu haben.
- ⁷⁰⁶ Ambros, Otto, Brief an Dir. Dr. Gajewski, Filmfabrik Wolfen, 1934-07-11, BASF SE UA P 911
- ⁷⁰⁷ Gajewski, Fritz, Brief an Herrn Direktor Dr. Gaus, I.G. LU; 1934-07-17, BASF SE UA P 911 ; Durchschlag im BA Wolfen
- ⁷⁰⁸ ter Meer, F.: Die I. G. Farbenindustrie (S. 55), Econ-Verlag, Düsseldorf, 1953, zitiert in: Zimmermann, Paul A., Magnetbänder - Magnetpulver – Elektroden, Schriftenreihe des Firmenarchivs der BASF Aktiengesellschaft, 1969.
- ⁷⁰⁹ I.G. Ludwigshafen, Brief an I.G. Wolfen, Direktion; gez. Gaus, Ambros; Verf.: Dr. Schoenemann, 19. 07. 1934
- ⁷¹⁰ Schmidt, Richard, Besprechung über das Magnetophon-Verfahren in Ludwigshafen am 6.Nov.1935, 1935-11-07, BASF SE UA P 911; BA Wolfen A 19 711; Nr. 678
- ⁷¹¹ Matthias, Friedrich, Brief an AEG KWO/Fm, Volk, 1934-11-12 (BASF SE UA P 911)
- ⁷¹² Schüller, Eduard, AEG Berlin, Brief an I.G. Ludwigshafen, Hauptlaboratorium (i.e. Friedrich Matthias), 1934-11-28; Archiv der AEG und Smlg Schüller, KSS 0402
- ⁷¹³ Schoenemann, Karl (I.G. Farben Ludwigshafen), Brief an AEG, FO (Fabriken-Oberleitung), Dipl.-Ing. Pagel, 1934-10-17; BASF SE UA P 911
- ⁷¹⁴ Matthias, Friedrich, Brief an AEG / KWO/Fm, 1934-12-05, BASF SE UA P 911
- ⁷¹⁵ Schoenemann, K., Brief an Dr. Eggert, Filmfabrik Wolfen, 1934-11-07, BASF SE UA P 911
- ⁷¹⁶ Patzschke, Willi, zweiseitiger Brief an Karl Schoenemann, I.G. LU, 1934-11-06, BASF SE UA P 911
- ⁷¹⁷ Schoenemann, Karl (?), Stand Magnetophon <sic> Anfang Febr. 35; handschriftliche Notizen, BASF SE UA P 911
- ⁷¹⁸ • Patzschke, Willi, zweiseitiger Brief an Karl Schoenemann, I.G. LU, 1934-11-06, BASF SE UA P 911: S. 2: "Wir beabsichtigen, unsere Maschine publikumsreif zur Leipziger Frühjahrsmesse herauszubringen ..."
• Schüller, Eduard, Brief an I.G. Farben Ludwigshafen, Hauptlaboratorium, 1935-01-08, BASF SE UA P 911: "... da nach wie vor die bestimmte Absicht besteht, die Maschine zur Leipziger Frühjahrsmesse herauszubringen."
• Schoenemann, Karl (?), Notiz Stand Magnetophon <sic> Anfang Febr. 35; BASF SE UA P 911: "... Apparatur jetzt mit horizontalem Plattenteller, auf den Deckscheibe aufgelegt wird = grammophonartig ... Soll auf der Leipziger Messe am 4.3.1935 gezeigt werden. AEG sehr in Druck."
Nirgendwo ist in Schüllers späteren Notizen oder bei Westpfahl die für Leipzig geplante Präsentation erwähnt worden - seltsamerweise gibt Schüller (im Jahre 1967) sogar an, das „schwarze Magnetophon“ sei für die Funkausstellung 1934 gedacht gewesen. Das steht im Widerspruch zu der von ihm verfassten Pressenotiz vom 1. August 1934 über das zur Funkausstellung vorgesehene Eichenschrankgerät. - Siehe dazu Schüller, Eduard, handschriftliche Notiz für Hahn, Reinhard, "Diplom-Arbeit vom 1.11.31", o.D. (ca. 1973-08-19) sowie Schüller, Eduard, Der GEA-Bandsprecher, Typoskript, handschr. Datierung "1.8.34 Schü", Smlg Schüller, KSS 0803
- ⁷¹⁹ BASF Unternehmensarchiv / Bildarchiv P 911 T 01, Bild-Nr. 35564
- ⁷²⁰ Westpfahl, Hans, in: *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- ⁷²¹ Untermann, Eduard, Abschirmung für Magnetköpfe in Magnettongeräten, Patent DE 891 465, angemeldet 1944-12-01, ausgegeben 1953-09-28
- ⁷²² Westpfahl, Hans, zwei handschriftliche Briefe an AEG-Archiv Braunschweig, Reinhard Hahn, 1975-03-19 und 03-22, KSS 0700
- ⁷²³ Bei den deutschen Rundfunkanstalten wurde das 6,5 bzw. 6,3 mm-Band je nach Spiellänge eines „Titels“ zu unterschiedlichen Wickeldurchmessern abgelängt, denn gerade bei kurzen Stücken – Unterhaltungsmusiktitel etwa 2 – 4 min – wären Flanschspulen in Normgrößen unwirtschaftlich.
- ⁷²⁴ Schüller, Eduard, Notizblattsammlung (Schüller Entwürfe.PDF), Blatt 65
- ⁷²⁵ Westpfahl, Hans, in: *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- ⁷²⁶ Datierung des Bildes laut AEG-Archiv; Westpfahl datiert auf „Januar 1934“, wobei offen ist, ob Fanselow – der Vorname war nicht zu ermitteln – bereits zu dieser Zeit zur Magnetophon-Entwicklungsgruppe gestoßen war. Fanselow ist nach Ende des Zweiten Weltkriegs „dem Tonbandgerät bis heute treu geblieben und ist jetzt in der DDR tätig.“ (*Schüller-Sammlung, KSS 1123)
- ⁷²⁷ Wahl, N. N., Vorführung der Magnetton-Apparatur am FM/Lb-Abend am 1.12.1934 im Kameradschaftsheim, Typoskript, Westpfahl-Album M/HW
- ⁷²⁸ N. N. (Patzschke, Willi?), Das Magnetophon, eine neuartige Diktiermaschine, Deutsche Technik, Jhg. 3, S. 507 ff., 1935-08-01
- ⁷²⁹ AEG, Apparatefabriken Treptow, , gez. Volk, Brief an I.G. LU, Ambros, UA BASF SE, 1935-04-15
- ⁷³⁰ Schoenemann, Karl, I.G. LU, Technische Direktion, Brief an AEG / FO, UA BASF SE, 1935-04-23
- ⁷³¹ Schoenemann, Karl, I.G. LU, Brief an GMD Phil(ipp) Wüst, Nationaltheater Mannheim, UA BASF SE, 1935-05-10
- ⁷³² Matthias, Friedrich, Aktennotiz betr. Alterung der Magnetophonbänder, 1935-05-23, BASF SE UA P 911

Durchbruch mit drei Motoren (Frühjahr 1935)

- ⁷³³ I.G. LU, Direktion (Schoenemann), Brief an AEG, „Abt. Magnetophon“, 1935-05-16, BASF SE UA P 911
- ⁷³⁴ Patzschke, Willi (AEG), Gerät zur magnetischen Schallaufzeichnung und Schallwiedergabe, Patent DE 664 759, angemeldet 1935-05-27, ausgegeben 1938-08-19

- ⁷³⁵ Schüller, Eduard, und Westpfahl, Hans, Schaltanordnung für eine Antriebsvorrichtung für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung, Patent DE 719 546, Zusatz zu Patent DE 664 759 („Drei-Motoren-Patent“), angemeldet 1936-06-24, ausgegeben 1942-04-11, im Folgenden: **Schüller / Westpfahl, Patent DE 719 546**
- ⁷³⁶ Reproduktion aus Wochenpost, Steyler Illustrierte Hefte, 1936-09-27, DTMB 03287 / 03288 / 03289
- ⁷³⁷ Schüller / Westpfahl, Patent DE 719 546
- ⁷³⁸ Westpfahl, Hans, zwei handschriftliche Briefe an AEG-Archiv Braunschweig, Reinhard Hahn, 1975-03-19 und 03-22
- ⁷³⁹ Schüller / Westpfahl, Patent DE 719 546
- ⁷⁴⁰ Westpfahl, Hans, zwei handschriftliche Briefe an das AEG-Archiv Braunschweig, Reinhard Hahn, 1975-03-19 und 03-22 (
- ⁷⁴¹ z.B. Hans Westpfahl in *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981: „Da hatte Dr. Volk die geniale Idee, eine Drei-Motoren-Maschine bauen zu lassen, und so wurde er der eigentliche Vater des Drei-Motoren-Antriebs.“ – Solchen Aussagen steht allerdings eine Reihe von AEG-Patenten gegenüber, die auch nach Volks Ausscheiden unter seinem Namen als Erfinder angemeldet und ausgegeben wurden (DE 663 974, ang. 25.11.32, ausg. 17.08.38; DE 649 596, ang. 01.12.32, ausg. 28.08.37; DE 627 129, ang. 18.08.33, ausg. 09.03.36; DE 660 776, ang. 14.04.34, ausg. 02.06.38; DE 647 386, ang. 15.02.35, ausg. 03.07.37; DE 636 217, ang. 29.03.35, ausg. 03.10.36; AT 154 505, ang. 13.11.36 ausg. 10.10.38)
- ⁷⁴² Westpfahl, Hans, zwei handschriftliche Briefe an das AEG-Archiv Braunschweig, Reinhard Hahn, 1975-03-19 und 03-22
- ⁷⁴³ Backe, H., Magnetophon, das neue Tonaufzeichnungsgerät, Die Umschau 1935, Heft 47, Seite 942 – 943
- ⁷⁴⁴ Westpfahl, Hans, zwei handschriftliche Briefe an AEG-Archiv Braunschweig, Reinhard Hahn, 1975-03-19 und 03-22
- ⁷⁴⁵ *Schüller-Sammlung, KSS 1148
Schüller, Eduard und König, N. N., Gliederung, Leistung, Entwicklungen, Fertigungsprogramme der Magnetophonfabrik, Aufstellung in Briefform, 1945-05-30, KSS 0536
- ⁷⁴⁶ *Schüller-Sammlung, KSS 1148. Ob die Übereinstimmung von 12,7 mm = ½ Zoll von Bedeutung ist, war nicht zu klären.
- ⁷⁴⁷ *Schüller-Sammlung, KSS 1148
- ⁷⁴⁸ Die Literatur nennt als Bandteller-Durchmesser 30 cm und als Bandlänge 1.500 m. Die Nachrechnung – mit Banddicke 50 µm und Kerndurchmesser 7 cm – ergibt als wahrscheinlicheren Bandteller-Durchmesser des „Magnetophons“ 1935 32 cm (1.000 m Bandlänge führen zu 26,2 cm Ø und knapp 17 min Spielzeit). Diese Annahme wird gestützt durch die ausdrückliche Nachfrage von Gaus vor Bestellung der Betriebs-Gießmaschine, ob der Rollendurchmesser auf 320 mm normal begrenzt werden könne [N. N. (AEG FO), Aktennotiz über eine Besprechung am Freitag, den 13.09.1935, 1935-09-14; BASF SE UA P 911, Blatt-Nr. 49]
- ⁷⁴⁹ Die Bandlänge 1.500 m und der Wickeldurchmesser 30 cm werden ausdrücklich genannt in
N. N. (Patzschke, Willi?), Das Magnetophon, eine neuartige Diktiermaschine, „Deutsche Technik“, Jhg. 3 (1935), S. 507 ff., ca. 1935-10-01
Hansen, W. H., Das Magnetophon, ETZ 56. Jahrg. Heft 45, S. 1232, 1935-11-07
Als indirekte Bestätigung seitens I.G. Farben kann herangezogen werden: Matthias, Friedrich, Das Magnetophongerät auf der Funkausstellung 1935, 1935-09-04, BASF SE UA P 916.1
- ⁷⁵⁰ Westpfahl, Hans, zwei handschriftliche Briefe an AEG-Archiv Braunschweig, Reinhard Hahn, 1975-03-19 und 03-22
- ⁷⁵¹ Westpfahl nennt hier eine AL 1; da diese aber keine nach oben herausgeführten Elektroden hatte, muss es sich doch wohl um eine AL 2 oder AL 3 handeln, was aber für die weitere Beschreibung unerheblich ist.
- ⁷⁵² N. N. (AEG), Vorrichtung zum selbsttätigen Stillsetzen des Laufwerkes von Tonaufzeichnungsgeräten mit bandförmigem Aufzeichnungsträger, Patent DE 655 017, angemeldet 1936-02-24, ausgegeben 1938-01-06
- ⁷⁵³ N. N. (Patzschke, Willi?), Das Magnetophon, eine neuartige Diktiermaschine, Deutsche Technik, Jhg. 3, S. 507 ff., 1935-08-01 (herausgegeben in Verbindung mit dem „Amt der Technik“ der NSDAP)
- ⁷⁵⁴ • N. N. (Patzschke, Willi?), Das Magnetophon, eine neuartige Diktiermaschine, Deutsche Technik, Jhg. 3, S. 507 ff. 1, 1935-08-01
• Patzschke, Willi, Das Magnetophon. Ein neues Tonaufnahme-Gerät der AEG, Kameradschaft, Jg. 3, Heft 3, Dez. 1935, S. 67 und 68
- ⁷⁵⁵ 1935 16. (Freitag) - 25.08. (Sonntag), (12.) Große Deutsche Rundfunkausstellung Berlin 1935; Schirnherr: Der Reichsminister für Volksaufklärung und Propaganda (d.i. Joseph Goebbels); Ausstellungsfläche 62.000 m², Freigelände 20.000 m²; Aussteller: 234, Besucherzahl: unbekannt [www.gfu.de/pages/history/his_ifa_04.html [2002-11-06]]
- ⁷⁵⁶ N. N., Funk: Chronologie (1791 bis 1997), URL: <http://kef.net/Research/funk/chronologie.html> [2005-06-06]
- ⁷⁵⁷ Schüller notiert, es seien drei „K 1“ und zwei „T 1“ in Betrieb gewesen, was nach den vorliegenden Photos eher unwahrscheinlich ist. Danach scheint es, als sei nur ein K 1 in Betrieb gezeigt worden, während die Truhen im Magnetophon-Vorführraum und auf dem AEG-Radiostand eher als „Hingucker“ Verwendung fanden (*Schüller-Sammlung, KSS 1149)
- ⁷⁵⁸ Schoenemann, Karl, [Brief an] AEG, Abt. Magnetophon, Dr. Volk, 1935-07-15. BASF SE UA P 911
- ⁷⁵⁹ Buchdrucker Berlin Wochenlohn April 1935: RM 67,30 (Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich, 54. Jhg, Berlin 1935, S. 285)
- ⁷⁶⁰ • *Schüller-Sammlung, KSS 1149;
• ders., „Das erste Tonbandgerät - ein Spielzeug“, Stuttgarter Nachrichten, 1965-09-03, KSS 0601
- ⁷⁶¹ N. N. (AEG), Brief an I.G. LU, Direktor Gaus, 1935-09-02, BASF SE UA
- ⁷⁶² Matthias, Friedrich, Das Magnetophongerät auf der Funkausstellung 1935, 1935-09-04, BASF SE UA
- ⁷⁶³ Matthias, Friedrich, Das Magnetophongerät auf der Funkausstellung 1935, 1935-09-04, BASF SE UA
- ⁷⁶⁴ Eine indirekte Beschreibung der vermutlichen Brandursache findet sich in: Flinker, Max, AEG; Patent DE 671 775 Feuersicheres Filmmaul für Kinotrommeln, angemeldet 1935-09-18 (d.h. vier Wochen nach dem Brandunglück). Oberingenieur Flinker hat auch das „Eichenschrank“-Magnetton-Versuchslaufwerk gebaut.
- ⁷⁶⁵ N. N., Interview mit Eduard Schüller, in: Betsche, Friedrich Ben / AEG-Telefunken, Die Geschichte der Erfindung des Magnetophon, Audio-Feature, 1985; ca. 2:47 min bis 4:04 min
- ⁷⁶⁶ N.N., Die Opfer des Brandunglücks auf der Funkausstellung, ETZ 56. Jahrg. Heft 36 S. 1011-, 1935-09-05
- ⁷⁶⁷ • *Schüller-Sammlung, KSS 1158
• ders., „Das erste Tonbandgerät - ein Spielzeug“, Stuttgarter Nachrichten, 1965-09-03, KSS 0601
- ⁷⁶⁸ Für diesen Abschnitt wurden folgende Quellen benutzt:
• N. N., Internes Schreiben an AEG, Abt. Ausstellungen, „Große deutsche Funkausstellung Berlin 1935“, 1935-07-20, aus AEG-Archiv
• Westpfahl, Hans, in: *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
• Matthias, Friedrich, handschriftlicher Brief an Dr. W. Gaus, Ludwigshafen, 1935-08-18
Neben anderem ist das ausführliche Zitat zu den Anwendungsmöglichkeiten des Magnetophons entnommen aus
• Matthias, Friedrich, Das Magnetophongerät auf der Funkausstellung 1935, 1935-09-04, BASF SE UA P 916.1 und P 912
- ⁷⁶⁹ Rhein, Eduard, Wunder der Wellen, Rundfunk und Fernsehen, dargestellt für jedermann, Ullstein AG, Berlin, 1935
- ⁷⁷⁰ N. N., AEG Magnetophon - Universalgerät für Tonaufnahme und Wiedergabe, zwölfseitiger Vertriebsprospekt der AEG, DIN A5, mit Angabe „Nov“ im Impressum (ein nahezu textgleicher Weiterdruck mit charakteristischen Korrekturen ist datiert „April 37“, so dass der Erstdruck auf November 1936 zu datieren ist)
- ⁷⁷¹ N. N., AEG FO: Aktennotiz über eine Besprechung am Freitag, den 13.09.1935, 1935-09-14, BASF SE UA P 911
- ⁷⁷² N. N., Lexikoneintrag „Waischenfeld“, <https://de.wikipedia.org/wiki/Waischenfeld> [2018-11-08]
- ⁷⁷³ Quellmalz, Alfred, Brief an Ortwin Marquardt, Magnetophon G.m.b.H., 1943-11-08
- Marquardt, Ortwin, Briefe an Alfred Quellmalz, 1943-11-18 und 1943-12-01; Hoerbuerger-Archiv der Universität Regensburg
- ⁷⁷⁴ • Volk, Theo: „Magnetophon, das neue Tonaufzeichnungsgerät der AEG“, AEG-Mitteilungen September 35, S. 299-301 für die Bezeichnungen
• N. N., Das „Magnetophon“, Berliner Tageblatt / Technische Rundschau für Bilddatierung
• N. N., Das Magnetophon, Helios 41. Jahrg. 1935 Nr. 34, etwa 1935-08-19 für die Bilddatierung
- ⁷⁷⁵ • N. N. (AEG), Magnetophon (technischer Prospekt), o.D. (handschriftlich: „Belegexemplar 1. Fassung 1935“, ca. 1935-12-31)
• N. N., Rundfunk und verwandte Gebiete; AEG-Mitteilungen Januar 1936, Heft 1, S. 31 für Bezeichnung „Truhenausführung“; AEG-Bild K31017 zeigt erkennbar die Ausführung

- „K 2“
- N. N., Magnetophon, das neue Tonaufzeichnungs- und Wiedergabegerät / Mitteilung der Abteilung Magnetophon, AEG-Mitteilungen, März 1936, S. 122 f. mit AEG-Bild K37206
 - 776 • N. N. (AEG), Magnetophon - Universalgerät für Tonaufnahme und Wiedergabe (Prospekt), datiert „Nov“, AEG M/V 006
 - 777 Schepelmann, Hans, Aktennotiz: Besprechung mit I.G. Farbenindustrie wegen Magnetophon-Geschäft am 19.10.1937, 10 Uhr vorm, FKU, 1937-10-20, BASF SE UA P 912 [5502]
 - 778 • Prospekt „Magnetophon Modell FT 3 und Modell FT 4“ (hier Unterstrichenes maschinenschriftlich hinzugesetzt; Prospekt ist datiert „Sept. 38 – MV 008“)
 - 779 N. N., Neues für Schallplattenaufnahme und -wiedergabe / Bericht von der Leipziger Frühjahrsmesse, Das Rundfunk-Gerät, Pörsneck, Heft 8, 22. April 1939, S. 11 und 12, DTMB AEG 03288
 - 780 R. Tsch., Neuer Forschungsdrang führt nach Albanien, Stuttgarter Nachrichten Nr. 112, 1939-03-07, DTMB AEG 03288 N390307A
 - N. N., Die AEG an der grossen deutschen Rundfunkausstellung Berlin vom 28. Juli bis 6. August 1939, Elektrizitätsverwertung 1939/40, No. 5, S. 104; Verlags- u. Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke, Zürich - DTMB AEG 03288
 - 781 • Schepelmann, Hans [AEG, Mgt/V], Aktenvermerk betr. Regelung Magnetofon / Klangfilm, 1941-05-17, AEG-Archiv, Smlg Thiele
 - N. N. (Friedmann, Paul?), Magnetophonband-Prüfstelle Ludwigshafen, Aktennotiz über den Besuch von Dr. Schießler in Ludwigshafen vom 4. bis 8. Juni 43, 1943-06-08, BASF SE UA P 916.1
 - Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01
 - 782 Das Magnetophon Modell 1936 in Truhenausführung alias „Magnetophon T 2“ erscheint als Paralleltyp zum „Magnetophon K 2“ in einem Prospekt der AEG von Ende 1935 als Zeichnung [N. N. (AEG), Magnetophon (technischer Prospekt), o.D. (handschriftlich: „Belegexemplar 1. Fassung 1935“) sowie auf dem AEG-Bild K37206. Die Bezeichnung selbst ist dokumentiert in N. N. (AEG), Bedienungsanweisung für Magnetophon-Geräte (3 Blatt), o.D. (ca. 1935-12-31), AEG-Archiv; Eduard Schüller und Hans Westpfahl verwenden die Bezeichnung „T 2“ in ihren Ausarbeitungen häufig.
 - 783 Schüller, Eduard und König, N. N., Gliederung, Leistung, Entwicklungen, Fertigungsprogramme der Magnetophonfabrik, Aufstellung in Briefform, 1945-05-30, Smlg Schüller, KSS 0536
 - 784 *Schüller-Sammlung, KSS 1148
 - 785 • Schießler, Hans, Die Normung in der Magnetspeichertechnik, in: Winkel, Fritz (Hrsg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960, S. 546
 - Schüller, Eduard, Notizblattsammlung (Schüller Entwürfe.PDF), Blätter 49 und 50
 - RRG, Ergänzung zur Braunbuchbeschreibung für Laufwerk R 22a, o.D. (ca. 1942-05-18)
 - 786 Es ist nicht ganz klar, wann die spätere, neuerliche Umstellung auf Synchron-Tonmotore erfolgte; viele der späteren K 4 haben Synchronmaschinen, nicht zuletzt hat selbst das AEG-Werk in Hamburg nach dem Krieg noch viele K 4- bzw. R 22-Geräte der Rundfunkanstalten von Asynchron- auf Synchronantrieb umgerüstet.
 - 787 Eine Ausnahme in puncto Bandbreite machte ausgerechnet das verbreitetste Magnetband-System zur Tonaufzeichnung, die Compact-Cassette, mit der Bandbreite 3,81 mm = 0.15 Zoll.
 - 788 Suckow, N. N. (AEG-Patent-Büro), Vorrichtung zur Anzeige des Bandverbrauchs und zum selbsttätigen Stillsetzen des Laufwerks von Schallaufzeichnungsgeräten mit bandförmigem Tonträger, als DRGM 1 442 034 erteilt 1938-06-08.
 - 789 N. N., Beschreibung der Magnetophon-Zwillings-Apparatur RPF K 4 spez. (engl. Titel: RPF K4 Special twin magnetophone equipment), o.D. (ca. 1943), 13 Seiten Text plus 10 Seiten Abbildungen, Library of Congress, Washington D.C.
 - 790 Wahl, N. N., Vorführung der Magnetophon-Apparatur am FM/Lb-Abend am 1.12.1934 im Kameradschaftsheim, Typoskript, Westpfahl-Album M/HW
 - 791 Engel, Friedrich und Thiele, Heinz, Interview mit Hans Westpfahl (Tonaufnahme), September 1985
 - 792 Schüller, Eduard, Einseitig berührender Löschkopf für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung (Löschkopf für Gleichstrommagnetisierung), Patent DE 710 594, angemeldet 1936-03-04, ausgegeben 1941-09-17
 - ders., Einseitig berührender Löschkopf für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung (Löschkopf für Gleichstrommagnetisierung), Patent DE 698 140, angemeldet 1936-03-04, ausgegeben 1940-11-02
 - ders., Magnetic Sound Recorder, Patent US 2,230,913, angemeldet 1939-08-17, ausgegeben 1941-02-0
 - 793 N.N., Siemens & Halske AG, Berlin, Verfahren zur Vorbehandlung permanent magnetisierbarer Lautschriftträger, Patent DE 616 886, angemeldet 1931-06-13 (mit Hinweis auf Priorität einer US-Anmeldung von 1930-06-18)
 - 794 • Müller-Ernesti, Rolf, Einseitig berührender Löschkopf für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung, Patent DE 704 042, angemeldet 1938-08-25, ausgegeben 1941-03-21
 - Westpfahl, Hans, Beschreibungstabelle zu seiner Magnetkopfsammlung im Archiv des DTMB, o.D. (ca. 1975)
 - 795 Zeichnungsvorlage aus Schüller, Eduard, Magnetic Sound Recorder, Patent US 2,230,913
 - 796 Müller-Ernesti, Rolf, Einseitig berührender Löschkopf für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung, Patent DE 704 042, angemeldet 1938-08-25, ausgegeben 1941-03-21
 - 797 Patzschke, Willi, Brief an I.G. LU, Techn. Dir., Schoenemann, 1935-12-24, BASF SE UA P 911
 - 798 Das Magnetophon K 2 der I.G. Farbenindustrie Ludwigshafen arbeitete mit 1 m/s, die Tonwelle hat einen Durchmesser von 13 mm; das an Wolfgang Scharadt ausgeliehene Gerät arbeitete ebenfalls mit 1 m/s, was die erhaltenen, mit diesem Gerät bespielten Magnetbänder beweisen.
 - 799 Messungen des Verf. am Magnetophon K 2 im damaligen Bestand der BASF AG, 1984
 - 800 1936 28.8. - 6.9. Große Deutsche Rundfunkausstellung Berlin 1936 (13); Schirmherr: Der Reichsminister für Volksaufklärung und Propaganda; 38.000 qm, Freigelände 113.000 qm; 184 Aussteller, 350.000 Besucher. Innovationen/Exponate: Elektronische Fernsehkamera / Fernsehempfänger mit 375 Bildzeilen und Zeilensprung [Quelle: www.gfu.de/pages/history/his_ifa_04.html, 2002-11-06]
 - 801 Thiele, Heinz, Magnetophon, in: Thiele, Heinz (Hg.), 50 Jahre Stereo-Magnetbandtechnik / Die Entwicklung der Audio Technologie in Berlin und den USA von den Anfängen bis 1943, 1993
 - 802 N. N. (AEG), Magnetophon - Universalgerät für Tonaufnahme und Wiedergabe, von November 1936, AEG M/V 006, zur Datierung siehe Endnote 770
 - 803 *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
 - 804 Schüller, Eduard und König, N. N., Gliederung, Leistung, Entwicklungen, Fertigungsprogramme der Magnetophonfabrik, Aufstellung in Briefform, 1945-05-30
 - 805 N. N., Angebote und Rechnungen der AEG über Magnetophon K 3-Anlage mit Zubehör, Büro Stuttgart, 1938-06-11 und 1938-08-11, Stadtarchiv Reutlingen
 - 806 N. N., Reutlinger Tageblatt, 1938-06-27, SDTMB 03288
 - 807 Seiberth, Hans, Bericht Nr. 102/48: "Umspultische für Magnetophonbänder mit automatischer Lochsuchanlage", 1948-05-05, BASF UA P 916.
 - 808 Jossé, Harald, Die Entstehung des Tonfilms, Freiburg/München: Alber, 1984, S. 270
 - 809 General Electric, General Engineering Laboratory, The Magnetophon - Data Folder No. 62550, J.D. McLean, E.D. Cook, 1937-11-29
 - 810 vergl. auch Hahn, R., Hoepfner, R., Am Anfang stand das Magnetophon K 1, FUNK-TECHNIK Nr. 22/1975, S. 742
 - 811 Ranger, Richard H., Further Studies in Magnetophones and Tapes, FIAT Final Report No. 923, 1947-05-13
 - 812 Westpfahl, Hans, handschriftliche Briefe an Reinhold Hahn (AEG-Archiv), 1975-03-19 und -22
 - 813 Zeichnungsvorlage aus Untermann, Eduard, Filmspule und Filmspulenachse, Patent DE 745 849, angemeldet 1939-10-05, Überarbeitung F.E.
 - 814 Entsprechende Ausführungen, an denen auch die genannten Maße ermittelt wurden, finden sich in den Fe₃O₄-Magnetophonbändern, die Wolfgang Scharadt 1936 für seine musikkundlichen Feldaufnahmen zur Verfügung gestellt wurden (siehe Seite 111)
 - 815 Schwetcke, N. N. (AEG Patentbüro), Austauschbarer Spulenträger für Filme, insbesondere für bandförmige Tonträger zur magnetischen Schallaufzeichnung, eingetragen als DRGM 1 383 127, 1936-06-18. Die Textauszüge sind leicht angepasst.
 - 816 *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981, Beitrag von Hans Westpfahl
 - 817 Untermann, Eduard, Filmspule und Filmspulenachse, Patent DE 745 849, angemeldet 1939-10-05
 - 818 DIN 45 515, Wickelkern für Bandgeräte; IEC 94-6, Noyau avec trou central de 20 mm / Hub with 20 mm centre hole; DIN IEC 94-6, Wickelkern mit 20 mm-Mittelloch

- ⁸¹⁹ Weber, Walter, Neue Filmspulenbefestigung (Rundschreiben T 3/42 der RRG-Technik), 1942-02-23, Smlg Stroeckens im DTMB
- ⁸²⁰ SDL (Süddeutsche Laboratorien GmbH), Mosbach, Gebrauchsmuster 1 605 152 „Spulenkern“, angemeldet 1949-10-28, umgeschrieben auf Licentia-Patent-Verwertungsgesellschaft (der AEG) am 1950-07-26
- ⁸²¹ Matthias, Friedrich, Bericht über den Besuch bei AEG, Abtl. Magnetophon am 20.-22. Juni 1935, 1935-06-26, BASF SE UA P 911
- ⁸²² Schoenemann, Karl, Aktennotiz; Besprechung zwischen Herrn Dir. Dr. Gaus und Herrn Geheimrat Bücher/AEG am 13. Oktober 1936 in Berlin, 1936-10-13, BASF SE UA P 912 und P 915 ;
- ⁸²³ Hasenclever, R., Chemnyco Inc., New York; Brief an Karl Schoenemann, 1936-01-14, BASF SE UA P 911
- ⁸²⁴ Firma Carl Friedmann (ein Bezug zu Paul Friedmann ist nicht erkennbar), Mannheim, Brief an I.G. Farben, 1936-04-21, BASF SE UA P 916.1
- ⁸²⁵ • Schoenemann, Karl, Brief an Fa. Heinrich Schmitz, Frankfurt, 1935-01-11, BASF SE UA P 911
• Fa. Heinrich Schmitz, Frankfurt, Brief an I.G. LU, Gaus, 1935-01-03, BASF SE UA P 911
- ⁸²⁶ Schoenemann, Karl, Aktennotiz; Besprechung zwischen Herrn Dir. Dr. Gaus und Herrn Geheimrat Bücher/AEG am 13. Oktober 1936 in Berlin, 1936-10-13, BASF SE UA P 912 und P 915 ;
- ⁸²⁷ Patzschke, Willi, Das Magnetophon. Ein neues Tonaufnahme-Gerät der AEG, Kameradschaft, Jg. 3, Heft 3, Dez. 1935, S. 67 und insbes. S. 68, Schluss
- ⁸²⁸ Westpfahl, Hans und Schüller, Eduard, handschriftliche Tabellen zur Entwicklung der Magnetophon-Geräte (mit Ergänzungen und Korrekturen), ohne Datum (ca. 1965)
- ⁸²⁹ Schoenemann, Karl, Aktennotiz; Besprechung zwischen Herrn Dir. Dr. Gaus und Geheimrat Bücher AEG am 19. Oktober 1937 in Berlin über die Aussichten des Magnetophon-Gebietes und über die Weiterführung unserer Sprachbandarbeiten, 1937-10-19, BASF SE UA P 912 [5502]
- ⁸³⁰ Begun, S. J., Magnetic Recording, p. 9, Rinehart & Company, Inc., Technical Division, New York, Fifth Printing 1954
- ⁸³¹ N. N., Sound Recording Machine Perfected, Modern Mechanix, 1936-06; URL: <http://blog.modernmechanix.com/2006/05/08/original-tape-recorder/> [2009-05-18]
- ⁸³² vergl. Kershaw, Ian, Hitler, 1889 – 1936, Stuttgart 1998, Seiten 724 – 731 (Dreizehntes Kapitel)
- ⁸³³ N. N., I.G. Ffm, Verkauf Chemikalien, Brief an Schoenemann, Karl, I.G. LU, Techn. Dir., 1936-02-10, BASF SE UA P 911
- ⁸³⁴ Matthias, Friedrich, [Interner Brief] Über Technische Direktion an Fakturenkontrolle, 1937-04-22, BASF SE UA P 912,
• Schoenemann, Karl, Brief an AEG Berlin, Dr. Schepelmann, 1937-12-13, BASF SE UA P 912
- ⁸³⁵ Lübeck, Heinz, Aktennotiz betr. Besprechung mit Herrn Dr. Schepelmann am 9.12.1942, 1942-12-09, DTMB AEG 02292
- ⁸³⁶ *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- ⁸³⁷ N. N. (AEG), Magnetophon - Universalgerät für Tonaufnahme und Wiedergabe, von November 1936, AEG M/V 006, zur Datierung siehe Endnote 770
- ⁸³⁸ Ranger, Richard H., Further Studies In Magnetophones And Tapes, FIAT Final Report No. 923 (PB 79558), p. 4, 1947-05-13
- ⁸³⁹ Schepelmann, Hans, [Interner Brief an] Dir. Dr. Heyne: Magnetophon – Produktion und Raumbedarf; 1941-02-10, DTMB AEG 03218
- ⁸⁴⁰ N. N., Magnetophon G.m.b.H., Quartalsbericht der Magnetophon G.m.b.H. (1. Okt. 1942 – 31. Dez. 1942), 1943-02-01, BASF SE UA P 915 [Magnetophon 6.19]
- ⁸⁴¹ Quelle: N. N., Magnetophon G.m.b.H., 2. Quartalsbericht der Magnetophon G.m.b.H. (1.1.43 – 31.3.43), BASF SE UA

Magnetophon-Nutzer und –Anwendungen

- ⁸⁴² Überspielungen von Archivbändern der AEG aus den Jahren 1934 bis 1939, ausgeführt von Hans Westpfahl ca. 1969 (datiert nach Ambros, Otto, Brief an Schüller, Eduard, AEG-Telefunken (R2), Berlin, Schwedenstraße 9, 1969-09-03). Die originalen Papierbänder waren nach dem Tod Hans Westpfahls (1991) nicht mehr auffindbar, das Original der Kopien ist jedoch erhalten.
- ⁸⁴³ Anlass scheint eine Verhandlung in Sachen Nichtigkeit des Pfeumer-Patents DE 500 900 gewesen zu sein
- ⁸⁴⁴ Simon, J. (BASF AG), interner Brief an BASF Anwendungstechnik Magnetband, 1988-12-15, BASF SE UA P 954
- ⁸⁴⁵ I.G. LU -; Verf.: Schoenemann - gez. Seidel, Ambros, Brief an GMD Phil(pp) Wüst, Nationaltheater Mannheim, BASF SE UA, 1935-05-10
- ⁸⁴⁶ Büro Schoenemann, Telefon-Notiz oder Laufzettel über den Versand eines Kondensator-Mikrofons von AEG, Dr. Volk, an Paul Friedmann, BASF SE UA P 911. Typbestimmung nach Roessler, Anselm, Neumann – The Microphone Company, PPV Medien GmbH, Bergkirchen, 2003
- ⁸⁴⁷ BASF Unternehmensarchiv / Bildarchiv P 902 T 05, Bild 41118
- ⁸⁴⁸ *Krummeck, Peter, Werdegang - Krummeck nennt Friedmann und Koch als die „beiden Funkwarte“, denen „auch vor und während des zweiten Weltkriegs die Bereitstellung von Großlautsprechern bei all‘ den noch in Erinnerung stehenden Begebenheiten ... oblag“ (Seite 81). Die Annahme, dass Koch, nicht Matthias, an der Aufzeichnung beteiligt war, stützt sich auf diese Quelle.
- ⁸⁴⁹ Geissmar, Bertha, Musik im Schatten der Politik, Zürich und Freiburg i.Br., Atlantis (1945 und 1951); zitiert nach: N. N., Seine erste Begegnung mit dem Tonband / Wie Sir Thomas Beecham 1936 die erste Bekanntschaft mit unserem Magnetophonband machte, Jugend und Werk 10/1953, BASF SE / Unternehmensarchiv
- ⁸⁵⁰ Inhaltlich magerer, dafür an anderer Stelle ungenau (... erstmals erprobt ...) und übertrieben (... in voller Klangschrönheit ...) ist ein Zeitungsbericht vom 21. November 1936: "Eine besondere Ueberraschung wurde nach Beendigung des Konzertes Sir Thomas Beecham und seinem Orchester geboten: Mit einem neuartigen Aufnahmegerät, "Magnetophon" genannt, von der I.G. Farbenindustrie zusammen mit AEG. geschaffen und an diesem Abend erstmals erprobt, konnte Sir Thomas Beecham den erst vor wenigen Minuten durch sein Orchester aufgeführten Werken lauschen. Die Wiedergabe der Werke erfolgte in absoluter Deutlichkeit und in voller Klangschrönheit." [N. N., Beecham in Ludwigshafen / Wiedergabe durch das „Magnetophon“, Münchner Neueste Nachrichten Nr. 321, 1936-11-21, DTMB AEG 03288]
- ⁸⁵¹ Die Aufnahme gilt – immer noch – als eine der herausragendsten Interpretationen dieser „Oper aller Opern“; sie ist, nach digitaler Überarbeitung technisch merklich verbessert, in mehreren Editionen als CD erhältlich. Zum Vergleich mit den „Beecham-Aufnahmen“ von 1936 darf fairerweise nur eine unbearbeitete Überspielung herangezogen werden, der Unterschied zwischen dem – auch übersteuerten – Magnetophonband und der Wachsplatte ist deutlich hörbar.
- ⁸⁵² Shankleman, Martin, Early stereo recordings restored, BBC Archive Hour, Radio 4, URL: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/7537782.stm> [2009-03-22]
- ⁸⁵³ d.h., das Rauschen liegt nur um den Faktor 50 unter dem „Nutzpegel“ der Musik, bei der CD vergleichsweise 96 dB bzw. Faktor 63.000
- ⁸⁵⁴ N.N.; Edwin Fischer spielt Beethoven; Von Werk zu Werk / Aus unserer Betriebsgemeinschaft, Januar 1937, BASF SE UA Werkszeitschriften
- ⁸⁵⁵ In einer Beilage „Wir nehmen Abschied von Carl Bosch“ zur Mai-Ausgabe 1940 der Zeitschrift „Von Werk zu Werk“ sind das Programm der Trauerfeier sowie alle Nachrufe abgedruckt.
- ⁸⁵⁶ • N. N., Die vollautomatische Führung, Berliner Tageblatt Nr. 251, 1936-05-28, DTMB AEG 03288
• N. N., Das „Tönende Museum“ in der Klosterstraße, Groß Berliner Nachrichten, 1936-12-19, DTMB AEG 03288
- ⁸⁵⁷ Sichardt, Wolfgang, Alpenländische Volksmusik / Eine Forschungsreise mit dem „Magnetophon“, Die Musik (Monatsschrift, Max Hesses Verlag Berlin) XXIX/3, Dezember 1936
- ⁸⁵⁸ Wolfgang Sichardt hat die zwölf Magnetophonbänder seiner Forschungsreise 1936 über den Zweiten Weltkrieg retten können; das Material, immer noch in recht gutem Zustand, ließ sich 1988 auf einem professionellen Tonbandgerät, das auf die Betriebsbedingungen von 1936 umgebaut war, ohne größere Probleme abspielen („sein“ Magnetophon K 2 war, wie das I.G. Farben-Gerät, eine Ausführung mit der Bandgeschwindigkeit 1 m/s).
- ⁸⁵⁹ Danckert, Werner; Die Schallaufnahmen im Dienste neuer Volksliedforschung, Die Musik, XXIX/4, Januar 1937, S. 282 f.. – Sichardt studierte seinerzeit in Jena, so dass es sich bei Danckert vermutlich um seinen Doktorvater handelt.
- ⁸⁶⁰ • Sichardt, Wolfgang; Alpenländische Volksmusik / Eine Forschungsreise mit dem „Magnetophon“, Die Musik (Monatsschrift, Max Hesses Verlag Berlin) XXIX/3, Dezember 1936 sowie
• Mit Tonaufnahmegeräten ins Alpengebiet, Die Musikwoche, Berlin, 1936-12-26, Nr. 52, S. 5 ff
• ders., Altgermanisches Musikgut im alpenländischen Jodler, Allgemeine Musikzeitung 64. Jhg., 1937-01-29, S. 52 f.
• ders., Der alpenländische Jodler und der Ursprung des Jodelns, Dissertation, Berlin 1939
- ⁸⁶¹ Bose, Fritz, Typen der Volksmusik in Karelien, Archiv für Musikforschung, 96-118, 1938; zitiert bei Nußbaumer, Thomas, Alfred Quellmalz und seine Südtiroler Feldforschungen (1940-42); Bibliotheca Musicologica Universität Innsbruck / Studien Verlag Libreria Musicale Italiana, 2001, Seiten 46 und 55

- ⁸⁶² ● R. Tsch., Neuer Forschungsdrang führt nach Albanien, Stuttgarter Nachrichten Nr. 112, 1939-03-07, DTMB AEG 03288
- Maier-Stehle, Erich, Ein Werk des Teufels / Mit dem Mikrofon in Albanien, Deutsche Allgemeine Zeitung Nr. 287, 1939-06-17, DTMB AEG 03288
 - Hoerbinger, Felix (Bearb.), Katalog der Europäischen Volksmusik im Schallarchiv des Institutes für Musikforschung Regensburg, Regensburg 1952, S. 7 – 9
- ⁸⁶³ Rocco, Bettina, Das Hoerbinger-Archiv an der Universität Regensburg, o.D. (ca. 1996); URL: <http://www.rocco.de/einleitung/aufsH.htm> (2002-11-10)
- ⁸⁶⁴ Nußbaumer, Thomas, Alfred Quellmalz und seine Südtiroler Feldforschungen (1940-42); Bibliotheca Musicologica Universität Innsbruck / Studien Verlag Libreria Musicale Italiana, 2001; ISBN: 3-7065-1517-2, S. 14
- ⁸⁶⁵ Drexel, Kurt, Volksmusik in Südtirol, o.D. (ca. 1998), URL: http://www.boehlau.at/img/rez/98718_7.pdf (2002-11-10)
- ⁸⁶⁶ Nußbaumer, Thomas, Alfred Quellmalz und seine Südtiroler Feldforschungen (1940-42); Bibliotheca Musicologica Universität Innsbruck / Studien Verlag Libreria Musicale Italiana, 2001; ISBN: 3-7065-1517-2, S. 147, 140 und 172
- ⁸⁶⁷ Nußbaumer, Thomas (Hrsg.), Bäuerliche Volksmusik aus Südtirol, 1940 - 1942, StudienVerlag Innsbruck, Wien, Bozen, 2008: ISBN 978-3-7065-4612-6
- Nußbaumer, Thomas (Hrsg.): Volksmusik in den Alpen. Standortbestimmungen. Festschrift für Josef Sulz zum 80. Geburtstag. (= Schriften zur musikalischen Ethnologie: Bd. 1). Innsbruck: Wagner 2011, S.297-311.
 - Kofler, Franz; Deutsch, Walter: Volksmusik in Südtirol Tänze und Spielstücke aus der Tonbandsammlung Dr. Alfred Quellmalz 1940-42; Hg. vom Südtiroler Kulturinstitut (= CORPUS MUSICAE POPULARIS AUSTRIACAE, hg. v. Österreichischen Volksliedwerk, Bd. 10) Wien 1999; URL: <http://www.volksliedwerk.at/publikationen/compa/text/suedtirol/quellmalz.htm> (2002-11-10)
 - Wallaszkovits, Nadja: „Wie kommt der Ton auf die CD? Wickeln, Kleben, Bängen ... und digital Bearbeiten - dargestellt am Beispiel der Sammlung Quellmalz und ihrer Auswahl-Edition“
- ⁸⁶⁸ Rosário Pestana, Maria do; Alentejo: Vozes e Estéticas em 1939/40. Edição Crítica dos Registos Sonoros realizados por Armando Leça / The Alentejo: Voices and Aesthetics in 1939/40. A critical edition of Armando Leças sound recordings; 978-972-8644-45-1, 2014
- ⁸⁶⁹ Müller, Oswald, Das Volk erzählt sich / Die Sammlungen am Matthäikirchplatz, Berliner Lokalanzeiger Nr. 45, 1937-02-21, DTMB AEG 03288
- ⁸⁷⁰ Becker, Siegfried; Zur Geschichte und Perspektive der Erzählforschung, Zeitschrift für Volkskunde, 86. Jg. 1990, II. Halbjahresband, sowie persönliche Mitteilungen an den Verf.
- ⁸⁷¹ Wethlo, Franz, Lautforschung am Magnetophon. Archiv für vergleichende Phonetik Band 6, Heft II (1942), Sonderdruck, DTMB AEG 03289
- ⁸⁷² Schüller, Dietrich, Gutachten betreffend die Sammlung von historischen Tonträgern an der Universität Regensburg, 1987-02-03
- ⁸⁷³ Gerhart, Heinrich, Die Registrierung des Herzschalles, Springer-Berlin 1911, S. 42; <https://ia800300.us.archive.org/35/items/dieregistrierung00gerh/dieregistrierung00gerh.pdf> [2018]
- ⁸⁷⁴ Weber, Arthur, Atlas der Phonokardiographie, Optische und magnetische Niederschrift des Herzschalles, zugleich 2. Auflage der „Herzschallregistrierung“, Dietrich Steinkopf, Darmstadt 1956, Seiten XII und 10
- ⁸⁷⁵ *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- ⁸⁷⁶ Weber, Arthur, Atlas der Phonokardiographie, Optische und magnetische Niederschrift des Herzschalles, zugleich 2. Auflage der „Herzschallregistrierung“, Dietrich Steinkopf, Darmstadt 1956, Seiten XII und 10
- ⁸⁷⁷ N. N., Herzmikrofon und Magnetbandgerät, FUNKSCHAU 1954, Heft 21, S. 437
- ⁸⁷⁸ N.N., BOGEN Electronic GmbH, Geschichte (Auszug), <http://www.bogen-electronic.de/de/magnetkoepe/technik-101/geschichte-mk.html>, Zugriff [2017-09-10]
- ⁸⁷⁹ Matthias, Friedrich, Das Magnetophongerät auf der Funkausstellung 1935, 1935-09-04, BASF SE UA P 916.1 und P 912
- ⁸⁸⁰ Hinrichsen, Horst, Reichs-Autozug „Deutschland“ und Hilfszug „Bayern“, Podzun-Pallas Verlag Wölfersheim-Berstadt, 1998, ISBN 3-7909-06 47-6. Hier finden sich jedoch keine Informationen über Magnetophone.
- ⁸⁸¹ N. N., Ein kleines Gespräch über das Magnetophon, achtseitiger Vertriebsprospekt der AEG, Ausgabe Januar 1939
- ⁸⁸² Bei entsprechenden realen Schallereignissen – etwa einer größeren Anzahl gleichzeitig aktiver Sprecher - ist das Gehör in der Lage, Phasenunterschiede auszuwerten und so einzelne Schallquellen zu lokalisieren bzw. deren Informationen zu unterscheiden, z.B. Äußerungen einzelner Sprecher zu verfolgen. In monophonen Aufnahmen solcher Schallereignisse fehlen die Richtungsinformationen, so dass nur ein weitgehend unverständliches Sprecher- bzw. Sprachgemisch zu hören ist.
- ⁸⁸³ I.G. Berlin, Wirtschaftspolitische Abtlg., Brief an I.G. LU, Techn. Direktion; 1935-12-12, BASF SE UA P 911
- ⁸⁸⁴ Eine von unbekannter Seite bearbeitete Magnetband-Kopie (auf „Magnetophonband Typ C“, Fe₂O₃) dieser Rede erhielt F.E. 1990 vom Phonogrammarchiv der Österreichischen Akademie der Wissenschaften zur Überspielung (die Originalaufzeichnung müsste auf Fe₃O₄-Magnetophonband erfolgt sein).
- ⁸⁸⁵ N. N. (Deutsches Nachrichtenbüro), Bericht über das Attentat auf Hitler am 1938-11-08, Der Grenzbote, Heidenheim, 1938-11-11, URL: <http://www.georg-elsner-arbeitskreis.de/texts/opfer2.htm> [2008-01-15]
- ⁸⁸⁶ Himmler's October 4, 1943 Posen Speech; URL: <http://www.nizkor.org/hweb/people/h/himmler-heinrich/posen/oct-04-43/> (2002-11-12) / Himmler, Heinrich. Speech to SS-Gruppenführer at Posen, Poland, October 4th, 1943. U.S. National Archives document 242.256, reel 2 of 3 (offenbar Mikrofilme)
- ⁸⁸⁷ N. N., Wilhelm Rudolf Mann, https://en.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Rudolf_Mann (Zugriff 2019-06-20)
- ⁸⁸⁸ N. N., Ein kleines Gespräch über das Magnetophon, achtseitiger Vertriebsprospekt der AEG, Ausgabe Januar 1939
- ⁸⁸⁹ N. N., Olympia-Rundfunksendungen aus Helsinki, Wardein Nr. 725, 1939-06-26, DTMB AEG 03288
- N. N., Funkvorbereitungen für die Olympischen Spiele 1940, FUNK Nr. 12, 1939-06-15, DTMB AEG 03288
- ⁸⁹⁰ Korrespondenz zwischen Pekka Gronow, Archiv des Finnischen Rundfunks Helsinki, und F.E., März/ April 2003
- ⁸⁹¹ Quellmalz, Alfred, Schreiben an A.-B.-Radio-Tjänst, Stockholm, Kungsgatan, 1939-08-24
- ⁸⁹² Schepelmann, Hans (AEG), Schreiben an Quellmalz, Alfred, 1939-08-28
- ⁸⁹³ Sanfridsson, Arne, Inspelningsteknikens utveckling inom våra företag [Die Entwicklung der Aufzeichnungstechnik in unserem Unternehmen], http://www.rtpk.org/minnen/asaartikel_inspelning.htm [Zugriff 2017-10-16]
- ⁸⁹⁴ Kallio, Kari, Original Hitler-Band im Lahti-Radiomuseum gefunden, Radio-Kurier - weltweit hören, 21-22/2004, URL: www.addx.org/textarchiv/04-21-09.pdf [2007-05-24]
- ⁸⁹⁵ Moring, Kirsikka, Conversation secretly recorded in Finland helped German actor prepare for Hitler role, Helsingin Sanomat, 2004-09-15, URL: <http://www.hs.fi/english/article/Conversation+secretly+recorded+in+Finland+helped+German+actor+prepare+for+Hitler+role/107615399513> [2007-05-24]
- ⁸⁹⁶ N. N., Finland, URL: <http://stevenlehrer.com/finland.htm> [2007-05-24]
- N. N., Deutsches Rundfunkarchiv, Dokument des Monats Oktober 2004: Gespräch zwischen Adolf Hitler und Feldmarschall Carl Gustav Mannerheim am 4. Juni 1942, URL: <http://www.dra.de/online/dokument/2004/oktober.html> [2007-05-25]
- ⁸⁹⁷ Artikel „Hermann Schäfer“ in [https://de.wikipedia.org/wiki/Hermann_Sch%C3%A4fer_\(Propagandafunktion%C3%A4r\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Hermann_Sch%C3%A4fer_(Propagandafunktion%C3%A4r)) [2017-09-06]
- ⁸⁹⁸ Artikel „Wallberg“ in <https://de.wikipedia.org/wiki/Wallberg> [2017-09-06]
- ⁸⁹⁹ Epping-Jäger, Cornelia, Fehrmann, Gisela und Linz, Erika (Hg.), Spuren Lektüren. Praktiken des Symbolischen, Verlag Wilhelm Fink, 2005, ISBN-13: 978-3770538478
- ⁹⁰⁰ Siebecke, Horst (1921 - 2005), Fernsehreporter, Schriftsteller, Herausgeber zahlreicher Schallplatten zur Zeitgeschichte; https://de.wikipedia.org/wiki/Horst_Siebecke [2017-09-06]; Krummacher, F.A. (wohl Friedrich August), wissenschaftlich tätig (siehe etwa <http://docplayer.org/43851263-Zwischen-paria-existenz-und-juedischem-commonwealth.html>, [2017-09-06])
- ⁹⁰¹ Kotze, Hildegard von; Krausnick, Helmut; Krummacher, F.A.; „Es spricht der Führer“ / 7 exemplarische Hitler-Reden, Sigbert Mohn Verlag, Gütersloh, 1966, S. 369 ff.
- ⁹⁰² Leonhard, Joachim-Felix. „Hans-Joachim Weinbrenner (1910 - 1995)“. Rundfunk und Geschichte, 21.4 (1), S. 265 - 267
- ⁹⁰³ N. N., Volksgerichtshof-Prozesse zum 20. Juli 1944 / Transskripte von Tonbandfunden; Vorbemerkungen von Weinbrenner, Hans-Joachim, herausgegeben vom Lautarchiv des Deutschen Rundfunks, April 1961
- ⁹⁰⁴ Kotze, Hildegard von, Goebbels vor Offizieren im Juli 1943, Vierteljahresshefte für Zeitgeschichte, 19. Jg. 1971, Heft Nr. 1/1971, Seite 90, Institut für Zeitgeschichte München
- ⁹⁰⁵ Staatliches Bauamt München 1, Geschichte des Dienstgebäudes, http://www.stbam1.bayern.de/wir_ueber_uns/geschichte-dienstgebäude.php [2017-09-18]
- ⁹⁰⁶ N. N., Notiz zum Abschluss der Magnetophon GmbH zum 30. September 1943, 1943-09-30, BASF UA P 917 FK und AEG-Archiv (DTMB)

- ⁹⁰⁷ N. N. (Franke, Konrad, Magnetophon G.m.b.H.), Konto-Korrentauszug zur Bilanz per 30.9.1944, Anlage 5, o.D. (1944-09-30), AEG-Archiv (DTMB) 02243
- ⁹⁰⁸ Pflaumer, Karl, Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern, I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Farben-Gruppe, 1945-07-11
- ⁹⁰⁹ Schoenemann, Karl, Zusammenfassende Darstellung über die Entwicklung, den derzeitigen Stand und die Aussichten des Magnetophons, 1935-05-07; die Abbildung gehört als Anlage zu dem 29-Seiten-Bericht (CAD-Reproduktion von F.E.)

I.G. Farben: Magnetophonband 1935 bis 1939

- ⁹¹⁰ Matthias, Friedrich, Bericht über den Besuch bei AEG, Abtl. Magnetophon am 20.-22. Juni 1935, 1935-06-26, BASF SE UA P 911
- ⁹¹¹ Auswahl:
- Schoenemann, Karl, Voraussichtliche Gestehkosten der 2000 km Sprechband pro Monat, 1935-05-02 / Voraussichtliche Gestehkosten für 10.000 km Sprechband pro Monat, 1935-05-06, BASF SE UA P 916.1 und P 912
 - Schoenemann, Karl, Begleitbrief zum Vertragsentwurf mit AEG, 1935-07-26, BASF SE UA P 915
 - Wolfsleben, Georg, Ausführliche Kalkulation für Bandproduktionen zwischen 2.000 und 200 km bzw. 10.000 und 2.000 km pro Monat. 1935-08-07, BASF SE UA P 912
 - N.N., Voraussichtliche Gestehkosten für 8.000 km bzw. 4.000 Sprechband pro Monat; 1935-09-04, BASF SE UA P 911
- ⁹¹² Schoenemann, Karl, I.G. LU Direktion, Brief an Maschinenfabrik August Köbig <sic>, Dresden-Radebeul, Leipziger Straße, 1935-07-18, BASF SE UA P 911
- ⁹¹³ Westpfahl, Hans, in *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981 (Seite 2 der Umschrift)
- ⁹¹⁴ Schüller, Eduard, Das Magnetophon, in: Forschen und Schaffen. Beiträge der AEG zur Entwicklung der Elektrotechnik bis zum Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg, hrsg. von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, bearbeitet von Bruno Schweder, 3 Bde., Berlin 1965; Band 3, S. 428
- ⁹¹⁵ Bergmann, Friedrich, Besuchsbericht 21.08.1935 bei AEG KWO, 1935-09-03, BASF SE UA P 911
- ⁹¹⁶ • Gaus, Wilhelm, [Brief an] Dir. Dr. ter Meer, I.G. Farben, Frankfurt, 1935-08-06, BASF SE UA P 911 und P 912
- ter Meer, Fritz, I.G. Farben, Frankfurt. Brief an Dir. W. Gaus, Ludwigshafen, 1935-08-08, BASF SE UA P 911 und P 912
- ⁹¹⁷ Schoenemann, Karl, Entwurf: Verfahren zur Herstellung von Tonfilmen, 1935-07-19, BASF SE UA P 911. Schoenemann scheint diese Anmeldung stellvertretend für drei Miterfinder entworfen zu haben.
- ⁹¹⁸ Davon musste sich Schoenemann in Februar 1936 überzeugen, als ihm Telefunken Tonfilmprojektoren vorführte; die Wiedergabe des Spitzengeräts beurteilte er als „viel, viel besser als beim Magnetophon, viel besser als man selbst in guten Kinos zu hören bekommt ... man bekommt doch ein Gefühl, wo wir mit dem Magnetophon liegen, nämlich für Protokollmaschine usw. gut, aber für Musik noch viel zu schlecht.“ (Schoenemann, Karl, Handschriftliche Notiz „Vergleich Magnetophon gegen besten Tonfilm“, 1936-02-14, BASF SE UA P 911)
- ⁹¹⁹ Bildfilm 35 mm mit kino-üblichen 24 B/s; bei 25 B/s (wie in der deutschen Fernsehnorm vorgesehen) 47,5 cm/s
- ⁹²⁰ Stille, Curt, Elektromagnetische Aufzeichnung akustischer Zeichen, Kunst-Technik-Werk, 1929-04-27, S. 191 ff.
- ⁹²¹ Friedmann, Gaus, Matthias und Schoenemann, Verfahren zur Herstellung von Tonfilmen, Patentanmeldung I. 52 970 IX/57a, 1935-08-07, BASF SE UA
- ⁹²² Languépin, J. E., Improved Sound Records, britisches Patent GB 355,669, angemeldet 1930-05-23, in Frankreich 1929-07-24
- ⁹²³ Pfeumer, Fritz, Improvements in or relating to Sound Records, britisches Patent GB 333,154, angemeldet 1929-02-05, ausgegeben 1930-08-05
- ⁹²⁴ Gaus, Wilhelm, Einschreibebrief an AEG, GHR Bücher, S. 3 – 4, 1935-08-08, BASF SE UA P 911
- ⁹²⁵ Aus der Bandgeschwindigkeit 100 cm/s und der höchsten aufgezeichneten Frequenz 5.000 Hz ergibt sich als Wellenlänge 200 µm (0,2 mm).
- ⁹²⁶ Dies steht im Widerspruch zur der gegenteiligen Feststellung des Patents DE 678 086 (Friedmann, Paul und Matthias, Friedrich, Verfahren zur Herstellung von Magnetogrammträgern, angemeldet 1933-01-28, ausgegeben 1939-07-08).
- ⁹²⁷ • Gaus, Wilhelm (?), Herstellung von besonders feinkörnigem Carbonylisen, interner Brief an Drs. Meiser und Schlecht, Oppau, 1935-08-05 BASF SE UA P 911
- ders., Einschreibebrief an AEG, GHR Bücher, 1935-08-08, BASF SE UA P 911
- ⁹²⁸ Die flockenartige Substanz entstand beim Anfahren der Carbonyl-Betriebsöfen
- ⁹²⁹ Hfm.; Heinzel (?), Zur Frage der Gewinnung von Eisenpulverteilchen von 1 µ[m] Größe und darunter, 1935-08-15, BASF SE UA P 911
- ⁹³⁰ Hamprecht, Günther, Carbonylisenpulver P für Magnetophonband, Laboratoriumsbericht Nr. 1415, 1935-11-13, Stickstoffbücherei der BASF Aktiengesellschaft, S 40/II-A-1108(2)
- ⁹³¹ Hamprecht, Günther, Carbonylisenpulver P für Magnetophonband, Laboratoriumsbericht Nr. 1415, 1935-11-13, Stickstoffbücherei der BASF Aktiengesellschaft, S 40/II-A-1108(2)
- ⁹³² Matthias, Friedrich: Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation, 1940-04-19, BASF SE UA P 917
- ⁹³³ Weber, Walter (RRG Berlin), Eintrag im Dienstlichen Tagebuch für das Jahr 1940, 1940-04-17 – 04-19: „Untersuchungen am Magnetophon / großer Aktenvermerk“
- ⁹³⁴ Pflaumer, Karl, Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern, I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Farben-Gruppe, 1945-07-11
- ⁹³⁵ Kühne, N. N., und Johannsen, N.N., Anorg. Abt., Notiz an Schoenemann, 1935-10-04, BASF SE UA P 916.1
- ⁹³⁶ Kiesabbrände. ... Sie werden vornehmlich auf Eisen (Fe-Gehalt bis zu 63 % als Fe₂O₃), Au, AG. Co, Cd, In, Ti, Cu, Zn, Pb aufgearbeitet ... Quelle: Römpp, Chemie-Lexikon H-L, 1990
- ⁹³⁷ Hühn, Werner, Anorg. Abt., Notiz an Ing. Friedmann, 1935-10-08, BASF SE UA P 916.1
- ⁹³⁸ Hühn, Werner, Dr., geboren 1905-08-26, 1935-01-01 Eintritt in die Anorganische Abteilung der I.G. Ludwigshafen (Bau Lu 287), führte ab Oktober 1935 mehrere Versuchsreihen an Magnetmaterialien durch (Ferrite und Fe₃O₄). – Quelle: Adrema-Kartei UA BASF; Fernsprech-Verzeichnisse der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Werk Ludwigshafen 1934 und 1937, BASF SE UA C 1
- ⁹³⁹ Ferrite, eine Gruppe von oxidkeramischen Werkstoffen ... Die meist durch Sinterung der gemischten pulverisierten Oxid-Komponenten bei 1000 – 1450 °C herstellbaren Ferrite verfügen über gute magnetische Eigenschaften leicht ummagnetisierbare Weich-Ferrite in der Radio-, Fernseh-, Daten- und Nachrichtentechnik als Ferritantennen, Magnetontöpfe, magn. Verstärker, Ferritkerne für Kernspeicher eingesetzt werden (Römpp, Chemie-Lexikon)
- ⁹⁴⁰ Barium-Ferrit spielte etwa ab 1980 eine Rolle als höchst-koerzitives Material für spezielle Magnetbänder, z.B. die „Mirror-Master-Bänder“ für Video-Schnellkopieranlagen nach dem Sprinter-Prinzip (Kontakkopie mit Wechselfeldunterstützung). Hier muss das Masterband eine wesentlich höhere Koerzitivfeldstärke als das Kopiermaterial aufweisen.
- ⁹⁴¹ Lehrer, Erwin, Notiz „Über die magnetischen Eigenschaften von Pulvern für Magnetophonbänder“, 1935-10-07; BASF SE UA P 916.1
- ⁹⁴² N. N. (Lehrer, Erwin), interner Brief an Wilhelm Gaus betr. Oxydmagnete; Aktennotiz Wolfen vom 11.12.35, 1935-12-20, BASF SE UA P 916.1
- ⁹⁴³ Pfeumer, Fritz, Magnetogrammträger, Patent DE 649 408 (Fe₃O₄ genannt auf S. 2 Zeile 68), angemeldet 1933-09-09, ausgegeben 1937-08-23. Hierzu AEG 1950-05-01: „Dieses Patent ist von uns auf Grund des Elementenschutzes des Anspruchs 2, der sich auf die Verwendung eines aus einer Eisenverbindung hergestellten Pulvers bezieht, gegen die Bandfabriken mit Erfolg geltend gemacht worden.“
- ⁹⁴⁴ *Schüller-Sammlung, KSS 0669
- ⁹⁴⁵ • Haber, Fritz, Über die löslichen Alkalisalze des Eisenoxydes und der Eisensäure, Zeitschr. f. Elektrochemie 1900, Band 7, S. 215
- Kaufmann, A., Über den kathodischen Angriff des Eisens in Ammonnitratlösung und über ein neues Eisenoxyduloxyd, Zeitschr. f. Elektrochemie 1901, Nr. 51, S. 733 ff. – Die Arbeit enthält ausführliche Arbeitsanweisungen zur Herstellung von Fe₃O₄.
- ⁹⁴⁶ Ein „Verfahren zur Darstellung von fein verteiltem Eisen-3-oxyd“ des Erfinders Dr. Hans Dohse, Heidelberg, hatte I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft 1931 zum Patent angemeldet. Dieses „Eisen-3-oxyd in einer farbkräftigen roten Modifikation“ entsteht aus einer Umsetzung von „... Eisen-3-chlorid in Alkohol mit Ammoniak bei Anwesenheit geringer Mengen Wassers ...“. Dohse erwähnt auch ein an sich bekanntes Herstellverfahren für „tiefschwarzes Eisenoxyduloxyd“ (= Fe₃O₄), führt aber nichts über die magnetischen Eigenschaften der beiden Produkte aus.
- Dohse, Hans, Patent DE 584 646, Verfahren zur Darstellung von fein verteiltem Eisen-3-oxyd, angemeldet 1931-12-12
- ⁹⁴⁷ • *Thiele, Heinz: Schwarzenbeker Interview
- Schüller, Eduard, Elektromagnetisches Verfahren und elektromagnetische Vorrichtung zum Zählen oder Sortieren von Gegenständen aus nicht magnetisierbaren Werkstoffen, Patent DE 673 396, angemeldet 1936-06-20

- ⁹⁴⁸ Brill, Rudolf, geboren 1899-09-01 in Eschwege/Werra, nach Gymnasiumsbesuch in Berlin-Lichterfelde und Notabitur 1917 beim Heeres-Wetterdienst, bis 1923 Chemiestudium an der Universität Berlin. 1923-06-16 Eintritt in das Ammoniaklaboratorium der BASF; richtete im Physikalischen Laboratorium H Op 51 (als unmittelbarer Kollege von Friedrich Bergmann) unter Ernst Hochheim eine röntgenographische Forschungsstelle ein, die I.G. Farben zeitweise einen Vorsprung von drei bis vier Jahren gegenüber anderen Forschungszentren brachte. 1935-08-23 zusammen mit Karl Schoenemann Patent DE 712 457 „Magnetogrammmträger“, Ansprüche auf Fe_3O_4 und $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ als Magnetpigment. Danach Röntgenanalyse dieser Verbindungen. 1941 Professor an der TH Darmstadt, 1949 Professor für Experimental-Physik am Polytechnic Institute of Brooklyn, New York, USA. 1959 als Nachfolger von Max von Laue zum Direktor des Fritz-Haber-Institutes der Max-Planck-Gesellschaft berufen, seit 1969 im Ruhestand, 1979 Ehrenmitglied der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). – Quellen:
- Die BASF, unbekannte Ausgabe, Autorensseite, ca. 1969, Kopie in BASF SE UA Personenarchiv
 - Angewandte Chemie 1960-02-21. Band 8 Nr. 4, S. 51, Kopie in BASF SE UA Personenarchiv
 - Mittasch und Grimm, Geschichte des Ammoniak-Laboratoriums, Band 1 und 2 (Personenregister Band 1, Seite 2)
 - Hochheim, Ernst, Kurzer Tätigkeitsbericht 1933, BASF SE UA Personenarchiv
- ⁹⁴⁹ Zimmermann, Paul A., erwähnt auf S. 40 der Broschüre *Magnetbänder - Magnetpulver – Elektroden*, Schriftenreihe des Firmenarchivs der BASF Aktiengesellschaft, 1969, eine „aus dem I. G.-Werk Uerdingen stammende Betriebsvorschrift für die Herstellung eines Eisenoxid-Pigmentes“, die jedoch im BASF SE UA nicht auffindbar ist.
- ⁹⁵⁰ Brill, Rudolf, und Schoenemann, Karl, Magnetogrammmträger, Patent DE 712 457, angemeldet 1935-08-23, ausgegeben 1941-10-20
- ⁹⁵¹ Matthias, Friedrich, Notiz an Patentabteilung Ludwigshafen in Sachen Patentanmeldung O.Z. 9014 in der Tschechoslowakei, 1938-01-04, BASF SE UA P 912
- ⁹⁵² Neben dem späteren Patent DE 712 457 (1935-08-23) meldeten Schoenemann und Brill als Ergebnis dieser Untersuchung weiter an:
- Patent DE 692 611 (1935-09-19), Verfahren zur Herstellung von *paramagnetischen* Stoffen in fein zerteilter Form [... dadurch gekennzeichnet, dass man ...] das Reduktionsprodukt *mechanisch zerkleinert*.
- Auf letztere Formulierung stützt sich die Vermutung, dass das ohne Erfindernennung (übereinstimmend auf Patenterteilungsurkunde und Patentschrift selbst) erteilte
- Patent DE 660 101 (1935-09-08, ausgegeben 1938-05-17), Lautschriftträger, Speichermaterial aus spröde gemachtem und zerkleinertem paramagnetischen (!) Material; ebenfalls von Schoenemann und Brill stammt.
- ⁹⁵³ Schoenemann, Karl, Notiz Eisenoxyduloxyd (2FeO , $3\text{Fe}_2\text{O}_3$, also Fe_3O_{11}) für Magnetophon-Sprechband, Notiz für Matthias und Friedmann, 1935-09-18, BASF SE UA P 916.1
- ⁹⁵⁴ Fleischbein, N.N., Stickstoff-Abtlg., interner Brief an Matthias und Friedmann, 1935-09-23, BASF SE UA P 911 und P 916.1
- ⁹⁵⁵ N.N. (AEG FO), Aktennotiz über eine Besprechung am Freitag, den 13.09.1935, 1935-09-14; BASF SE UA P 911, Blatt-Nr. 49
- ⁹⁵⁶ Anhaltspunkt dafür sind 17 Blatt Skizzen und Berechnungen, darunter Teilchengrößen-Verteilung des Mahlguts in einer Retsch-Mühle sowie Arbeitsprinzip des „Pistills“ in der Reibeschale; 1935-10-04; BASF SE UA P 916.3
- ⁹⁵⁷ Gladhorn, Werner, Bericht vom Besuch in Ludwigshafen im Juli 1942, 1942-07-24, BA Wolfen Archiv-Nr. A 19 711: „Die Verteilung des Magnetits in der Walzmasse ist versucht worden, ist aber wegen des außerordentlich hohen Füllgrades (1 : 15 und mehr) nicht möglich.“ Da dieser Bericht auch Ludwigshafener Entwicklungs-Erfahrungen wiedergibt, ist hier unter „Magnetit“ Fe_3O_4 zu verstehen.
- ⁹⁵⁸ Firma F. Kurt Retsch, Düsseldorf; Prospekt „Die Retsch-Mühle übertrifft alle anderen Laboratoriumsmühlen“, doppelseitiger Prospekt und Produktzeichnung auf eigenem Blatt o.D. (1935?), BASF SE UA P 916.1
- ⁹⁵⁹ Zitat und Detailangaben aus
- Gladhorn, Werner, Bericht vom Besuch in Ludwigshafen im Juli 1942, 1942-07-24, Betriebsarchiv der Filmfabrik Wolfen, Archiv-Nr. A 19 711; weitere Details aus
 - Nissen, Hans-Friedrich (Filmfabrik Wolfen der I.G. Farben), Bericht: Besprechung betr. Herstellung von Magnetton-Filmen am 14. und 15. 7.1942 in Ludwigshafen, BA Wolfen A 19 711; Nr. 871, 1942-07-28
- ⁹⁶⁰ Matthias, Friedrich, Bericht über den Besuch der Herren Dir. Fischer, Dipl.-Ing. Patzschke, Dipl.-Ing. Schüler von der A.E.G. Abt. Magnetophon in Lu am 6 und 7.2.1936, 1936-02-13, BASF SE UA P 911 und P 912
- ⁹⁶¹ *Schüler-Sammlung, KSS 0668
- ⁹⁶² Matthias, Friedrich, interner Brief an Dr. Gaus betr. Magnetophon, 1936-07-10, BASF SE UA P 912
- ⁹⁶³ Gaus, Wilhelm, Brief an Geheimrat Bücher, Berlin, 1935-09-04, BASF SE UA P 912 und P 915
- ⁹⁶⁴ Laut Angaben in Matthias, Friedrich, Bericht über die Magnetophonbandversuchsfabrikation in der Zeit vom 1. bis 11. Oktober 1935, 1935-10-14, BASF SE UA P 911 war ab 1935-10-21 Dreischicht-Betrieb vorgesehen.
- ⁹⁶⁵ I.G. LU Direktion Schoenemann, [Brief an] Maschinenfabrik August Köbig <sic>, Dresden-Radebeul, Leipziger Straße, 1935-07-18, BASF SE UA P 911
- ⁹⁶⁶ N.N. (AEG FO), Aktennotiz über eine Besprechung am Freitag, den 13.09.1935, 1935-09-14; BASF SE UA P 911, Blatt-Nr. 49
- ⁹⁶⁷ Artikel „Radebeuler Maschinenfabrik August Koebig“, http://de.wikipedia.org/wiki/Radebeuler_Maschinenfabrik_August_Koebig [2008-02-29]
- ⁹⁶⁸ Actien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation in Berlin [AGFA], Verfahren zum Begießen von Filmbändern, Patent DE 134 963, angemeldet 1901-05-15
- ⁹⁶⁹ Anzeige der Fa. Koebig, in: Photographische Rundschau und Mitteilungen, 1934, S. 861
- ⁹⁷⁰ Robl, Rudolf, Ansprache anlässlich der Familienfeier „25 Jahre Magnetophonband“, 1959-11-26, Umschrift
- ⁹⁷¹ vergl. die folgenden Koebig-Patente:
- Bartsch, Wilhelm (Radebeuler Maschinenfabrik August Koebig & Co), Maschine zum zwei- oder mehrfachen Auftragen von Schichten auf endlose Papier- oder Filmbahnen, Patent DE 714 133, angemeldet 1938-09-10
 - ders., Die Anwendung an sich bekannter Spiraltrockner, Patent DE 743 129, 1942-01-22
- ⁹⁷² Pers. Mitteilung von Hartmut Thiele, München, 1998-11-04. Das Patent aus dem Jahr 1910 konnte bisher nicht identifiziert werden.
- ⁹⁷³ Meyer, K., Dokumentation 31: Geschichte der Magnetbandfabrikation in der Filmfabrik 1943 - 1963 vom 17. 10. 1963; Wissenschaftliche Bücherei der Filmfabrik Wolfen
- ⁹⁷⁴ Finger, Ehrhard, Die Geschichte des Magnetbandes und die Filmfabrik Wolfen, Seite 22 (Giessmaschine K, 1949); Industrie- und Filmmuseum Wolfen e.v., Die Filmfabrik Wolfen, Aus der Geschichte, Heft 6, 2002-05-01
- ⁹⁷⁵ Hammar, Peter, Interview mit Wilhelm Godel, aufgezeichnet in Ludwigshafen etwa 1981
- ⁹⁷⁶ N.N., Nachruf für Wilhelm Bartsch, Film-Fernsehen-Kinotechnik 5/1963, nicht paginierte Seite
- ⁹⁷⁷ Die Beschreibung der Betriebs-Gießmaschine ist aus folgenden Berichten zusammengestellt:
- Matthias, Friedrich: Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation, 1940-04-19, BASF SE UA P 917
 - ders., Notiz Magnetophon, A.) Schwierigkeiten beim Anfahren der Gießmaschine, B.) Gegenmaßnahmen, 1936-06-22, BASF SE UA P 912
 - ders., Aktennotiz über die Besprechung bei der A.E.G. am 28.11.1936 / Erfahrungen mit dem Magnetophon-Gerät, 1936-12-09, BASF SE UA P 912
 - Eggert, John, Aktennotiz über meinen Besuch in Ludwigshafen am 3.2.38 betr. Magnetophonbandherstellung, 1938-02-03, Betriebsarchiv der Filmfabrik Wolfen, BA A 19711 Nr. 687
 - Gladhorn, Werner, Bericht vom Besuch in Ludwigshafen im Juli 1942, 1942-07-24, Betriebsarchiv der Filmfabrik Wolfen, Archiv-Nr. A 19 711
 - Nissen, Hans-Friedrich (Filmfabrik Wolfen der I.G. Farben), Bericht: Besprechung betr. Herstellung von Magnetton-Filmen am 14. und 15. 7.1942 in Ludwigshafen, BA Wolfen A 19 711; Nr. 871, 1942-07-28
- ⁹⁷⁸ Maschinenfabrik Koebig, Radebeul, Telegramm an I.G. LU, Techn. Dir., Schoenemann, 1935-11-27, BASF SE UA P 911 und P 912
- ⁹⁷⁹ Gaus, Wilhelm, Brief an AEG Berlin, GHR Bücher, 1936-03-17, BASF SE UA P 911
- ⁹⁸⁰ Wolfsleben, Karl (Matthias, Friedrich), interner Brief an Dir. Dr. Mehner, 1936-07-01, BASF SE UA P 912
- ⁹⁸¹ N. N., Azofarben-Abteilung (Matthias, Friedrich?), Notiz Magnetophonband-Fabrikation für Dr. Gaus, 1936-07-06, BASF SE UA P 912
- ⁹⁸² Friedmann, Paul und Matthias, Friedrich, Ueber den derzeitigen Stand der Magnetband-Versuchsfabrikation, 1935-10-14, BASF SE UA P 917 und D 022/5
- ⁹⁸³ Lübeck, Heinz: Die Grundlagen des Magnetophon-Verfahrens: AEG-Mitteilungen, Nr. 9, (1938, Sept.) S. 453-459
- ⁹⁸⁴ BASF Unternehmensarchiv / Bildarchiv, Bilder 39691/6 und 39644
- ⁹⁸⁵ Brock, G. C., Agfa Film Factory - Wolfen, CIOS Target No. 9/133, CIOS File No. XXX-15, n.d. (ca. 1945)

- ⁹⁸⁶ I.G. LU, Abtl. Azofarben, Programm Nr. Lu 54 055 A Magnetophon-Fabr.einrichtung, BASF SE UA P 912
- ⁹⁸⁷ Matthias, Friedrich: Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation, 1940-04-19, BASF SE UA P 917
- ⁹⁸⁸ Schießler, Hans, Brief an Mr. Jack Franz (c/o Rangertone, Newark, NJ), 1957-06-28, Smlg Stephen Temmer
- ⁹⁸⁹ Böhner, Georg, Zusammenhänge zwischen Herstellungsbedingungen und Messergebnissen des Magnetophonbandes (Bänder 780 – 960), Seite 4; 1942-07-25, BASF SE UA P 916.1 – Aus der Auswertung der hier genannten Produktionsdaten ist zu folgern, dass der „bandgesteuerte Gießler“ etwa im Mai 1942 („Band 868“) eingebaut wurde.
- ⁹⁹⁰ Berge, Paul, Azofarben-Abt., interner Brief an Dir. Mehner, 1937-03-10, BASF SE UA P 912
- ⁹⁹¹ Matthias, Friedrich, Brief an Göbel Aktiengesellschaft, Darmstadt, 1936-08-27, BASF SE UA P 912
- ⁹⁹² N. N., Anlagenabrechnung / Versicherung der BASF Lu, Brief an Rechtsabteilung, 1947-03-28, BASF SE UA B4 / 1530
- ⁹⁹³ Azofarben-Abt. (Matthias, Friedrich?), Notiz an I.G. LU (ohne nähere Bezeichnung), Versuchsanlage zur Herstellung von Tonträgern für das Magnetophongerät (Mehrkosten), 1936-07-01, BASF SE UA P 912
- ⁹⁹⁴ N. N., Azofarben-Abteilung (Matthias, Friedrich?), Notiz für Dr. Gaus, Magnetophonband-Fabrikation, 1936-07-06, BASF SE UA P 912
- ⁹⁹⁵ • I.G. LU, Abtl. Azofarben, Programm Nr. Lu 54 055 A Magnetophon-Fabr.einrichtung, BASF SE UA P 912
• Azofarben-Abt. (Matthias, Friedrich?), Notiz an I.G. LU (ohne nähere Bezeichnung), Versuchsanlage zur Herstellung von Tonträgern für das Magnetophongerät (Mehrkosten), 1936-07-01, BASF SE UA P 912
- ⁹⁹⁶ Wolfsleben, Karl (i.e. Matthias, Friedrich), interner Brief an Dir. Dr. Mehner, 1936-07-01, BASF SE UA P 912
- ⁹⁹⁷ *Krummeck, Peter, Werdegang, S. 79 und R 3 01, S. 76 – 90
- ⁹⁹⁸ Matthias, Friedrich: Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation, 1940-04-19, BASF SE UA P 917
- ⁹⁹⁹ Ferrosulfat ist identisch mit Eisensulfat bzw. Eisen(II)-sulfat und Eisenvitriol, FeSO₄ (Quelle: Römpp Band 2 9. Auflage 1990, S. 1098 und 1100)
- ¹⁰⁰⁰ Brill, Rudolf, und Schoenemann, Karl, Magnetogrammträger, Patent DE 712 457, angemeldet 1935-08-23, ausgegeben 1941-10-20
- ¹⁰⁰¹ „Nutschen gehören zu den ältesten Filterapparaten und werden dort eingesetzt, wo hohe Feststoffanteile aus kleinen Flüssigkeitsmengen abgeschieden werden müssen und die Rückstände (Filterkuchen) stichfest gewonnen werden sollen. Die heute allgemein bekannteste und überall eingesetzte Ausführung ist der Kaffeefilter. Ausgehend von diesem Prinzip entwickelten sich nach und nach weitere Konstruktionen u.a. wie : ... Rührwerksnutschen werden als Druck- oder Vakuumnutschen, mit oder ohne Heizmantel ausgebildet. Der Nutschenboden kann abgesenkt werden, um die Filtermittel außerhalb der Nutsche zu wechseln. Die Rührorgane werden zum Aufschlämmen und Austragen eingesetzt, das Rührwerk selbst kann höhenverstellbar zentrisch angeordnet werden.“ – URL: <http://www.graef.at/Nutsch~1.htm> (2002-09-05)
- ¹⁰⁰² Azofarben-Abteilung, Anlage 2 zu einer Beschaffungs-Begründung vom 1936-07-01, BASF SE UA P 912
- ¹⁰⁰³ Zitat und Detailangaben aus
• Gladhorn, Werner, Bericht vom Besuch in Ludwigshafen im Juli 1942, 1942-07-24, Betriebsarchiv der Filmfabrik Wolfen, Archiv-Nr. A 19 711; weitere Details aus
• Nissen, Hans-Friedrich (Filmfabrik Wolfen der I.G. Farben), Bericht: Besprechung betr. Herstellung von Magnetton-Filmen am 14. und 15. 7.1942 in Ludwigshafen, BA Wolfen A 19 711; Nr. 871, 1942-07-28
- ¹⁰⁰⁴ Matthias, Friedrich, interner Brief an Dr. Holzach [Das Magnetophon auf der Funkausstellung 1936], 1936-09-07, BASF SE UA P 912
- ¹⁰⁰⁵ Wolfsleben, Georg, Notiz an Dir. Dr. Mehner „Magnetophonbandfabrik – Stilllegung“, 1936-10-07 BASF SE UA P 912
- ¹⁰⁰⁶ Hch, I.G. LU, Azofarben-Abt., I.G.-interner Brief an Direktor Dr. Struss, Tea-Büro, Ffm, 1938-03-31, BASF SE UA P 912
- ¹⁰⁰⁷ Matthias, Friedrich: Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation, 1940-04-19, BASF SE UA P 917
- ¹⁰⁰⁸ Struss, N. N., TEA-Büro Frankfurt, Anlage (zur Tagesordnung der Tea-Sitzung am 1939-05-31 in Leverkusen), „Ausgaben für Versuche auf den Neuen Gebieten“, Blatt 3, 1939-05-20, BASF SE UA C 30/2. Danach betrugen die Ausgaben für „Magnetophonband-Fabr.-Versuche“ 1936 RM 73.000, 1937 RM 44.000 und 1938 RM 21.000, d.h., 28 % des Betrages von 1936.
- ¹⁰⁰⁹ • Lübeck, Heinz (AEG Berlin) und Matthias, Friedrich, Aktennotiz Magnetophon, 1937-06-07, BASF SE UA P 912
• Matthias, Friedrich, Aktennotiz über die Besprechung am 5.8.1937 betr. Magnetophonsprechbänder, 1937-08-09, BASF SE UA P 912
- ¹⁰¹⁰ Matthias, Friedrich (?), Niederschrift der Besprechung über die notwendigen Arbeiten für die Entwicklung des Magnetophonbands am 28.1.1937 in Ludwigshafen, 1937-01-29, BASF SE UA P 912
- ¹⁰¹¹ Matthias, Friedrich, Aktennotiz [Wickeldurchmesser], 1937-05-21, BASF SE UA P 912
- ¹⁰¹² Lübeck, Heinz (AEG Berlin) und Matthias, Friedrich, Aktennotiz Magnetophon, 1937-06-07, BASF SE UA P 912
- ¹⁰¹³ Matthias, Friedrich, Aktennotiz über die Besprechung am 5.8.1937 betr. Magnetophonsprechbänder, 1937-08-09, BASF SE UA P 912
- ¹⁰¹⁴ Berge, Paul, interner Brief an Farbenlager Transportbetrieb Deltaminfabrik, 1937-03-20, BASF SE UA P 912
- ¹⁰¹⁵ Wenn Lösungsmittel zu schnell verdunsten, also „explodieren“, reißen sie Krater in die Bandoberfläche, deren Ränder den engen Kontakt zwischen Band und Magnetkopf unterbrechen und so Störungen verursachen (vergl. Orr, J. Herbert, Concept of a New Magnetic Recording Medium, J. Audio Eng. Soc. July 1957, Volume 5, Number 3, p. 127 ff.)
- ¹⁰¹⁶ Lübeck, Heinz: Die Grundlagen des Magnetophon-Verfahrens; AEG- Mitteilungen, Nr. 9, 1938-09, S. 453-459
- ¹⁰¹⁷ Berge, Azofarben-Abt., interner Brief an Dir. Mehner, 1937-03-10, BASF SE UA P 912
- ¹⁰¹⁸ Matthias, Friedrich, Aktennotiz über die Besprechung am 5.8.1937 betr. Magnetophonsprechbänder, 1937-08-09, BASF SE UA P 912
- ¹⁰¹⁹ Matthias, Friedrich, Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation, 1940-04-19, BASF SE UA P 917
- ¹⁰²⁰ Matthias, Friedrich, Verfahren zur Herstellung von Lautschriftträgern [Schleifende Nachbehandlung des Magnetbandes], Patent DE 700 696, angemeldet 1938-06-23
- ¹⁰²¹ Matthias, Friedrich, Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation, 1940-04-19, BASF SE UA P 917
- ¹⁰²² Lübeck, Heinz (AEG Berlin) und Matthias, Friedrich, Aktennotiz Magnetophon, 1937-06-07, BASF SE UA P 912
- ¹⁰²³ Schoenemann, Karl, Aktennotiz; Besprechung zwischen Herrn Dir. Dr. Gaus und Herrn Geheimrat Bücher/AEG am 13. Oktober 1936 in Berlin, 1936-10-13, BASF SE UA P 912 und P 915 ;
- ¹⁰²⁴ Matthias, Friedrich, Aktennotiz über die Besprechung am 27.5.1938 betr. Magnetophon, 1938-05-28, BASF SE UA P 912
- ¹⁰²⁵ Matthias, Friedrich, Brief an die AEG Berlin, 1936-05-27, BASF SE UA P 912
- ¹⁰²⁶ Lübeck, Heinz (AEG Berlin), Brief an Friedrich Matthias, 1938-06-13, BASF SE UA P 912
- ¹⁰²⁷ Moderne Untersuchungen bestätigten, dass Magnetschichten aus Gemischen von $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ und Fe_3O_4 dazu neigen, „induced anisotropies“ zu entwickeln, das heißt, ihre magnetischen Eigenschaften ändern sich irreversibel in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit, die Bänder lassen sich nicht einwandfrei löschen (memory effect). Ob die Produktionsbedingungen 1936 – 1939 überhaupt dazu führen konnten, dass $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ und Fe_3O_4 -Gemische entstehen konnten, vor allem, welchen Einfluss Gleichfeld- bzw. Hochfrequenz-Vormagnetisierung haben, ist darin nicht untersucht worden. Die Erklärungs-Hypothese greift zu diffizilen atomaren Zusammenhängen, doch die Beschreibungen gleichen sich: „the recorded magnetization pattern is „frozen“ into the recording medium and cannot be erased even with the highest DC field or in a bulk eraser.“ - Quelle: Salmon, O.N., R. E. Fayling, G.E. Gurr, and V.H. Halling, „Thermodynamics of Post-Erasure Signale Effects in $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ Magnetic Recording Tapes“, IEEE Trans. Magn., MAG-15, 1315 (1979); zitiert in: Köster, Eberhard und Arnoldussen, Thomas C., Recording Media, in: C. Denis Mee, Eric C. Daniel (Hg), Magnetic Recording, Volume I: Technology, McGraw-Hill Inc., 1987, S. 170
- ¹⁰²⁸ Jarczyk, F.C., Der gegenwärtige Stand der Magnettonband-Technik, Funk-Technik 1953 Nr. 17, 1953-09-01
- ¹⁰²⁹ Koehn, Otto (AEG), Brief an Otto Ambros, I.G. Farben Ludwigshafen, 1938-12-01, BASF SE UA P 912 [5502]
- ¹⁰³⁰ Pratje, NN., handschriftliche Anmerkung zur Notiz von Matthias und Friedmann, „Kurze Übersicht über Anfänge und Entwicklung der Magnetophonbandfabrikation“, 1941-07-17, BASF SE UA P 914 und P 916.1
- ¹⁰³¹ Matthias, Friedrich, Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation, 1940-04-19, BASF SE UA P 917
- ¹⁰³² N. N. (BASF Lu, Patentabteilung), Aktenvermerk: Magnetophonband BASF; Armour Research ... contra Grundig, 1956-06-19, BASF SE UA B4 / 1691
- ¹⁰³³ N. N. (Schoenemann, Karl), Magnetophon-Arbeitsprogramm, Besprechungs-Protokoll; 1935-10-04, BASF SE UA P 911, P 912 und P 916.1, Punkt 9, Patentbearbeitung

- ¹⁰³⁴ Nissen, Hans-Friedrich (Filmfabrik Wolfen), Bericht vom Besuch bei der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft vom 3.5.1939, 1939-05-05, BA Wolfen A 19 711; Nr. 766
- ¹⁰³⁵ Matthias, Friedrich, Brief an AEG Treptow, Magnetophon, 1939-05-10, BASF SE UA P 912
- ¹⁰³⁶ N. N., Die Azofarben-Abteilung Ludwigshafen a. Rh. in den Jahren 1938 und 1939, BASF SE UA J 1201, S. 28
- ¹⁰³⁷ Pflaumer, Karl, Brief an AEG, Dr. Heyne, Berlin, 1942-03-06, DTMB AEG 03218
- ¹⁰³⁸ N. N., Die Alizarin-Abteilung in den Jahren 1948-1950 (o.D.), BASF SE UA J 1201/02, S. 105
- ¹⁰³⁹ I.G. LU, Technische Abteilung (TA), „Beschreibung“ [der Magnetophonband-Produktion], 1942-06-01, BASF SE UA A 865/61 #13
- ¹⁰⁴⁰ N. N., Anlagenabrechnung / Versicherung der BASF Lu, Brief an Rechtsabteilung, 1947-03-28, BASF SE UA B4 / 1530
- ¹⁰⁴¹ N.N.; AEG, Das AEG-Magnetophon-Gerät Modell K 4, Smlg Westpfahl, 1939-09-06
- ¹⁰⁴² Friedmann, Paul, Notiz Besuch des Herrn Dr. Schepelmann am 1. und 2. September 1942, 1942-09-03, BASF SE UA P 917
- ¹⁰⁴³ Matthias, Friedrich, Bericht über den Besuch der Herren Dir. Fischer, Dipl.-Ing. Patzschke, Dipl.-Ing. Schüller von der A.E.G. Abt. Magnetophon in Lu am 6 und 7.2.1936, 1936-02-13, BASF SE UA P 911 und P 912
- ¹⁰⁴⁴ Matthias, Friedrich, Bericht über den Besuch der Herren Dir. Fischer, Dipl.-Ing. Patzschke, Dipl.-Ing. Schüller von der A.E.G. Abt. Magnetophon in Lu am 6 und 7.2.1936, 1936-02-13, BASF SE UA P 911 und P 912
- ¹⁰⁴⁵ Nicht zu verwechseln mit Dr. Walter Weber von der RRG, der schon im Juli 1944 gestorben war. Der Vorname des Waldmichelbacher Webers konnte nicht ermittelt werden (2003-03-31)
- ¹⁰⁴⁶ *Krummeck, Peter, Werdegang, Seite 80, Juli 1949. Zur Datierung vergleiche auch N. N. (Friedmann, Paul?), Gesamtkosten für die schalldichte Zelle, handschriftliche Notiz, 1935-10-10, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁰⁴⁷ N. N., AEG Treptow, Magnetophon; Aktennotiz über die Vereinbarung anlässlich des Besuchs des Herrn Dr. Matthias am 30. November 1936 in der Fabrik Drontheimerstr., 1936-12-07, BASF SE UA P 912
- ¹⁰⁴⁸ Schoenemann, Karl, Aktennotiz; Besprechung zwischen Herrn Dir. Dr. Gaus und Herrn Geheimrat Bücher/AEG am 13. Oktober 1936 in Berlin, 1936-10-13, BASF SE UA P 912 und P 915
- ¹⁰⁴⁹ Cohesan, ein Produkt der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Werke Chemische Fabriken vorm. Weiler-ter Meer, Uerdingen-Niederrhein. Es diente – in mehreren Einstellungen – als Klebe- und Reparaturmittel („Kitt“) für Leder, und zwar sowohl in der Schuhindustrie als auch im (Reparatur-)Handwerk. (lt. einer nicht dotierten Broschüre, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv Signatur Q 506/2, ca. 1930)
- ¹⁰⁵⁰ Matthias, Friedrich, [Brief an] AEG, Apparatefabrik Treptow, 1936-12-21, BASF SE UA P 912
- ¹⁰⁵¹ • Lübeck, Heinz (AEG Berlin) und Matthias, Friedrich, Aktennotiz Magnetophon, 1937-06-07, BASF SE UA P 912
• Matthias, Friedrich, Aktennotiz über die Besprechung am 5.8.1937 betr. Magnetophonsprechbänder, 1937-08-09, BASF SE UA P 912
- ¹⁰⁵² Wolfsleben, Karl (Matthias, Friedrich), interner Brief an Dir. Dr. Mehner, 1936-07-01, BASF SE UA P 912
- ¹⁰⁵³ Matthias, Friedrich, Aktennotiz über die Besprechung am 27.5.1938 betr. Magnetophon, 1938-05-28, BASF SE UA P 912
- ¹⁰⁵⁴ Pflaumer, Karl, I.G. Farben Ludwigshafen, Brief an AEG, Dr. Heyne, Berlin, 1942-03-06, DTMB AEG 03218. – In einem zum Aktenvermerk abgestuften Briefentwurf vom 1942-04-14 bezeichnet Hans Schepelmann die Charge 368 als „besseres Mittelwertband“, es habe bereits Besseres gegeben [1942-04-14, AEG-Archiv (DTMB) 03218]
- ¹⁰⁵⁵ Friedmann, Paul, Besprechung mit Dr. Vinzelberg, AEG, am 20./21.8.42, 1942-09-01, BASF SE UA P 917

AEG-Erfolgsmodell Magnetophon K 4 (1939)

- ¹⁰⁵⁶ Schoenemann, Karl, Aktennotiz: Besprechung zwischen Herrn Dir. Dr. Gaus und Geheimrat Bücher AEG am 19. Oktober 1937 in Berlin über die Aussichten des Magnetophon-Gebietes und über die Weiterführung unserer Sprachbandarbeiten, 1937-10-19, BASF SE UA P 912 [5502]
- ¹⁰⁵⁷ v. Braunnühl, Brief an Walter Weber, Smlg J. Weber, 1941-07-17
- ¹⁰⁵⁸ Schepelmann, Hans, Aktennotiz: Besprechung mit I.G. Farbenindustrie wegen Magnetophon-Geschäft am 19.10.1937, 10 Uhr vorm, FKU, 1937-10-20, BASF UA P 912 [5502]
- ¹⁰⁵⁹ Archiv Emissora Nacional de Radiodifusão (Portugal), Beschreibung Magnetophon K 4, Blatt 14, 1937-12-11/ SC Smlg Engel (AEG_K4_Portugal.PDF)
- ¹⁰⁶⁰ Schepelmann, Hans, Brief an I.G. Ludwigshafen, Techn. Dir., Dr. Schoenemann, 1937-12-15, BASF UA P 912 [5502]
- ¹⁰⁶¹ Schoenemann, Karl, Brief an AEG Berlin, Dr. Schoenemann, 1937-12-13, BASF UA P 912 [5502]
- ¹⁰⁶² Braunnühl, Hans-Joachim von, Der heutige Stand der Schallaufnahmetechnik und ihre Anwendung beim deutschen Rundfunk, Akust. Zeitschr. 3 (1938), S. 250 (Sept. 1938)
- ¹⁰⁶³ Schoenemann, Karl, Aktennotiz: Besprechung zwischen Herrn Dir. Dr. Gaus und Geheimrat Bücher AEG am 19. Oktober 1937 in Berlin über die Aussichten des Magnetophon-Gebietes und über die Weiterführung unserer Sprachbandarbeiten, 1937-10-19, BASF SE UA P 912 [5502]
- ¹⁰⁶⁴ N. N., Bewahrter Klang, Sieben Tage, Nr. 5, 5. Rundfunk-Woche, 8. Jahr, 1. Februar 1938; DTMB AEG 03288
- ¹⁰⁶⁵ N.N. (Abt. Magnetophon), Neue Magnetophongeräte, AEG-Mitteilungen, Nr. 3, März 1938, S. 190-191
- ¹⁰⁶⁶ Herrkind, O. P., Die Schallaufzeichnungsverfahren des Deutschen Rundfunks, FUNKSCHAU, 11. Jg. Nr. 14, 1938-04-03
- ¹⁰⁶⁷ N. N. (AEG Berlin), Das AEG-Magnetophon Modell K 4, Sammlung Quellmalz (Regensburg), o.D.
- ¹⁰⁶⁸ Schaltungsunterlagen und Abbildungen zum Magnetophon K 4 Nr. 1260(Radio Portugal)
- ¹⁰⁶⁹ Müller-Ernesti, Rolf (AEG), Schallaufzeichnung mit dem Magnetophon, Funktechnischer Vorwärts 8 (1938), H. 21, S. 641-648
- ¹⁰⁷⁰ N. N., Neues für Schallplattenaufnahme und –wiedergabe / Bericht von der Leipziger Frühjahrsmesse, Das Rundfunk-Gerät, Pössneck, Heft 8, 22. April 1939, S. 11 und 12, DTMB AEG 03288
- ¹⁰⁷¹ N. N., Die AEG an der grossen deutschen Rundfunkausstellung Berlin vom 28. Juli bis 6. August 1939, Elektrizitätsverwertung 1939/40, No. 5, S. 104; Verlags- u. Wirtschaftsge-sellschaft der Elektrizitätswerke, Zürich - DTMB AEG 03288
- ¹⁰⁷² N. N., Neues für Schallplattenaufnahme und –wiedergabe / Bericht von der Leipziger Frühjahrsmesse, Das Rundfunk-Gerät, Pössneck, Heft 8, 22. April 1939, S. 11 und 12, DTMB AEG 03288
- ¹⁰⁷³ N. N. (RRG), Koffermagnetophon R 24 (AEG-Bezeichnung K 4), Braunbuch-Beschreibung, 1941-11-01
- ¹⁰⁷⁴ Matthias, Friedrich, Brief an AEG Magnetophon, 1939-06-29, BASF UA („... baten wir um Überlassung von 2 Spezialverstärkern für das neue K. 4 - Gerät.“)
- ¹⁰⁷⁵ Nußbaumer, Thomas, Alfred Quellmalz und seine Südtiroler Feldforschungen (1940-42); Bibliotheca Musicologica Universität Innsbruck / Studien Verlag Libreria Musicale Italiana, 2001; ISBN: 3-7065-1517-2, Seite 51. Zum Vergleich gibt der Autor an, dass die monatlichen Bezüge des qualifizierten Musikwissenschaftlers Alfred Quellmalz seinerzeit etwa RM 650 betrugen.
- ¹⁰⁷⁶ N. N. (AEG), Das AEG-MAGNETOPHON K 4, Produktbeschreibung, ohne Datum; Quellmalz-Dokumente im Hoerbuerger-Archiv der Universität Regensburg
- ¹⁰⁷⁷ N. N., AEG Magnetophon, Rechnung MV Nr. 1, an das Staatliche Institut für Deutsche Musikforschung, 1940-01-04, Quellmalz-Dokumente im Hoerbuerger-Archiv der Universität Regensburg
- ¹⁰⁷⁸ N. N., Olympia-Rundfunksendungen aus Helsinki, Wardein Nr. 725, 1939-06-26, DTMB AEG 03288
N. N., Funkvorbereitungen für die Olympischen Spiele 1940, FUNK Nr. 12, 1939-06-15, DTMB AEG 03288
- ¹⁰⁷⁹ Korrespondenz zwischen Pekka Gronow, Archiv des Finnischen Rundfunks Helsinki, und F.E., März/ April 2003
- ¹⁰⁸⁰ Quellmalz, Alfred, Schreiben an die Reichsstelle für Eisen und Stahl, 2 Seiten, 1939-09-29; Quellmalz-Dokumente im Hoerbuerger-Archiv der Universität Regensburg
- ¹⁰⁸¹ • Schüller, Eduard und König, N. N., Gliederung, Leistung, Entwicklungen, Fertigungsprogramme der Magnetophonfabrik, Aufstellung in Briefform, 1945-05-30, KSS 0536
• Westpfahl, Hans und Schüller, Eduard, handschriftliche Tabellen zur Entwicklung der Magnetophon-Geräte (mit Ergänzungen und Korrekturen), ohne Datum (ca. 1965)
- ¹⁰⁸² N. N. (Menard, James Z.?), German Sound Recording, Technical Liaison Division, Headquarters, Theater Service Forces, European Theater, PB-3565, SIG INTEL SRM-1, pp. 13 - 15
- ¹⁰⁸³ Müller-Ernesti, Rolf (AEG), Schallaufzeichnung mit dem Magnetophon, Funktechnischer Vorwärts 8 (1938), H. 21, S. 641-648

- 1084 Barrett, A.E.; und Tweed, C. J. F.: Some Aspects of Magnetic Recording and Its Application To Broadcasting, Jour. Instr. electr. Engrs. 82 (1938), p. 265-288, March
- 1085 Vermeulen, Roelof, Das Philips-Miller-System zur Tonaufzeichnung, Akustische Zeitschrift, 3. Jahrgang, 2. Heft (März 1938), pp. 65 - 73, 1938-03-01; Schießler, Hans, Vergleich der Schallaufzeichnungsverfahren, ETZ 1952 Nr. 11 S. 366, pp. 366 - 371
- 1086 • Vermeulen, Roelof, Das Philips-Miller-System zur Tonaufzeichnung, Akustische Zeitschrift, 3. Jahrgang, 2. Heft (März 1938), pp. 65 - 73, 1938-03-01
• Schießler, Hans, Vergleich der Schallaufzeichnungsverfahren, ETZ 1952 Nr. 11 S. 366, pp. 366 - 371
- 1087 Heinz Lübeck spricht in seinem Patent DE 733 924 „Verfahren zum Ändern der Lautstärken bei magnetischen Schallaufzeichnungen, insbesondere zum allmählichen Ein- oder Ausblenden von Schallaufzeichnungen auf Magnetogrammmträgern“ (angemeldet 1941-05-01) sogar von „außerordentlich starke[n] nichtlineare[n] Verzerrungen“, also einer massiven Verschlechterung, doch könnte hier die Absicht hereinspielen, den Neuheitswert seines Patents zu unterstreichen.
- 1088 Schüller, Eduard, Einrichtung zum Entmagnetisieren des Lös- und/oder Sprechkopfes, Patent DE 673 134, angemeldet 1937-02-19, ausgegeben 1939-03-16
- 1089 Müller-Ernesti, Rolf (AEG), Schallaufzeichnung mit dem Magnetophon, Funktechnischer Vorwärts 8 (1938), H. 21, S. 641-648
- 1090 Schüller, Eduard, Magnetisierungskopf für Längsmagnetisierung von Magnetogrammmträgern, Patent DE 660 377, angemeldet 1933-12-24
- 1091 • N. N., Neues für Schallplattenaufnahme und -wiedergabe / Bericht von der Leipziger Frühjahrsmesse, Das Rundfunk-Gerät, Pössneck, Heft 8, 22. April 1939, S. 11 und 12, DTMB AEG 03288
• Müller-Ernesti, Rolf, Das Magnetophon, FTM Heft 5 / 1939, S. 151 bis 154, 1939-05-01, DTMB AEG 033549

Magnetbandgeräte bei Behörden und Wehrmacht

- 1092 Glasmeier, Heinrich, Die Reichs-Rundfunk-G.m.b.H., in: Weinbrenner, Hans-Joachim (Hg.), Handbuch des Deutschen Rundfunks 1938, Kurt Vowinkel Verlag Heidelberg-Berlin 1938
- 1093 Matthias, Friedrich, Das Magnetophongerät auf der Funkausstellung 1935, 1935-09-04, BASF SE UA P 916.1 und P 912 [5502]
- 1094 Horstmann, I.G. Berlin, Notiz: Besprechung über Magnetophon bei der AEG, 1941-06-10, BASF SE UA P 914
- 1095 Rohwer, Jürgen: Die Nachrichtentechnik und der Angriff auf Pearl Harbor; Militärgeschichtliche Zeitschrift, Band 4 Heft 2, S. 158; <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1524/mgzs.1968.4.2.158/html>
- 1096 Pers. Auskunft von Dr. Günter Fetzer, Bundesarchiv-Militärarchiv Freiburg, am 2001-02-12. Siehe auch N. N., Allgemeine Informationen zu den Streitkräften 1919 – 1945, URL: <http://www.bundesarchiv.de/bestaende.php?BestID=701>
- 1097 Trenkle, Fritz, Die deutschen Funknachrichtenanlagen bis 1945, Band 2 „Der zweite Weltkrieg“, Hüthig Buch Verlag Heidelberg 1990, S. 175 – 178
- 1098 N. N. (AEG, Direktion; Patzschke, Willi?), Brief an I.G. LU, Direktor Gaus, 1935-09-02, BASF SE UA
- 1099 Matthias, Friedrich, internes Schreiben [Das Magnetophon auf der Funkausstellung 1936], 1936-09-07, BASF SE UA P 912 [5502]
- 1100 Schoenemann, Karl, Aktennotiz: Besprechung zwischen Herrn Dir. Dr. Gaus und Geheimrat Bücher AEG am 19. Oktober 1937 in Berlin über die Aussichten des Magnetophon-Gebietes und über die Weiterführung unserer Sprachbandarbeiten, 1937-10-19, BASF SE UA P 912 [5502]
- 1101 Schepelmann, Hans, Aktennotiz: Besprechung mit I.G. Farbenindustrie wegen Magnetophon-Geschäft am 19.10.1937, 10 Uhr vorm, FKU, 1937-10-20, BASF SE UA P 912 [5502]
- 1102 N. N. (AEG), Merkblatt zur Bedienung des Magnetophon-Einkoffer-Geräts Modell RE 2 vom 1. Mai 1938, 1938-05-01
- 1103 *Schüller-Sammlung, KSS 1159
- 1104 Kam, Ludwig, „Der Funkaufklärungsdienst des Deutschen Heeres 1914 bis 1945, organisatorisch und technisch gesehen“, begrenzte Veröffentlichung im „Fernmeldering e. V.“, Bonn, 1950
- 1105 Fetzer, Günter (Bearb.), Findbuch Bundesarchiv-Militärarchiv für den Bestand RH8 I, Teil 1, Freiburg i. Br. 1996, Seiten LXII und LXIX
- 1106 Grabau, Rudolf, Tonaufzeichnungsgeräte in der Funkaufklärung der Bundeswehr, Funkgeschichte 27 (2004) Nr. 154
- 1107 Kam, Ludwig, Der Funkaufklärungsdienst des Deutschen Heeres 1914 bis 1945, organisatorisch und technisch gesehen, begrenzte Veröffentlichung im „Fernmeldering e. V.“, Bonn, 1950
- 1108 • Wedel, Hasso von, Die Propaganda-Truppen, Kurt Vowinkel Verlag, Neckargemünd 1962, DRA-Signatur 337
• Zöller, Alexander, Excerpts from the Goebbels Diaries, URL: <http://uw3.de/research/02.htm> [2006-11-21]
- 1109 Wurdack, Jörg, Propagandatruppen des Heeres, Oktober 2003, URL: <http://www.rktraeger.de/Gliederungen/Propaganda/Propaganda-R.htm> [2006-11-21]
- 1110 Kam, Ludwig, „Der Funkaufklärungsdienst des Deutschen Heeres 1914 bis 1945, organisatorisch und technisch gesehen“, begrenzte Veröffentlichung im „Fernmeldering e. V.“, Bonn, 1950
- 1111 Gellermann, Günther W., „... und lauschten für Hitler / Geheime Reichssache: Die Abhörzentren des Dritten Reiches“, Bernhard & Graefe Verlag, Bonn 1991; **im Folgenden: *Gellermann, „... und lauschten für Hitler“**; hier: Seite 4 des Schutzumschlags
- 1112 *Gellermann, „... und lauschten für Hitler“, Seite 154 ff.
- 1113 *Gellermann, „... und lauschten für Hitler“
- 1114 Irving, David, Das Reich hört mit; 1989 bei Arndt-Verlag, Kiel, ISBN 3-88741-135-8
- 1115 Kam, Ludwig, Der Funkaufklärungsdienst des Deutschen Heeres 1914 bis 1945, organisatorisch und technisch gesehen, begrenzte Veröffentlichung im „Fernmeldering e. V.“, Bonn, 1950
- 1116 *Gellermann, „... und lauschten für Hitler“. Der Autor nennt als Quelle das Kriegstagebuch des OKW von 1943-07-29
- 1117 Höhne, Heinz, Der Krieg im Dunkeln, Macht und Einfluß der deutschen und russischen Geheimdienste, C. Bertelsmann 1985; ISBN 3-570-05667-8, S. 282
- 1118 *Gellermann, „... und lauschten für Hitler“
- 1119 *Gellermann, „... und lauschten für Hitler“, S. 57
- 1120 Lewin, Ronald, Entschied ULTRA den Krieg?, Alliierte Funkaufklärung im 2. Weltkrieg, Hg. Jürgen Rohwer, Wehr und Wissen Koblenz/Bonn 1981; ISBN 3-8033-0314-1, Seite 26 f., S. 230 (Anmerkung), S. 233
- Fisher, Robert C., The Return of the Wolf Packs: The Battle for Convoy ON 113, 23-31 July 1942, 1996; URL: <http://www.familyheritage.ca/Articles/returnofwolfpacks.html> [2006-09-15]
- Lanaki, N. N., Classical Cryptography Course, Lecture 9: German Reduction Ciphers, March 10, 1996, Revision 1, URL: <http://www.fortunecity.com/skyscraper/coding/379/lesson9.htm> [2006-09-15]
- 1121 Buchheit, Gert, Der deutsche Geheimdienst – Geschichte der militärischen Abwehr, Verlag Paul List, München 1966, S. 348 f.
- 1122 Buchheit, Gert, Der deutsche Geheimdienst – Geschichte der militärischen Abwehr, Verlag Paul List, München 1966, S. 121
- 1123 • Schramm, Wilhelm v., Geheimdienst im Zweiten Weltkrieg – Organisationen Methoden Erfolge; LangenMüller München Wien 1974/1987⁵
• Höhne, Heinz, Kennwort Direktor – Die Geschichte der Roten Kapelle, Fischer Taschenbuch Dezember 1972, S. 256. Höhne nennt als Quelle „Nemo, John, Das rote Netz. Ohne Datum. Archiv des >SPIEGEL<“
- 1124 Dallin, David J., Soviet Espionage, New Haven 1955, zitiert in: Kittler, Friedrich: „Grammophon Film Typewriter“, Brinkmann & Bose Berlin 1986
- 1125 Schreieder, Joseph, Das war das Englandspiel, Walter Stutz Verlag, München 1950, S. 225
- 1126 Piekalkiewicz, Janusz, Weltgeschichte der Spionage, Komet Verlag, 1993, Zusammenfassung in: Otto, Hans-Dieter, Lexikon fataler Fehlentscheidungen im Zweiten Weltkrieg, F.A. Herbig, München 2005/2006, Seiten 128 - 135
- 1127 • Knauff, Wolfgang, Wollte Pius XII. nach Amerika ins Exil?; Katholische KirchenZeitung Nr. 11/00 vom 12. März 2000; URL: http://www.gemeinden-in-berlin.de/public/html/rubriken/kirchenzeitung/jahr2000/11/00_piusamerika.html (2002-11-13)
• Facius, Friedrich; Booms, Hans; Boberach, Heinz, Das Bundesarchiv und seine Bestände, Boppard 1977, S. 69
• Bayerisches Staatsministerium der Justiz; Rechtsprechung des Sondergerichts Bayreuth; Abhören von Feindsendern; URL: <http://www.justiz.bayern.de/ag->

- bayreuth/aufsatz/sonderger/sonderger4.html (2002-11-13)
- Über die Reibereien, die zur Unterstellung des „Seehaus“ sowohl zum AA wie zum RMVP führten, siehe Gellermann, Günther W.: „... und lauschten für Hitler / Geheime Reichssache: Die Abhörzentren des Dritten Reiches“; S. 78 ff.; Bernhard & Graefe Verlag, Bonn 1991
- 1128 Gellermann, Günther W.: „... und lauschten für Hitler / Geheime Reichssache: Die Abhörzentren des Dritten Reiches“; Bernhard & Graefe Verlag, Bonn 1991, S. 79
- 1129 Dass „Text.“ als Abkürzung für „Textophon“ steht, zeigt ein weiteres Dokument, in dem von zehn reichsdeutschen und drei ausländischen „Textophonistinnen“ die Rede ist. – Quelle: Schnabel, Reimund, Mißbrauchte Mikrofone, Deutsche Rundfunkpropaganda im Zweiten Weltkrieg, Europa Verlag Wien, 1967, Dokumente 104 (S. 248 ff.) und 107 (S. 254).
- 1130 Deutsches Rundfunkarchiv Frankfurt (DRA); URL: <http://www.dra.de/dok/1200.htm> (2002-11-13)
- 1131 Lee, Bartholomew, Radio Spies – Episodes in the Ether War, www.trft.org/TRFTPix/spies9eR2006.pdf [2007-09-13]
- 1132 Grabau, Rudolf, Tonaufzeichnungsgeräte in der Funkaufklärung der Bundeswehr, Funkgeschichte 27 (2004) Nr. 154
- 1133 Höhne, Heinz, Der Krieg im Dunkeln, C. Bertelsmann, München 1985, S. 447; als Quelle dort genannt: Kahn, David, The Codebreakers, New York 1967
- 1134 Half, Heinrich, Leserbrief „Ben Akiba und die Unterhaltungselektronik“, FUNKSCHAU 1971, Heft 16, S. 1084
- 1135 Kam, Ludwig, Der Funkaufklärungsdienst des Deutschen Heeres 1914 bis 1945, organisatorisch und technisch gesehen, begrenzte Veröffentlichung im „Fernmeldering e. V.“, Bonn, 1950
- 1136 Johnson, Brian, The Secret War, veröffentlicht von BBC 1978, in deutscher Sprache als Buch erschienen unter dem Titel „Streng Geheim“, ISBN 3-89350-818-X
- 1137 Höhne, Heinz, Der Krieg im Dunkeln, C. Bertelsmann, München 1985, S. 447; als Quelle dort genannt: Hinsley, F.H. et al., British Intelligence in the Second World War, Bd. II, S. 58, London 1979 – 1984

Magnetophone im Tornister: Typen und Technik

- 1138 Schepelmann, Hans, Aktennotiz: Besprechung mit I.G. Farbenindustrie wegen Magnetophon-Geschäft am 19.10.1937, 10 Uhr vorm, FKU, 1937-10-20, BASF SE UA P 912. In dieser Notiz wird „ein Gerät mit regelbarer Bandgeschwindigkeit“ erwähnt, worunter wohl RE 2 zu verstehen ist; die Bedeutung eines ebenfalls genannten „Chiffriergerät[s] für militärische Zwecke“ konnte nicht geklärt werden.
- 1139 • AEG, Merkblatt zur Bedienung des Magnetophon-Einkoffer-Geräts Modell RE 2 vom 1. Mai 1938, AEG-Archiv (Smlg Heinz Thiele)
- N. N., Heeresnachrichtenschule Gruppe „FU“ Halle/Saale, Magnetophon (AEG) RE 2. – Betriebsanweisung, 1939-06-07, Smlg. Klaus Dieter
- 1140 Schießer, Hans, Brief an Mr. Jack Franz (c/o Rangertone, Newark, NJ), 1957-06-28, Smlg Stephen Temmer
- 1141 N.N. (AEG ?), Verzeichnis der derzeitigen und geplanten Magnetophon-Typen, 1942-02-26, AEG-Archiv (Smlg Thiele)
- 1142 N.N. (AEG ?), Verzeichnis der derzeitigen und geplanten Magnetophon-Typen, 1942-02-26, AEG-Archiv (Smlg Thiele)
- 1143 *Thiele, Heinz: Schwarzenbeker Interview 1981
- 1144 Bruch, Walter: Von der Tonwalze zur Bildplatte, Ein Jahrhundert Ton- und Bildspeicherung, 2. Teil: Tonbandaufzeichnung; Sonderdruck der FUNKSCHAU, Franzis-Verlag München 1983
- 1145 Thiele, Heinz: Magnetton-Geräte bei der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft und deren Vorgeschichte; FERNSEH- UND KINO-TECHNIK - 41. Jahrgang - Nr. 9/1987, S. 412 ff
- 1146 Trenkle, Fritz, Die deutschen Funknachrichtenanlagen bis 1945, Bd. 2: „Der zweite Weltkrieg“. Hühig Buchverlag GmbH, Heidelberg, 1990
- 1147 Kerkhof, N. N., Stand der Entwicklung und Fertigung der Funkaufklärungsgeräte von 1944 (entnommen aus dem Jahresbericht 1944 Hwa/Prüf 7/IVc), begrenzte Veröffentlichung der Fernmeldedienststelle der Streitkräfte, 1957
- 1148 N.N. (AEG ?), Verzeichnis der derzeitigen und geplanten Magnetophon-Typen, 1942-02-26, AEG-Archiv
- 1149 Schüller, Patent DE 721 198
- 1150 N. N., Lehrschrift der Funkhortechnik, Lehrschrift des Funkhorchreferats Wa Prüf 7 IV C während des Zweiten Weltkriegs. Unveränderter Nachdruck des Bundesministers für Verteidigung, Juni 1957
- 1151 N. N., Lehrschrift der Funkhortechnik, Lehrschrift des Funkhorchreferats Wa Prüf 7 IV C während des Zweiten Weltkriegs. Unveränderter Nachdruck des Bundesministers für Verteidigung, Juni 1957
- 1152 Kam, Ludwig, Der Funkaufklärungsdienst des Deutschen Heeres 1914 bis 1945, organisatorisch und technisch gesehen, begrenzte Veröffentlichung im „Fernmeldering e. V.“, Bonn, 1950
- 1153 *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981, Beitrag Hans Schießer
- 1154 Zum Vergleich: der I.G. Farben-Elektroingenieur Paul Friedmann hatte 1940 (nach 20 Dienstjahren) ein Jahreseinkommen von RM 10.200
- 1155 Kerkhof, N. N. (OKH, Amtsgruppe für Entwicklung und Prüfung) Vorläufige technische Liefer- und Abnahmebedingungen für den Tonschreiber „d“ (Ton.S. d) vom Dezember 1941, ohne genaues Datum, Typoskript, 7 Seiten DIN A4
- 1156 Untermann, Eduard, Filmspule, Patent DE 714 053, angemeldet 1939-08-19 - dieses Datum ist der älteste eindeutige Hinweis auf die Tonschreiber-Entwicklung.
- 1157 Sachsenmaier, Anton, Spule für Streifen oder Bänder, insbesondere für Filmbänder; Patent DE 732 592, angemeldet 1940-01-24
- 1158 Untermann, Eduard, Schachtelartiger Filmspulenbehälter, Patent DE 728 149, angemeldet 1940-06-18, ausgegeben 1942-11-20
- 1159 Schüller, Eduard, Einseitig berührender Löschkopf für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung (Löschkopf für Gleichstrommagnetisierung), Patent DE 698 140, angemeldet 1936-03-04, ausgegeben 1940-11-02
- 1160 Schüller, Eduard, Vorrichtung zur Kenntlichmachung des Ablaufes eines Federtriebwerkes, Patent DE 726 723, angemeldet 1940-06-27, ausgegeben 1942-10-19
- 1161 Holzamer, Karl, Die „Berichterhe“ - Rundfunkbericht und Rundfunkingenieur im Kampfeinsatz der Luftwaffe, Reichsrundfunk, 17. Heft 1942/1943, S. 330 – 332, 1942-11-15
- 1162 • Khoun, Ernst von, Rundfunkberichte von der Front, Welt-Rundfunk, Internationale Zeitschrift für Rundfunk und Fernsehen, 6. Jg. 1942, September/Oktober 1942, S. 217 ... 221; DRA – • zu Schuseil, Alfred, siehe auch www.br-online.de/br-intern/geschichte/pdf/RV_Findbuch_gesamt.pdf
- 1163 *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981, Beitrag Hans Schießer
- 1164 N. N., Stancil Corporation History, URL: <http://www.stancilcorp.com/history.html> [2005-06-13], mit Bild Tonschreiber c / Wiedergabe
- 1165 Smith, Oberlin: Some Possible Forms of Phonograph, The Electrical World, 1888-09-08, p. 116 - 117
- 1166 Thiele, Heinz: Magnetton-Geräte bei der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft und deren Vorgeschichte; FERNSEH- UND KINO-TECHNIK - 41. Jahrgang - Nr. 9/1987, S. 412 ff.
- 1167 N. N., OKH, Heereswaffenamt; Merkblatt zur Bedienung des Tonschreibers d, 1943-07-01, Smlg Klaus Dieter
- 1168 Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01, p. 15
- 1169 Heck, August, Der Rundfunkingenieur im Fronteinsatz bei der Kriegsmarine, Weltundfunk, 7. Jg. 1943, Oktober/Dezember 1943, Heft 6, DRA - „Die Publikation „Welt-Rundfunk“ mit dem Untertitel „Zeitschrift für Rundfunk und Fernsehen“ erschien zunächst als Beilage der „Zeitschrift für Geopolitik“ und konnte sich bis 1944 in einer Auflage von rund 1000 Exemplaren halten.“ – Quelle: Lu Seegers: Hör zu! Eduard Rhein und die Rundfunkprogrammzeitschriften, (1931-1965), Potsdam 2001. S. 151-232, Verlag: Verlag für Berlin-Brandenburg, S. 46; URL: www.mediaculture-online.de/fileadmin/bibliothek/seegers/hoerzu/seegers/hoerzu.pdf [2007-03-01]
- 1170 • Po/Ro, (NWDR), Zentraltechnik Tonträgerlabor, Erläuterungen zur Einmessung des HF-Dora-Gerätes, 1948-01-28, DRA
- Go/... [Gondesen, Karl-Erik?], Zentraltechnik Tonträgerlabor, Untersuchung eines Gleichstrom-Magnetofons Type R 23a im Vergleich zu einem auf Hochfrequenz umgerüsteten Magnetofon B-R23b, 1948-04-26, DRA
 - Fi/FI, (NWDR), Zentraltechnik Tonträgerlabor, Beschreibung zum Umbau des Dora-Magnetofons R 23a auf HF-Betrieb (R 23b), DRA
- 1171 • Spulendurchmesser lt. Nachmessung von Klaus Dieter, 2002-12-25
- Bandlänge lt. Marquardt, AEG, in einer Notiz zu Verfahren und Ergebnisse von Magnetophonband-Prüfungen, 1946-08-17, AEG-Archiv
- 1172 N. N., OKH, Heeres-Waffenamt; Merkblatt zur Bedienung des Tonschreibers d, 1943-07-01, Smlg Klaus Dieter
- 1173 • N. N., AEG (?), Verzeichnis der derzeitigen und geplanten Magnetophon-Typen, dreiseitige tabellarische Aufstellung, datiert „d. 26.2.1942.“
- N. N. (Braunbuch der RRG), Tornister-Magnetofon R 23a, 1944-11-01

ZEITSCHICHTEN: MAGNETBANDTECHNIK

Vierte Ausgabe: 2020 – Seite 707

NACHSPANN
Endnotenverzeichnis

- ¹¹⁷⁴ *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981, Beitrag Hans Schießler
- ¹¹⁷⁵ Dieter, Klaus, pers. Mitteilung an den Verf. (2004-10-27)
- ¹¹⁷⁶ Schüller, Eduard, Hörfopf zum Abtasten von Magnetogrammen mit gegenüber der Aufnahmegeschwindigkeit veränderter Wiedergabegeschwindigkeit, Patent DE 721 198, angemeldet 1938-08-27; Auslandspatentierungen: US 2352023 (Sound Reproducer, angemeldet 1939-08-23), FR 859432, CH 214653, NL 57170; Im folgenden **Schüller, DE 721 198**
- ¹¹⁷⁷ Gabrilovitch, Leonide, Method and Device for Reducing and Increasing Audio Frequencies, Patent US 2,170,751, angemeldet 1937-03-06, ausgegeben 1939-08-22
- ¹¹⁷⁸ • N. N., "Bedienungsanweisung für Tonschreiber b", ohne weitere Angaben, wahrscheinlich Anweisung der Wehrmacht für die Truppe, o.D.
 • N. N., "Tonschreiber b", Originalschaltplan der AEG, durch handschriftliche Ergänzungen kommentiert und ergänzt
 • N. N. (Raynor, C. Kenneth?), German Magnetic Tape Recorder Tonschreiber Models b and b1, Enemy Equipment Intelligence Service; PB 1027, 1944-12-21, Library of Congress, Washington D.C. – Dieser Bericht geht noch von Geräten aus, die vor Ende der Kampfhandlungen vorgefundenen wurden. Da zu diesem Zeitpunkt noch viele Informationen selbst erarbeitet werden mussten, haben die Verfasser z. B. noch nicht erkannt, welchen Zweck der Dehnkopf hatte. Auch ein Schaltplan lag nicht vor, so wurde dieser zusammen mit der Bestückungsliste sorgfältig am Gerät abgenommen. Der erarbeitete Plan stimmt zwar mit dem Originalschaltplan der AEG überein, ist jedoch schwerer zu lesen, weil die Verfasser den Plan weniger nach den Funktionen des Gerätes als vielmehr nach dessen Aufbau gezeichnet haben. Dadurch wird die Leitungsführung, die immer über die Gerätestecker läuft, unübersichtlicher.
- ¹¹⁷⁹ Schüller, Patent DE 721 198
- ¹¹⁸⁰ N. N., Bedienungsanweisung für Tonschreiber b; ohne weitere Angaben, wahrscheinlich Anweisung der Wehrmacht für die Truppe, o.D.
- ¹¹⁸¹ German Recording Equipment „Tonschreiber b“, Dokument aus unbekannter Quelle, URL: Stichting Centrum voor Duitse Verbindingen en aanverwante Technologieën, Post war report on the German Tonschreiber b, http://www.xs4all.nl/~aobauer/tonschreiber_b.htm [2007-02-03]
- ¹¹⁸² • N. N. (Menard, James Z.), German Sound Recording, Technical Liaison Division, Headquarters, Theater Service Forces, European Theater, PB-3565, SIG INTEL SRM-1, p. 25 ... 27
 • Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01, p. 13 ... 15
- ¹¹⁸³ N. N., AEG (?), Verzeichnis der derzeitigen und geplanten Magnetophon-Typen, dreiseitige tabellarische Aufstellung, datiert „d. 26.2.1942.“
- ¹¹⁸⁴ N. N., Bedienungsanweisung für Tonschreiber b; ohne weitere Angaben, wahrscheinlich Anweisung der Wehrmacht für die Truppe, o.D.
- ¹¹⁸⁵ Lehrschrift der Funkhorchtechnik, Lehrschrift des Funkhorchreferats Wa Prüf 7 IV C während des Zweiten Weltkriegs. Unveränderter Nachdruck des Bundesministers für Verteidigung, Juni 1957
- ¹¹⁸⁶ N. N. (AEG oder Heeres-Waffenamt?), Bedienungsanweisung für Tonschreiber b, o.D. (1942?), Smlg Klaus Dieter
- ¹¹⁸⁷ N. N. (AEG oder Heeres-Waffenamt?), Bedienungsanweisung für Tonschreiber b, o.D. (1942?), Smlg Klaus Dieter
- ¹¹⁸⁸ Trenkle, Fritz, Die deutschen Funknachrichtenanlagen bis 1945, Band 2 „Der zweite Weltkrieg“, Hüthig Buch Verlag Heidelberg 1990, S. 175 – 178
- ¹¹⁸⁹ Trenkle, Fritz, Die deutschen Funkführungsverfahren bis 1945, Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1987, ISBN 3-7785-1647-7
- ¹¹⁹⁰ Felkin, S. D., Radio and RADAR Equipment in the Luftwaffe, A.D.I. (K)-Bericht, 1945
- ¹¹⁹¹ Trenkle, Fritz, Die deutschen Funkstörverfahren bis 1945, AEG Telefunken AG, Abt. Verlag, 1982, ISBN 3-87087-131-8
- ¹¹⁹² Burkowicz, Peter (im Gespräch mit Friedrich Engel, Gerhard Kuper, Frank Bell, Joachim Polzer): Lebensbilanz: 80 Jahre Klängaufzeichnung, Polzer Media Group, 2012, 978-934535-30-5
- ¹¹⁹³ Pauly, Alexander, Solang der alte Pe... / 25 Jahre Bayerischer Rundfunk, Richard Pflaum Verlag München, o.D. (1949), Seite 95
- ¹¹⁹⁴ Korrespondenz zwischen Richard L. Hess, Aurora, Ontario, Canada und F.E., April - Juni 2006 anlässlich der Überspielung einiger Bänder auf Tonschreiber b-Spulen aus dem Besitz von Heinrich Kluth, heute im Bestand der Stanford University, Stanford, CA 94305
- ¹¹⁹⁵ Morawska-Büngeler, Marietta: Schwingende Elektronen. Eine Dokumentation über das Studio für Elektronische Musik des Westdeutschen Rundfunks in Köln 1951-1986, Köln: Tonger 1988.
- ¹¹⁹⁶ Ohling, Gertrud und Schaaf, Winfried, Erkennen worauf es ankommt / Wir schreiben Technikgeschichte, AEG Electrocom Konstanz (Hrsg.), Stadler Verlagsgesellschaft Konstanz 1994, Seite 63
- ¹¹⁹⁷ vergl. Dipl.-Ing. Springer, Praktische Einzelfragen bei Magnetofoneinsatz, in: Kurzberichte über die ... im Haus des Rundfunks im Januar 1943 gehaltenen Vorträge (I), Umdruck, Berlin 1943
- ¹¹⁹⁸ Springer, Anton M., Ein akustischer Zeitregler für Schallaufnahmen, ETZ B 1956 Nr. 03 S. 93, 1956-03-21; ders., Ein akustischer Tempo- und Tonlagenregler für Studios, Kino-Technik, 11. Jhg., Heft 2, Seite 48-49
- ¹¹⁹⁹ W.S., Internationale Ela-Ausstellung Paris 1969, Funk-Technik 1969 Nr. 10, Seite 391 f., 1969-05-15
- ¹²⁰⁰ hof. (Hofmann, Ulla?), Die BASF engagiert sich stärker in der Elektronik, FAZ, 1970-04-25, BASF UA P 909.4
- ¹²⁰¹ Thiele, Heinz; Geschichtliche Entwicklung der Magnetfilm-Laufwerke, Fernseh- und Kineteknik 39 Jhg. Nr. 6/1985, S. 299 - 304
- ¹²⁰² N. N. (AEG ?), Verzeichnis der derzeitigen und geplanten Magnetophon-Typen, 1942-02-26, AEG-Archiv
- ¹²⁰³ N. N., Magnetophon G.m.b.H., Quartalsbericht der Magnetophon G.m.b.H. (1. Okt. 1942 – 31. Dez. 1942), 1943-02-01, BASF SE UA P 915 [Magnetophon 6.19]
- ¹²⁰⁴ Damalige URL: <http://www.rolaa.de/sehensw/radio/bilder/tonband/tonsch.htm> (2003)
- ¹²⁰⁵ Nissen, Hans-Friedrich, Bericht über einen Besuch bei der Magnetophon GmbH, Berlin, NW 7, Karlstraße 39, am 12.11.1943, BA Wolfen A 19 711; Nr. 900
- ¹²⁰⁶ N. N. (Franke, Konrad, Magnetophon G.m.b.H.), Konto-Korrentauszug zur Bilanz per 30.9.1944, Anlage 5, o.D. (1944-09-30), AEG-Archiv (DTMB) 02243
- ¹²⁰⁷ N. N. (AEG ?), Verzeichnis der derzeitigen und geplanten Magnetophon-Typen, 1942-02-26, AEG-Archiv
- ¹²⁰⁸ N. N. (Franke, Konrad, Magnetophon G.m.b.H.), Konto-Korrentauszug zur Bilanz per 30.9.1944, Anlage 5, o.D. (1944-09-30), AEG-Archiv (DTMB) 02243
- ¹²⁰⁹ Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01
- ¹²¹⁰ • N. N., Beschreibung der Magnetophon-Zwillings-Apparatur RPF K 4 spez. (engl. Titel: RPF K4 Special twin magnetophone equipment), o.D. (ca. 1943), 13 Seiten Text plus 10 Seiten Abbildungen, Library of Congress, Washington D.C., Herkunft vermutlich Deutsche Reichspost, auf vorhandener Fotokopie nicht mehr lesbar, in amerikanischen Archiven als PB-85359 geführt
 • N. N. (Menard, James Z.), German Sound Recording, Technical Liaison Division, Headquarters, Theater Service Forces, European Theater, PB-3565, SIG INTEL SRM-1, pp. 13 - 15
- ¹²¹¹ *Gellermann, „... und lauschten für Hitler“. – Was den Hersteller betrifft, irrt Gellermann hier allerdings; Telefunken übernahm erst 1954 das Magnetophongeschäft von der AEG.
- ¹²¹² N. N., Beschreibung der Magnetophon-Zwillings-Apparatur RPF K 4 spez. (engl. Titel: RPF K4 Special twin magnetophone equipment), o.D. (ca. 1943), 13 Seiten Text plus 10 Seiten Abbildungen, Library of Congress, Washington D.C.
- ¹²¹³ Grabau, Rudolf, Tonaufzeichnungsgeräte in der Funkaufklärung der Bundeswehr, Funkgeschichte 27 (2004, GFGF), Seiten 74 – 78; URL: <http://www.radiomuseum.org/forum/tonaufzeichnungsgeraete-fernmeldeaufklue-der-bundeswehr.html> [2006-03-05]

Kurioses, Sackgassen, Rätsel

- ¹²¹⁴ Schüller, Eduard, Antriebsvorrichtung für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung, Patent DE 702 345, angemeldet 1936-05-06, ausgegeben 1941-02-05
- ¹²¹⁵ Persönliche Mitteilung von Rudolf Müller, Tutzing, 2004-03-17
- ¹²¹⁶ Braband, Carl (AEG), Verfahren und Einrichtung zum Aufzeichnen sehr kurzzeitiger Schwingungsvorgänge ... Patent DE 709 308, angemeldet 1934-12-22
- ¹²¹⁷ Schüller, Eduard, Gerät zur Bestimmung der Richtung oder Entfernung von Schallquellen, Patent DE 949 337, angemeldet 1936-10-28, ausgegeben 1956-09-28
- ¹²¹⁸ Matthias, Friedrich, Brief an AEG Berlin, 1936-05-27, BASF SE UA P 912
- ¹²¹⁹ N. N. (Schüller, Eduard?), Aktennotiz über die Vereinbarung anlässlich des Besuches des Herrn Dr. Matthias am 30. November 1936 in der Fabrik Drontheimerstr., 1936-12-07, BASF SE UA P 912

- ¹²²⁰ Matthias, Friedrich, Brief an AEG, Apparatefabrik Treptow, Abtl. Magnetophon, 1936-12-21, BASF SE UA P 912
- ¹²²¹ Schüller, Eduard, Richtungsermittlung von Schallquellen mittels Tonaufzeichnungsgerätes, Patent DE 934 334, angemeldet 1937-08-27, ausgegeben 1955-10-20. Hervorhebungen vom Verf.
- ¹²²² Pfeumer, Fritz, Verfahren zur Herstellung bandförmiger magnetisierbarer Lautschriftträger, Patent DE 640 809, angemeldet 1936-03-17
- ¹²²³ Patzschke, W., Nippold, Max, Tonträger für magnetische Schallaufzeichnungen; Patent DE 678 306, angemeldet 1936-05-24. Erkennbar auf dieses Patent bezieht sich das Patent DE 815 408 (Lindemeyer, Julius, Magnetogrammräger, angemeldet 1948-12-10), „dadurch gekennzeichnet, dass der magnetisierbare Stoff, beispielsweise Fe_2O_3 oder Fe_3O_4 den Glasfäden des Trägers schon bei ihrer Herstellung zugesetzt und dadurch in sie eingebettet ist.“ Wie die bekannte Umwandlung des $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ in $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ bei Temperaturen oberhalb ca. 500 °C zu vermeiden ist, wird nicht ausgeführt.
- ¹²²⁴ Vergleiche dazu: „Der Patentinhaber kann sein Patent ... als sogenanntes Sperrpatent ... nutzen und damit vorausschauend einem Konkurrenten den Eintritt in ein bestimmtes Marktsegment ... erschweren oder sogar ... verbauen.“ [http://www.dpma.de/infos/einsteiger/einsteiger_allg03.html Copyright © 2002 Deutsches Patent- und Markenamt, 2002-11-02].
- ¹²²⁵ N.N. (AEG, Berlin-Grunewald), Legierungen für Magnetogrammräger, Patent DE 746 940, 1936-06-02
- ¹²²⁶ Lübeck, Heinz, und Patzschke, Willi, Bandförmiger Magnetogrammräger, Patent DE 947 520, angemeldet 1936-11-29, ausgegeben 1956-08-16
- ¹²²⁷ Lübeck, Heinz, Magnetogrammräger mit sehr kleiner Permeabilität, Patent DE 666 535, angemeldet 1936-12-20
- ¹²²⁸ N. N. (AEG NAW), Zusammenstellung der wichtigsten Patente auf dem Magnetophon-Gebiet (Stand vom 1. Mai 1950), Archiv AEG, 1950-05-19
- ¹²²⁹ Schüller, Eduard, Verfahren zum magnetischen Aufzeichnen von Zeichen, Impulsen, Impulsfolgen od. dgl., Patent DE 881 056, angemeldet 1941-11-28, ausgegeben 1953-06-25
- ders., Hör- oder Sprechkopf für Zweispuraufzeichnung nach dem Magnettonverfahren, Patent DE 877 370, angemeldet 1942-06-25, ausgegeben 1953-05-21, Zusatz zum Patent 702 298;
 - ders., Hör- oder Sprechkopf für Mehrspuraufzeichnung bei der magnetischen Schallaufzeichnung, Patent DE 965 536, angemeldet 1942-06-25, ausgegeben 1957-06-27
- ¹²³⁰ N. N., Patent-Abteilung Photo und Kunstseide der Filmfabrik Agfa Wolfen, Stehbildwerfer mit ein- oder angebaute Magnettonwiedergabegerät, Patentanmeldung I. 16 599
- dies., Bildwerfer mit ein- oder angebaute Magnettongerät, Patentanmeldung I. 16 601, beide vom 1942-03-18, AEG-Archiv (DTMB) 03217
- ¹²³¹ N. N. (von Braunmühl, Weber), Magnetogrammräger, Patent DE 750 777, angemeldet 1942-02-12, ausgegeben 1945-01-30
- ¹²³² Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01, vierletztes Blatt
- ¹²³³ • Schießler, Hans in: *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- Rehm, Margarete, Information und Kommunikation in Geschichte und Gegenwart; URL: <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/rehm10.html> (2002-08-01). Die eigentliche Quelle dieser Information war nicht mehr zu ermitteln.
- ¹²³⁴ *Augustin, Ernst, TBK-Bericht 16 / 1947 Teil 2; Beschreibung, Schaltbild und Stückliste auf S. 145 – 149, weitere Angaben in der Tabelle Seite 181
- ¹²³⁵ Müller, Jürgen, Die PTR als Wehrmachtsbetrieb, in: Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Thüringen, PTB-Mitteilungen 1/ 2013, S. 16
- ¹²³⁶ Schmidbauer, Otto, Neue Magnettonverstärker, RTI Mitteilungen des Rundfunk-Technischen Instituts Nr. 8, 1951-01-16
- ¹²³⁷ Schmidbauer, Otto, Der Tonschreiber "D", in: Kurzberichte über die ... im Haus des Rundfunks im Januar 1943 gehaltenen Vorträge (I), Umdruck, Berlin 1943, 1943-01-19
- ¹²³⁸ N. N. (Franke, Konrad?), Magnetophon G.m.b.H., 2. Quartalsbericht der Magnetophon G.m.b.H. (1.1.43 – 31.3.43), BASF SE UA P 915 [Magnetophon 6.19];
- ¹²³⁹ N. N., AEG, Mgt/IV, Dokument ohne Titel [Gründung einer gemeinsamen Vertriebsgesellschaft von AEG und I.G. Farben], 1940-10-01
- Lübeck, Heinz, Aktennotiz - Besprechung über eine vertragliche Vereinbarung mit Dr. v. Braunmühl und Dr. Weber, RRG, auf dem Magnetophongebiet sowie über zukünftige Geschäftsaussichten des Magnetophons am 29. 10. 1940, 1940-11-05, DTMB AEG 04156
 - Schüller, Eduard, Verfahren zum Einfügen von Zusätzen und Änderungen in nach dem Magnettonverfahren aufgenommene Diktate, Patent DE 735 259, angemeldet 1940-12-15
- ¹²⁴⁰ *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981. – Schießler spricht hier übrigens, wohl irrtümlich, von einem Blattschreiber „F“ (Ferdinand).
- ¹²⁴¹ Völz, Horst, Entwicklung der Magnetspeichertechnik; URL: <http://ros.w.cs.tu-berlin.de/voelz/PDF/Entwicklung%20der%20Magnetspeichertechnik.pdf>
- ¹²⁴² N.N. (AEG ?), Verzeichnis der derzeitigen und geplanten Magnetophon-Typen, 1942-02-26, AEG-Archiv (Smlg Thiele)

Schallaufzeichnung beim Rundfunk

- ¹²⁴³ Noelle-Neumann und Schulz, Das Fischer-Lexikon Publizistik 1971, zitiert in Jossé, Harald, Die Entstehung des Tonfilms, Freiburg/München: Alber, 1984
- ¹²⁴⁴ Glasmeier, Heinrich, Die Reichs-Rundfunk-G.m.b.H., in: Weinbrenner, Hans-Joachim (Hrsg.), Handbuch des Deutschen Rundfunks 1938, Kurt Vowinkel Verlag Heidelberg-Berlin 1938
- ¹²⁴⁵ Schäche, Wolfgang, Das Haus des Rundfunks in Berlin; URL: <http://www.hausarbeiten.de/rd/archiv/architektur/arch-rufu.shtml>
- ¹²⁴⁶ Thilo, H.G., Akustische Messungen mit dem Tonmesser in Verbindung mit dem Dämpfungsschreiber, Akustische Zeitschrift 1936, Drittes Heft, Seite 164 - 167
- ¹²⁴⁷ Weber, Walter, Von der Wachsplatte zum Kleinstmagnetofon, Reichsrundfunk 13./14. Heft 1944/45, Oktober 1944, S. 137 f., 1944-10-01
- Siehe auch Bauernfeind, Wolfgang, "Tonspuren / Das Haus des Rundfunks in Berlin", Rundfunk Berlin-Brandenburg (rbb) (hg.), CH. Links Verlag, Berlin 2010-09, ISBN 978-3-86153-598-0 [2017-07-20]
- ¹²⁴⁸ N. N., Braunbuch der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, Tonmesser U 10, Beschreibung und Bedienungsanleitung, 1937-03-15
- Scheelje, Karl-Heinz, Neue Aussteuerungsmesser, in: Kurzberichte über die ... im Haus des Rundfunks im Januar 1943 gehaltenen Vorträge (I), Umdruck, Berlin 1943, 1943-01-19
 - Thilo, Has Georg und Bidlingmaier, Meinrad, Der Tonmesser, ein Spannungsmesser mit logarithmischer Anzeige; Elektrische Nachrichten-technik 1936, Band 13, S. 276
 - Bidlingmaier, Meinrad, Der neue Aussteuerungsmesser, Frequenz 1950 Bd. 4, Heft 6, S. 146-149
 - Stut, Hans, Der Aussteuerungsmesser in Kassettensform, Siemens-Zeitschrift Oktober 1958 H. 10 S. 729 - 732, 1958-10-01
 - Schulz, Werner, Zur Praxis der Aussteuerungsmessung von Rundfunksendungen, FUNKSCHAU 1964, Heft 18, Seite 490, 1964-09-15
 - Rindfleisch, Hans, Technik im Rundfunk, Hg. Institut für Rundfunktechnik, München; Mensing, Norderstedt 1985
- ¹²⁴⁹ Pfau, Hagen, Vom Einkreiser bis zum Spitzensuper, in: Steffen Lieberwirth (Hrsg.), Mitteldeutscher Rundfunk / Radio-Geschichte(n), Verlag Klaus-Jürgen Kamprad, Altenburg 2000, S. 169 ff.
- ¹²⁵⁰ • Bidlingmaier, Meinrad, und Thilo, H.G., Der Tonmesser, ein Spannungsspitzenmesser mit logarithmischer Anzeige; Elektrische Nachrichtentechnik 1936, Band 13
- Bidlingmaier, Meinrad, Der neue Aussteuerungsmesser, Frequenz Bd. 4/ 1950 Nr. 6, S. 146
 - Stut, Hans, Der Aussteuerungsmesser in Kassettensform, Siemens-Zeitschrift, 32. Jg., Heft 10, S. 729-732, 1958-10-01
- ¹²⁵¹ Köster, Heinrich, *Hans Joachim Adler von Braunmühl* † (Nachruf), RTM Jg. 24 (1980), Heft 3., S. 148
- ¹²⁵² so Braunmühls Titel lt. Reichsrundfunk, 1942/43, Heft 20, S. 399
- ¹²⁵³ Braunmühl, Hans Joachim von, Ansprache zur Trauerfeier für Walter Weber, 21. Juli 1944
- ¹²⁵⁴ v. Braunmühl, Brief an Walter Weber, Smlg J. Weber, 1941-07-17
- ¹²⁵⁵ Braunmühl, Hans Joachim von, Neuester Stand der Schallaufzeichnungsverfahren, in: Kurzberichte über die anlässlich des Schulungslehrganges für PK-Rundfunkingenieure im Haus des Rundfunks im Januar 1943 gehaltenen Vorträge, I. Teil. Manuskript Berlin: 1943
- ¹²⁵⁶ N. N. (RRG), Jahresbericht 1938 der Gruppe Technik der Reichs-Rundfunk G.m.b.H., Seite 14, DRA, Signatur RRG 1/3:1938
- ¹²⁵⁷ Valentyn, Eduard van den (RRG), Die Entwicklung der Schallaufzeichnung im Großdeutschen Rundfunk, „Reichsrundfunk“, 12. Heft 1941/42, 31. August 1941, S. 234
- ¹²⁵⁸ Kier, Herfrid, Der fixierte Klang - Zum Dokumentarcharakter von Musikaufnahmen mit Interpreten Klassischer Musik, 2006, Dohr, Köln; ISBN-13: 978-3936655315
- Siehe auch
- N. N., Artikel Ceresin, <https://de.wikipedia.org/wiki/Ceresin> (Zugriff 2019-06-05) sowie
- N. N., Artikel Carnaubawachs, <https://de.wikipedia.org/wiki/Carnaubawachs> (Zugriff 2019-06-05)

- ¹²⁵⁹ Mit teils historischen Herstellungsverfahren und Produkteigenschaften befasst sich Wallaszkovits, Nadja, Restaurierung historischer Audiomaterialien mit Schwerpunkt Aufnahmen aus dem Phonogrammarchiv der Österreichischen Akademie der Wissenschaften; Dissertation an der Universität Wien, Wien 2017, dort auch weitere Quellenverweise und eigene Arbeitsbeschreibungen
- ¹²⁶⁰ Lübeck, Heinz (AEG), Notiz: Schallplattenproduktion / Besuch bei Telefunkenplatte am 20.2.41, 1941-02-20, DTMB AEG 03218
- ¹²⁶¹ Kowalke, Günther, Die tontechnische und -technologische Entwicklung im „Haus des Rundfunks“ und in zugehörigen Einrichtungen im Zeitraum 1931 – 1945, unveröffentlichtes Manuskript, 1995
- ¹²⁶² Weber, Walter, Von der Wachsplatte zum Kleinstmagnetophon, Reichsrundfunk 13/14. Heft 1944/45, Oktober 1944, S. 137 f., 1944-10-01
- ¹²⁶³ Schieke, Franz, Die Wachsplatte als Tonträger im Deutschen Rundfunk, Reichs-Rundfunk 18 / 1941/1942, S. 356-357, 1941-11-23
- ¹²⁶⁴ Brief der Firma Georg Neumann an von Braunmühl vom 25. Nov. 1932
- ¹²⁶⁵ Payne, E.M. (EMI), Pulling, M.J.L. (BBC), Parker, H.E. (MSS), Sound Recording, Reproducing and Other Electro-Acoustic Targets, BIOS Final Report No. 1176, o.D. (ca. 1945-12-31)
- ¹²⁶⁶ N. N., Wachsplattenabdrehtmaschine Y 1, RRG-Braunbuch, 1936-05-05
- ¹²⁶⁷ Schieke, Franz, Achtung! Schallplattenwechsel!, Reichs-Rundfunk 26 (1941/1942), S. 505-507, ca. 1941-12-01
- ¹²⁶⁸ Kowalke, Günther, Die tontechnische und -technologische Entwicklung im „Haus des Rundfunks“ und in zugehörigen Einrichtungen im Zeitraum 1931 – 1945, unveröffentlichtes Manuskript, 1995
- ¹²⁶⁹ Kier, Herfried, Der fixierte Klang: Zum Dokumentcharakter von Musikaufnahmen mit Interpreten Klassischer Musik, dohr köln 2006; ISBN-13: 978-3936655315
- ¹²⁷⁰ Wyrchow, Jörg, Ein Einblick in die Schellackplattenproduktion; DRA / Dokument des Monats September 2007, <https://www.dra.de/dokument/2007/september.html> (Kopie beim Verf.)
- ¹²⁷¹ Braunmühl, Hans-Joachim von, Der heutige Stand der Schallaufnahmetechnik und ihre Anwendung beim deutschen Rundfunk, Akust. Zeitschr. 3 (1938), S. 250 (Sept. 1938)
- ¹²⁷² Matthias, Friedrich, Das Magnetophongerät auf der Funkausstellung 1935, 1935-09-04, BASF SE UA P 916.1 und P 912 [5502]
- ¹²⁷³ Decellith: Vinylpolymerisat ohne Füllstoffe, nicht härter. Verarbeitung durch Schneiden, Stanzen, Sägen, Fräsen, Drehen, Bohren, Pressen, Prägen, Ziehen, Verwendung für den chemischen Apparatebau und die Elektrotechnik. Hersteller war die Deutsche Celluloidfabrik in Eilenburg. Hergestellt seit den 30er Jahren. – URL: http://www.sintetica.de/ger/frame/dict/frame_src.php?let=d [2005-06-13]
- ¹²⁷⁴ Schmidt, Richard, Besprechung über das Magnetophon-Verfahren in Ludwigshafen am 6. Nov. 1935, 1935-11-07, BASF SE UA P 911 [Magnetophon 2]; BA Wolfen A 19 711; Nr. 678
- ¹²⁷⁵ N. N. (RRG), Anhang zum Jahresbericht 1937 der Gruppe Technik der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft m.b.H., Blatt 316.2, DRA, Signatur RRG 1/003
- ¹²⁷⁶ Küster, Alfred, Besprechung im Haus des Rundfunks am 1938-08-24 über Schallfolien, I.G. Wolfen Filmfabrik, 1938-08-24, BA Wolfen A 19 711; Nr. 720
- ¹²⁷⁷ van den Valentyn, Eduard, Die Entwicklung der Schallaufzeichnung im Großdeutschen Rundfunk, „Reichsrundfunk“, 12. Heft 1941/42, 31. August 1941
- ¹²⁷⁸ N. N. (RRG), Im Rundfunk gibt es keine Theaterillusion / Die ersten Schallaufnahmen im fahrenden Zuge, Mitteilungen der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft m.b.H. Berlin Nr. 410, Blatt 4 und 5, 1934-11-10; DRA
- ¹²⁷⁹ N. N. (RRG), Jahresbericht 1938 der Gruppe Technik der Reichs-Rundfunk G.m.b.H., Seite 39, DRA, Signatur RRG 1/3:1938
- ¹²⁸⁰ Begun, S. J., Nachrichtenmittel bei den Olympischen Spielen Deutschland 1936, C. Lorenz AG, Berlin-Tempelhof, 1936-12
- ¹²⁸¹ Herrkind, O. P., Die Schallaufzeichnungsverfahren des Deutschen Rundfunks, FUNKSCHAU, 11. Jg. Nr. 14, 1938-04-03
- ¹²⁸² Braunmühl, Hans Joachim von, Der heutige Stand der Schallaufnahmetechnik und ihre Anwendung beim deutschen Rundfunk, Akustische Zeitschrift 3, S. 250 (Sept. 1938)
- ¹²⁸³ Weber, Walter, Von der Wachsplatte zum Kleinstmagnetophon, Reichsrundfunk, 1944 Heft 13/14 (Oktober), Junker und Dünhaupt Verlag, Berlin-Steglitz S. 137 – 141
- ¹²⁸⁴ N. N. (RRG), Anhang zum Jahresbericht 1937 der Gruppe Technik der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft m.b.H., Blatt 316.2, weist für 1937 lediglich 6 Stahlband-„Schallwiedergabeaufträge“ aus (0,013 % aller Aufträge). DRA, Signatur RRG 1/003
- ¹²⁸⁵ N. N. (RRG), Anhang zum Jahresbericht 1937 der Gruppe Technik der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft m.b.H., Blatt 316.2, DRA, Signatur RRG 1/00
N. N. (RRG), Jahresbericht 1938 der Gruppe Technik der Reichs-Rundfunk G.m.b.H., Seite 39, DRA, Signatur RRG 1/3:1938
van den Valentyn, Eduard, Die Entwicklung der Schallaufzeichnung im Großdeutschen Rundfunk, Reichsrundfunk, 12. Heft 1941/42, 31. August 1941
- ¹²⁸⁶ Schmidt, Richard, Aktennotiz über die Verwendung vom Tonfilm im Rundfunk, BA Wolfen A 17 296 Nr. 335, 1933-10-16
- ¹²⁸⁷ Küster, Alfred, I.G. Wolfen Filmfabrik, Besuchsbericht RRG am 28.1.36, BA Wolfen, A 17296 Nr. 540, 1936-01-29
- ¹²⁸⁸ Küster, Alfred, Besuch bei der Reichs-Rundfunk G.m.b.H., Berlin, am 17. Juni 1938, 1938-06-21, BA Wolfen A 19 711; Nr. 713
- ¹²⁸⁹ Miller, James, Arthur, Einrichtung zur mechanischen Herstellung einer Schwingungsspur, insbesondere einer Schallspur, Anmelder: Philips-Miller N.V., Eindhoven; DE 632 831, angemeldet 1933-06-03, ausgegeben 1936-07-16
- ¹²⁹⁰ Schmidt, Richard, Bericht über die Untersuchung der Tonaufnahmen von J.A. Miller, 1935-04-09, I.G. Wolfen Filmfabrik, BA Wolfen A 17 297; Nr. 476
Lichte, Hugo und Narath, Albert: Physik und Technik des Tonfilms, 1945³, Kapitel „Das Philips-Miller-Verfahren“, URL: http://www.radiomuseum.org/forum/philips_das_philips_miller_verfahren_philimil.html
- ¹²⁹¹ Vermeulen, R.: Das Philips-Miller-System zur Tonaufzeichnung. Akustische Zeitschrift März 3, 1938, S. 65-73
- ¹²⁹² Pawley, Edward, BBC Engineering 1922-1972, BBC Publications, 1972, p. 192
- ¹²⁹³ Wohlrab, Hans-Christoph, Highlights of the History of Sound Recording on Film in Europe, SMPTE Journal, July 1976 Volume 85, p. 531 ff.
- ¹²⁹⁴ Lichte, Hugo und Narath, Albert: Physik und Technik des Tonfilms, 1945³, Kapitel „Das Philips-Miller-Verfahren“, URL: http://www.radiomuseum.org/forum/philips_das_philips_miller_verfahren_philimil.html
- ¹²⁹⁵ • Schießler, Hans, Vergleich der Schallaufzeichnungsverfahren, ETZ 1952 Nr. 11 S. 366
• Street, John, Recording Technologies and Strategies for British Radio Transmission Before the 2nd World War, URL: <http://www.kent.ac.uk/sdva/sound-journal/street002.html> [2005-06-11]
• Matthias, Friedrich, interner Brief an Dr. Holzach [Das Magnetophon auf der Funkausstellung 1936], 1936-09-07, BASF SE UA P 912
- ¹²⁹⁶ • de Boer, K., Stereophonische Aufnahmen auf Philips-Miller-Film, Philips Technische Rundschau 6, 1941, S. 88 – 93, zitiert bei Bruch, Walter: Von der Tonwalze zur Bildplatte, Ein Jahrhundert Ton- und Bildspeicherung, 2. Teil: Tonbandaufzeichnung; Sonderdruck der FUNKSCHAU, Franzis-Verlag München 1983, S. 38
• Nijssen, C.G., And the Music Went Round and Round on Rolls, Disks, or Reels ..., Jour. Audio Engng. Soc., Vol 32, No. 3 & 4, 1984 (auch in Broschürenform nachgedruckt)
- ¹²⁹⁷ von Braunmühl, Hans-Joachim und Weber, Walter, Verfahren zur mechanischen Schallaufzeichnung, Patent DE 667 072, angemeldet 1932-11-15
- ¹²⁹⁸ Schmidt, Richard, Bericht über die Untersuchung der Tonaufnahmen von I.A. Miller, 1935-04-09, I.G. Wolfen Filmfabrik, BA Wolfen A 17 297; Nr. 476
- ¹²⁹⁹ Braunmühl, Hans-Joachim von, Der heutige Stand der Schallaufnahmetechnik und ihre Anwendung beim deutschen Rundfunk, Akust. Zeitschr. 3 (1938), S. 250 (Sept. 1938)
- ¹³⁰⁰ Braunmühl, Hans Joachim von, The Magnetophon, its properties and fields of use, 1945-06-10, Appendix IV zum BIOS Final Report No. 951, The Magnetophon Sound Recording and Reproduction System, January 1946
- ¹³⁰¹ Kowalke, Günther, Die tontechnische und -technologische Entwicklung im "Haus des Rundfunks" und in zugehörigen Einrichtungen im Zeitraum 1931 - 1945, unveröffentlichtes Manuskript, 1995 – Diese Information wird bestätigt in
N. N. Protokoll einer Besprechung im Reichsministerium für Volksaufklärung und Propaganda am 6. Dezember 1944, Bundesarchiv, Bestand R 55, nachdem Interradio Prag einen Aufnahmeapparat zum Umspulen < Umspielen?> für Philips-Miller-Apparatur erhalten soll
- ¹³⁰² Pawley, Edward, BBC Engineering 1922-1972, BBC Publications, 1972
- ¹³⁰³ Bach, Johann Sebastian, St Matthew Passion (abridged); Naxos Historical 8.110880-82, http://www.musicweb-international.com/classrev/2004/Jun04/Bach_Matthew.htm [2005-06-11]
- ¹³⁰⁴ Guliland, A.A., Ein Film- und Papier-Schallgerät, FUNKSCHAU Nr. 50, 1936-12-13

- ¹³⁰⁵ N. N., Critic Review (zur Aufzeichnung der Mozatr-Oper Le Nozze di Figaro bei den Salzburger Festspielen 1937, zitiert bei <http://www.norpete.com/op0325.html?viewfullsite=1> (Zugriff 2019-06-06))
- ¹³⁰⁶ Küster, Alfred, Besuch bei der Reichs-Rundfunk G.m.b.H., Berlin, am 17. Juni 1938, 1938-06-21, BA Wolfen A 19 711; Nr. 713
- ¹³⁰⁷ N. N., Oskar Czeija, https://de.wikipedia.org/wiki/Oskar_Czeija (Zugriff 2019-06-06)
- ¹³⁰⁸ • N. N. (AEG, Direktion; Patzschke, Willi?), Brief an I.G. LU, Direktor Gaus, 1935-09-02, BASF SE UA
- Schreibweise des Namens nach einer Bildseite in Weltrundfunk, Januar/ Februar 1943, Heft 1 (zwischen Seiten 8 und 9)
- ¹³⁰⁹ Knutsch, Adolf; Hans-Joachim Weinbrenner, Studienkreis Rundfunk und Geschichte, Mitteilungen, 6. Jahrgang Nr. 4 - Oktober 1980, Seite 165 f.
- ¹³¹⁰ Matthias, Friedrich, Das Magnetophongerät auf der Funkausstellung 1935, 1935-09-04, BASF SE UA P 916.1 und P 912 [5502]
- ¹³¹¹ Schoenemann, Karl, Brief an Dr. John Eggert, Wolfen, 1935-11-26, BASF SE UA P 911
- ¹³¹² • Küster, Alfred, I.G. Wolfen Filmfabrik, Reisebericht über den Besuch bei der Reichs-Rundfunk-Ges. (Dr. v. Braunmühl) am 13. Dez. 1935, ausgeführt von Dr. R. Schmidt u. Dr. Küster ..., BA Wolfen, A 17296 Nr. 532, 1935-12-17
- ders., Besuchsbericht RRG am 28.1.36, BA Wolfen, A 17296 Nr. 540, 1936-01-29
- ¹³¹³ Matthias, Friedrich, interner Brief an Dr. Gaus („über Dir. Dr. Mehner“) betr. Magnetophon, 1936-07-10, BASF SE UA P 912 [5502] und P 912 [Mehner]
- ¹³¹⁴ Schüller, Eduard, Notiz auf einer Fotokopie des „Käse“-Geräts, o.D. (ca. 1973), KSS 0205
- ¹³¹⁵ Thiele, Heinz: Magnetton-Geräte bei der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft und deren Vorgeschichte; FERNSEH- UND KINO-TECHNIK - 41. Jahrgang - Nr. 9/1987, S. 412 ff.
- ¹³¹⁶ Schießler, Hans, in: Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- ¹³¹⁷ Schellin, Roland, Magnetophon - AEG-Universalgerät für Tonaufnahme und -wiedergabe, Funk Verlag Bernhard Kein e.K., Dessau, ISBN 978-3-939197-96-6, 2016
- ¹³¹⁸ Schellin, Roland, Federwerk-Tonbandgeräte / History of clockwork-driven tape recorders, Funk Verlag Bernhard Kein e.K., ISBN 978-3-939197-20-1, 2009
- Vorlage aus Thiele, Heinz H.K. (Hg.): 50 Jahre Stereo-Magnetbandtechnik / Die Entwicklung der Audio-Technologie in Berlin und den USA von den Anfängen bis 1943, Audio Engineering Society, Berlin 1993 (Buchpublikation der AES)
- ¹³¹⁹ Matthias, Friedrich, interner Brief an Dr. Holzach [Das Magnetophon auf der Funkausstellung 1936], 1936-09-07, BASF SE UA P 912
- ¹³²⁰ Küster, N.N. (Filmfabrik Wolfen), Besuchsbericht RRG 23.III.1937, 1937-03-30, BA Wolfen, A 17296 Nr. 633 N370330A
- ¹³²¹ Schepelmann, Hans, Aktennotiz: Besprechung mit I.G. Farbenindustrie wegen Magnetophon-Geschäft am 19.10.1937, 10 Uhr vorm, FKU, 1937-10-20, BASF SE UA P 912 [5502]
- ¹³²² Schepelmann, Hans, Brief an I.G. Ludwigshafen, Techn. Dir., Dr. Schoenemann, 1937-12-15, BASF SE UA P 912 [5502]
- ¹³²³ Schoenemann, Karl, Brief an AEG Berlin, Dr. Schepelmann, 1937-12-13, BASF SE UA P 912 [5502]
- ¹³²⁴ hk, Modernste Technik für Zeitdokumente, Hamburger Fremdenblatt Nr. 17 vom 18. Januar 1938, Seite 3, DTMB AEG 03288
- ¹³²⁵ Herrnkind, O. P., Die Schallaufzeichnungsverfahren des Deutschen Rundfunks, FUNKSCHAU, 11. Jg. Nr. 14, 1938-04-03
- ¹³²⁶ Braunmühl, Hans-Joachim von, Der heutige Stand der Schallaufnahmetechnik und ihre Anwendung beim deutschen Rundfunk, Akust. Zeitschr. 3 (1938), S. 250 (Sept. 1938)
- Matthias, Friedrich, Bericht über den Vortrag des Herrn Dr. von Braunmühl am 17.01.1938 im Haus des Deutschen Rundfunks über die Schallaufzeichnungsverfahren der Reichs-rundfunkgesellschaft, 1938-01-20, UA P 912 [5502]
- ¹³²⁷ • N. N., Bewahrter Klang, Sieben Tage, Nr. 5, 5. Rundfunk-Woche, 8. Jahr 1. Februar 1938; DTMB AEG 03288
- Herrnkind, O. P., Die Schallaufzeichnungsverfahren des Deutschen Rundfunks, FUNKSCHAU, 11. Jg. Nr. 14, 1938-04-03
- Braunmühl, Hans-Joachim von, Der heutige Stand der Schallaufnahmetechnik und ihre Anwendung beim deutschen Rundfunk, Akust. Zeitschr. 3 (1938), S. 250 (Sept. 1938)
- ¹³²⁸ Braunmühl, Hans-Joachim von, Der heutige Stand der Schallaufnahmetechnik und ihre Anwendung beim deutschen Rundfunk, Akust. Zeitschr. 3 (1938), S. 250 ff. (Sept. 1938)
- ¹³²⁹ N. N., Geräteverzeichnis der RRG, Betriebstechnik 1941/1942, interne Aufstellung der RRG, S. 18
- ¹³³⁰ Braunmühl, Hans Joachim von, Der heutige Stand der Schallaufnahmetechnik und ihre Anwendung beim deutschen Rundfunk, Akust. Zeitschr. 3 (1938), S. 250 (Sept. 1938)
- ¹³³¹ N.N. (Abt. Magnetophon), Neue Magnetophongeräte, AEG-Mitteilungen, Nr. 3, März 1938, S. 190-191
- ¹³³² N. N. (RRG), Jahresbericht 1938 der Gruppe Technik der Reichs-Rundfunk G.m.b.H., Seite 44, DRA, Signatur RRG 1/3:1938
- ¹³³³ N. N. (RRG), Jahresbericht 1938 der Gruppe Technik der Reichs-Rundfunk G.m.b.H., Seite 39, DRA, Signatur RRG 1/3:1938
- ¹³³⁴ v.d.V. [Valenty, Eduard van den], Fortschritte der deutschen Rundfunktechnik, Reichsrundfunk, 1943/1944, Heft 5, 1943-08
- ¹³³⁵ Valenty, Eduard van den (RRG), Die Entwicklung der Schallaufzeichnung im Großdeutschen Rundfunk, „Reichsrundfunk“, 12. Heft 1941/42, 31. August 1941, S. 234
- ¹³³⁶ Weber, Walter, Von der Wachplatte zum Kleinstmagnetofon, Reichsrundfunk 13/14. Heft 1944/45, Oktober 1944, S. 137 f., 1944-10-01
- ¹³³⁷ Braunmühl, Hans Joachim von, The Magnetophon, its properties and fields of use, in: Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01
- ¹³³⁸ *DDR-Blaubuch; hier benutzt: N. N., Handbuch der Studioteknik / Ton, Teil I-II: R; Deutscher Demokratischer Rundfunk, Betriebslaboratorium für Rundfunk und Fernsehen, o.D.
- ¹³³⁹ ARD, Geräteverzeichnis, herausgegeben vom Institut für Rundfunktechnik, Januar 1959; URL: <http://www.irt.de/IRT/publikationen/braunbuch.htm>
- ¹³⁴⁰ N. N., IRT (Institut für Rundfunktechnik), Braunbuchbeschreibung des Trennverstärkers V 74, 1959-10-30
- ¹³⁴¹ Quelle: <http://www.interest.de/online/tkglossar/Braunm hl.html>
- ¹³⁴² Köster, Heinrich, Nachruf auf Hans Joachim Edler von Braunmühl, Rundfunktechnische Mitteilungen Jg. 24 (1980), Heft 3, S. 148
- ¹³⁴³ Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01, Appendix IV
- ¹³⁴⁴ von Braunmühl, H. J., Brief an Direktor Braband, AEG Frankfurt/Main, 1955-07-07; Deutsches Technikmuseum Berlin, AEG-Archiv, Aktenband 02292
- ¹³⁴⁵ Weber, Walter, Das Schallspektrum von Knallfunken und Knallpistolen mit einem Beitrag über Anwendungsmöglichkeiten in der elektroakustischen Meßtechnik (Referenten: Prof. Dr. F. Trendelenburg, Professor Dr. M. v. Laue), Sonderdruck aus Akustische Zeitschrift, 4. Jahrgang, Heft 6, Manuskripteingang 15. Juli 1939
- ¹³⁴⁶ Braunmühl, Hans Joachim von, Ansprache zur Trauerfeier für Walter Weber, 21. Juli 1944
- ¹³⁴⁷ Weber, Walter, Über die Störfähigkeit nichtlinearer Verzerrungen, Zitat und Qualifikation von H. J. von Braunmühl in seiner Ansprache zur Trauerfeier für Walter Weber am 21. Juli 1944
- ¹³⁴⁸ Weber, Walter, Ein neues Kondensatormikrofon, Reichsrundfunk 1943, Heft 6, S. 115 ff.
- ¹³⁴⁹ Braunmühl, Hans Joachim von und Weber, Walter, DE 705 827, angemeldet 8. September 1935, erteilt 3. April 1941; Schreiben der Fa. Neumann an von Braunmühl vom 25.11.1932
- ¹³⁵⁰ Braunmühl, Hans Joachim von und Weber, Walter, Einführung in die angewandte Akustik, insbesondere in die neueren Probleme der Schallmessung, Schallübertragung und Schallaufzeichnung; Leipzig: S. Hirzel, 1936
- ¹³⁵¹ Köster, Heinrich, Hans Joachim Edler von Braunmühl † (Nachruf), RTM Jg. 24 (1980), Heft 3., S. 148
- ¹³⁵² Braunmühl, Hans Joachim von und Weber, Walter, Einführung in die angewandte Akustik, insbesondere in die neueren Probleme der Schallmessung, Schallübertragung und Schallaufzeichnung; Leipzig: S. Hirzel, 1936 S. 142
- ¹³⁵³ Weber, Walter, DE 693 664, Verfahren und Einrichtung zur Herabsetzung des Grundgeräusches bei Magnetogrammen, angemeldet 10. Februar 1938, erteilt 20. Juni 1940
- ¹³⁵⁴ Weber, Walter, Tagesmerkbuch 1940, Eintragungen vom 18.4. bis 20.4.1940: „Untersuchungen am Magnetophon; großen Aktenvermerk zusammengestellt“
- ¹³⁵⁵ Thiele, Heinz, Magnetton-Geräte bei der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft und deren Vorgeschichte, Fernseh- und Kineteknik 41 Nr. 9/1987, S. 412
- ¹³⁵⁶ Weber, Walter, Von der Wachplatte zum Kleinstmagnetofon, Reichsrundfunk 13/14. Heft 1944/45, Oktober 1944, S. 137 f., 1944-10-01
- ¹³⁵⁷ Braunmühl, Hans Joachim von, Ansprache zur Trauerfeier für Walter Weber, 21. Juli 1944
- ¹³⁵⁸ Schmidtbauer, Abschied von Dr. Walter Weber, undatiertes Manuskript (ca. 1944)
- ¹³⁵⁹ Braunmühl, Hans Joachim von, Oberingenieur Dr. Weber zum Gedächtnis, Reichsrundfunk, 9/10. Heft 1944/45, August 1944, S. 110

- ¹³⁶⁰ N. N., Braunbuch der RRG, Beschreibung Laufwerk R 22, 1939-05-01
- ¹³⁶¹ N. N., Braunbuch der RRG, Beschreibung Laufwerk R 24, 1939-05-01
- ¹³⁶² N. N., Braunbuch der RRG, Beschreibung Sprechkopfsatz R 7, 1939-05-01
- ¹³⁶³ Die Gleichsetzung von K 4- Laufwerk und R 22 wird indirekt bestätigt von *Augustin, Ernst, TBK-Bericht 16 / 1947 Teil 2, Seite 74 und 75
- ¹³⁶⁴ Braumnühl, Hans Joachim von, Bundesarchiv, Bestand R 55 (Reichsministerium für Volksaufklärung und Propaganda), Aktenvermerk "Tonhöheschwankungen bei Magnetofonsendungen", 1944-06-09
*Augustin, Ernst, TBK-Bericht 16 / 1947 Teil 2
- ¹³⁶⁵ N. N., Braunbuch der RRG, Beschreibung Sprechkopfsatz R 7, 1939-05-01
- ¹³⁶⁶ N. N., Braunbuch der RRG, Beschreibung Verstärker V 7, 1939-05-01
N. N., Braunbuch der RRG, Beschreibung Netzgerät N 7, 1939-05-01 (?)
- ¹³⁶⁷ N. N., Braunbuch der RRG, Betriebsanweisung für die Magnetofonschallaufnahme R 122a, 1942-12-01
- ¹³⁶⁸ Schoenemann, Karl, Brief an AEG Berlin, Dr. Schepelmann, 1937-12-13, BASF SE UA P 912
- ¹³⁶⁹ N. N., Die AEG an der grossen deutschen Rundfunkausstellung Berlin vom 28. Juli bis 6. August 1939, Elektrizitätsverwertung 1939/40, No. 5, S. 104; Verlags- u. Wirtschafts-gesellschaft der Elektrizitätswerke, Zürich - DTMB AEG 03288
- ¹³⁷⁰ Schepelmann, Hans (AEG Berlin), Schreiben an das Staatliche Institut für Deutsche Musikforschung (Quellmalz), 1939-04-06; Hoerburger-Archiv der Universität Regensburg
- ¹³⁷¹ RRG, Braunbuchbeschreibung: Laufwerk und Aufsprekkreis des Ü-Wagen-Magnetophons, 1940-07-01
- ¹³⁷² Braunbuch der RRG, Koffermagnetophon R 24, 1941-11-01
- ¹³⁷³ Fenger, Fritz, Rundfunkübertragungstechnik, Reichs-Rundfunk 1942/1943 Heft 25, S. 495 – 497
- ¹³⁷⁴ RRG, Braunbuchbeschreibung Laufwerk R 23, 1940-07-01
- ¹³⁷⁵ N. N., Braunbuch der RRG, Geräteverzeichnis der RRG, Betriebstechnik, 1941 / 42
- ¹³⁷⁶ Zipfel, Fr., Der festgehaltene Ton, VDE-Nachrichten (?), o.D. (ca. 1940)
- ¹³⁷⁷ Reichsrundfunk, 18. Heft 1942/1943, 29. November 1942, Titelseite; „PK-Aufn.: Bildbericht Waida“. Der am oberen Bildrand angeschnittene Verstärker V 6 zeigt, dass es sich um ein Magnetophon R 23, nicht um einen Tonschreiber d handelt. - Es scheint sich hier nicht um ein gestelltes Bild zu handeln. In „Reichsrundfunk“, Heft 15, 1941, ist ein inhaltlich übereinstimmender Bericht sowie die Transkription der entsprechenden Reportage abgedruckt, „gesprochen von Kriegsberichterstatter Heinrich Schwich, gesendet im Großdeutschen Rundfunk am 23. August 1941“
- ¹³⁷⁸ N. N., „Blaubuch“ des RFZ, Tornister-Magnetophonlaufwerk mit Hochfrequenzvormagnetisierung (Tonschreiber „Dora-Hochfrequenz“), Beschreibung I/R 23c/1, 28. April 1950
- ¹³⁷⁹ Weber, Walter, Tagesmerkbuch 1940, Einträge vom 1940-01-18 bis 06-16
- ¹³⁸⁰ so u.a. Schadwinkel, Gerhard, Schallplatte oder Magnetophonband im Rundfunkbetrieb?, Reichsrundfunk, Heft 17, 1941/42, S. 335 ff.
- ¹³⁸¹ Weber, Walter, Von der Wachsplatte zum Kleinstmagnetophon, Reichsrundfunk 13./14. Heft 1944/45, Oktober 1944, S. 137 f., 1944-10-01
- ¹³⁸² Pfau, Hagen, Mitteldeutscher Rundfunk / Radio-Geschichte(n), Hsg. Steffen Lieberwirth, Verlag Klaus-Jürgen Kamprad, Altenburg 2000, insbes. das Kapitel „Vom Einkreiser bis zum Spitzensuper“, S. 188
- ¹³⁸³ van den Valentyn, Eduard, Die Entwicklung der Schallaufzeichnung im Großdeutschen Rundfunk, Reichsrundfunk, 12. Heft 1941/42, 31. August 1941
- ¹³⁸⁴ N. N., Das Bundesarchiv und seine Bestände; Koblenz: 3. Aufl. 1977, S. 68
- ¹³⁸⁵ N. N. (Menard, James Z.), German Sound Recording, Technical Liaison Division, Headquarters, Theater Service Forces, European Theater, PB-3565, SIG INTEL SRM-1, 1945-11-25
- ¹³⁸⁶ Lübeck, Heinz, Aktenvermerk betr. Magnetophon-Besprechung bei der Reichsrundfunkgesellschaft am 19.8.1940, Smlg Thiele, 1940-08-20

Qualitätssprung dank Hochfrequenz-Vormagnetisierung

- ¹³⁸⁷ Braumnühl, Hans Joachim von, Vorbemerkung vor dem Beitrag Walter Weber, Von der Wachsplatte zum Kleinstmagnetophon, Reichsrundfunk, Heft 13/14 Heft 1944/45, S. 140
- ¹³⁸⁸ Weber, Walter. DE 693 664, Verfahren und Einrichtung zur Herabsetzung des Grundgeräusches bei Magnetogrammen, angemeldet 10. Februar 1938, erteilt 20. Juni 1940
- ¹³⁸⁹ Weber, Walter, Die magnetische Schallaufzeichnung mit besonderer Berücksichtigung der neuen Fortschritte, Manuskript, Berlin: 23.10.1940, S. 4
- ¹³⁹⁰ • Weber, Walter, Die magnetische Schallaufzeichnung mit besonderer Berücksichtigung der neuen Fortschritte, Manuskript, Berlin: 23.10.1940, S. 4
• Matthias, Friedrich. DE 700 696, Verfahren zur Herstellung von Lautschriftträgern, angemeldet 23. Juli 1938, ausgegeben 27. Dezember 1940
- ¹³⁹¹ Pfeumer, Fritz. DE 712 759, Verfahren zur magnetischen Schallaufzeichnung nach dem Gegentakverfahren, angemeldet 14. April 1935, erteilt 2. Oktober 1941
- ¹³⁹² Schüller, Eduard. DE 702 298, Hör- oder Sprechkopf zur Längsmagnetisierung von bandförmigen Tonaufzeichnungsträgern nach dem Gegentakverfahren, angemeldet 24. November 1938, erteilt 9. Januar 1941
- ¹³⁹³ Tagesmerkbuch 1940 von Walter Weber, 19.1.1940: „Braunbuchbeschreibung R 23 bearbeitet“ sowie Eintragungen vom 20.2., 8.3., 20.3. 1940
- ¹³⁹⁴ Braumnühl, Hans Joachim von und Weber, Walter, DE 714 123, Verfahren zur magnetischen Schallaufzeichnung, angemeldet 27. März 1940, erteilt 30. Oktober 1941
- ¹³⁹⁵ Augustin, Ernst, Bericht zum Thema Nr. 16 für 1947: Untersuchung der in Deutschland entwickelten elektro-magnetischen Methode der Tonaufzeichnung (Magnetophon) und ihre Verwendung in der Kinematographie, Russisches Technisches Büro für Kinematographie. 1947: Potsdam-Babelsberg; **im Folgenden: *Augustin, Ernst, TBK-Bericht 16 / 1947 Teil 2**
- ¹³⁹⁶ Heinz Thiele, (K)Ein Zufall - Entwicklung der HF-Vormagnetisierung, Funkschau 16/1982, S. 45. Diese Arbeit stützt sich erstmals auf bis dahin unbeachtete beziehungsweise unzugängliche Dokumente.
- ¹³⁹⁷ Bild: AUCTION TEAM KÖLN (2004-05); technische Angaben: Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01 (p. 21 – 29) sowie die zugehörigen Braunbuchbeschreibungen.
- ¹³⁹⁸ Scheffler, Otto, Ein Beitrag zur Geschichte der Rundfunktechnik, Interview (zwei Teile) mit Werner Schuppis und Walter Hermeking, 23. März 1983 und 23. November 1983
- ¹³⁹⁹ Weber, Walter, Die magnetische Schallaufzeichnung mit besonderer Berücksichtigung der neuen Fortschritte, Kolloquium Berlin: 23.10.40
- ¹⁴⁰⁰ Weber, Walter, Von der Wachsplatte zum Kleinstmagnetophon, Reichsrundfunk 13./14. Heft 1944/45, Oktober 1944, S. 137 f., 1944-10-01
- ¹⁴⁰¹ Tagesmerkbuch 1940 von Walter Weber, Eintragung vom 17.6.1940: Versuche über Neudimensionierung des Magnetophon-Eingangskreises angestellt
- ¹⁴⁰² • Braumnühl, H. J.v., Weber, Walter, Schaltungsanordnung zur Wiedergabe magnetischer Schallaufzeichnungen, Patent DE 745 587, angemeldet 1940-10-26 (S1Z40 ff.), ebenso in
CH 226 483, Magnetophonverfahren (S4Z5 ff.)
• Weber, Walter, Aktenvermerk: Magnetische Schallaufzeichnung, Seite 1, 1941-02-20, DTMB AEG 03549
- ¹⁴⁰³ Braumnühl, Hans Joachim von, Das Magnetophon im Rundfunkbetrieb, Reichsrundfunk, Heft 9/10, 1941/42, S. 185 f. Wortlaut des Zitats im Original: „... dass die Wiedergabegüte nunmehr alle bekannten Schallaufzeichnungsverfahren übertrifft“
- ¹⁴⁰⁴ Schwandt, Erich, Fortschritte in Schallaufzeichnung und raumgetreuer Rundfunkwiedergabe, FUNKSCHAU Ausgabe 10-12, Seite 91, Oktober / Dezember 1943
- ¹⁴⁰⁵ Schmidbauer, Otto, Neue Magnetophonverstärker, RTI Mitteilungen des Rundfunk-Technischen Instituts Nr. 8, 1951-01-16
- ¹⁴⁰⁶ • N. N. (RRG), Sprechkopfsatz R 7 [Braunbuchbeschreibung], 1939-05-01;
• N. N. (RRG), Kopfräger R 7a [Braunbuchbeschreibung], 1942-12-01
- ¹⁴⁰⁷ v. Braumnühl und Weber, Brief an AEG, Dir. Koehn, Berlin, AEG-Archiv, 1940-10-31
- ¹⁴⁰⁸ Braumnühl, Hans Joachim von und Weber, Walter, Patentanmeldung B 191 321, „Magnetischer Tonfilm, dessen Schallspur an der Stelle angebracht ist, an der sich sonst die photographische Schallspur befindet“, 27. Juli 1940; nur Titel bekannt

- ¹⁴⁰⁹ Braunmühl, Hans Joachim von und Weber, Walter, Patentanmeldung B 192 221, „Verfahren zur bildsynchrone Aufzeichnung und Wiedergabe akustischer Vorgänge unter Verwendung von Tonträgern mit pulverförmiger paramagnetischer Schicht unter Anwendung der Hochfrequenzbehandlung“
- ¹⁴¹⁰ AEG / v. Braunmühl und Weber, Vertrag Nr. 3063 vom 1941-02-21, BASF Unternehmensarchiv P 913
- ¹⁴¹¹ Braunmühl, Hans Joachim von und Weber, Walter, Hochfrequenzbehandlung von Magnetogrammmträgern, insbes. von magnetisierbaren Filmen, Patentanmeldung B 194 304 vom 27. Juli 1940, nur Titel bekannt, daraus DE 743 411 (s.u.)
- ¹⁴¹² Braunmühl, Hans Joachim von und Weber, Walter, Verfahren zur magnetischen Schallaufzeichnung, DE 743 411, angemeldet 28. Juli 1940 (beachte das mehrdeutige Ausgabe-Datum 24. Dezember 1943). Auf den Tag genau zehn Jahre vorher (24. Dez. 1933) hatte Eduard Schüller sein Ringkopf-Patent DE 660 372 angemeldet.
- ¹⁴¹³ Weber, Walter, Aktenvermerk über die Besprechung am 8.10.1940 über Magnetophon, 1940-11-09, SDTMB 0456
- ¹⁴¹⁴ Lübeck, Heinz, Aktenvermerk betr. Magnetophon-Besprechung bei der Reichsrundfunkgesellschaft <sic> am 19.8.1940, 1940-08-20, Archiv GFGF
- ¹⁴¹⁵ Eggert, Wolfen Filmfabrik, Besuch bei der AEG vom 3.7.1941, BA Wolfen, A 19 711; Nr. 822, 1941-07-07
- ¹⁴¹⁶ Weber, Walter, Von der Wachsplatte zum Kleinstmagnetophon, Reichsrundfunk 13/14. Heft 1944/45, Oktober 1944, S. 137 f., 1944-10-01
- ¹⁴¹⁷ Küster, Alfred, Besuch bei der RRG am 1942-01-30 (Besuchsbericht), BA Wolfen, A 19 711; Nr. 852, 1942-02-04
- ¹⁴¹⁸ Laut Braunbuch-Beschreibung „R 22a“ vom 1. Dezember 1942 hatte die R 22a einen „kräftig gehaltene[n] Asynchronmotor mit etwa 1460 bis 1480 Umdrehungen“; die Neufassung „Magnetophon-Laufwerk R 22a und B-R 22a“ vom 5. Juni 1948 enthält keine Angabe über die Bauart des Tonmotors. – Nach Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01, Appendix III / p. 2 hatte die HTS-Maschine einen Synchronmotor. Möglicherweise gilt das nur für später umgerüstete Magnetophone R 22a. Eine Bestätigung für die Angabe steht noch aus.
- ¹⁴¹⁹ N. N., Notiz zum Abschluss der Magnetophon GmbH zum 30. September 1943, 1943-09-30, AEG-Archiv (DTMB)
- N. N. (AEG AT/Mgt), Schaltbilder für das HF-Gerät, Fabrikation Ducretet, Netzteil, Aufsprechteil, Wiedergabeteil, erstellt 1941-04-21, Änderungszustand vom 1943-12-10 (Reaktion auf AEG-Reklamation?)
- ¹⁴²⁰ v. Braunmühl, Brief an Walter Weber, Smlg J. Weber, 1941-07-17
- ¹⁴²¹ Weber, Walter, Von der Wachsplatte zum Kleinstmagnetophon, Reichsrundfunk 13/14. Heft 1944/45, Oktober 1944, S. 137 f., 1944-10-01
- ¹⁴²² Braunmühl, Hans Joachim von, Ansprache zur Trauerfeier für Walter Weber, 21. Juli 1944
- ¹⁴²³ N. N. (RTI), Braunbuch-Beschreibung Kopfräger R 44, 1950-08-05
- ¹⁴²⁴ Carlson, Wendell L. and Carpenter, Glen W. Radio Telegraph System, USP 1,640,881, patented Aug. 30, 1927
- ¹⁴²⁵ Gespräch zwischen Dr. Erwin Lehrer und Friedrich Engel vom 02. Mai 1985
- ¹⁴²⁶ Igarashi, Teiji, Ishikawa, Mokoto und Nagai, Kenzo. JP 136 997, Magnetic Recording System using AC as „bias“, applied March 14, 1938, issued June 21, 1940 (nach einer Übersetzung ins Englische)
- ¹⁴²⁷ Nagai, Kenzo und Nishina, Tamotsu, On Magnetic Sound-Recording Materials, Japan Nickel Review VI. 8 No. 4 – Oct. 1940, p. 256 ... 264
- ¹⁴²⁸ Wooldridge, Dean E., Magnetic Telegraphphone, Patent US 2,235,132, angemeldet 1939-07-29, patentiert 1941-03-18
- ¹⁴²⁹ McKnight, Jay, AC Bias at Bell Telephone Laboratories, 1936...1939; http://www.aes.org/aeshc/pdf/mcknight_ac-bias-at-btl-1936-1939.pdf, 2013-10-20 (Zugriff 2019-06-02)
- ¹⁴³⁰ Camras, Marvin. Methods and Means of Magnetic Recording, USP 2,351,004, Application December 22, 1941, patented June 13, 1944
- ¹⁴³¹ Lübeck, Heinz und Schüller, Eduard, Verfahren zur magnetischen Schallaufzeichnung, DE 973 824, angemeldet 1940-10-20, ausgegeben 1960-06-15
- ¹⁴³² • Goshima, Takeshi; Kohtani, Yutaka, Magnetic Recording System, US 3,704,349, angemeldet 1971-01-18, ausgegeben 1972-11-28
- MC, Review of Acoustical Patents, JAES Volume 24, Number 4, p. 314, 1976-05-01
- ¹⁴³³ Alverson, James G., Patent US 1,886,616: Magnetic Sound Recording System, 1931-03-20
- ¹⁴³⁴ Römer, J., Zur Geschichte der HF-Vormagnetisierung, Elektron. Rundsch. 1956 Nr. 3 S. 79, 1956-03-01
- ¹⁴³⁵ Roth, Wilhelm, Obering.; Brief an H.-J. Cabus, Pressestelle der BASF Aktiengesellschaft, 1982-09-08
- ¹⁴³⁶ AEG, Mgt/V, Dr. Schepelmann, Aktenvermerk betr. Regelung Magnetophon / Klangfilm, AEG-Archiv, 1941-05-17
- ¹⁴³⁷ Orlich, Heinz, Interview mit Heinz Thiele, 1986-06-05, in: Die Tonträger im Nachlass Heinz Thiele (Transkription F.E.)
- ¹⁴³⁸ Weber, Walter, Brief an H.J.v. Braunmühl, 1941-05-30, Sammlung Dr. Joerg Weber
- ¹⁴³⁹ Braunmühl, Hans Joachim von, Brief an Walter Weber, 1941-04-11, Sammlung Dr. Joerg Weber
- ¹⁴⁴⁰ Dr. Ho., AEG, Aktennotiz: Nachbereitung der Pressevorführung des Magnetophonverfahrens im Berliner UFA-Palast vom 1941-06-10, 1941-06-16, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 03859
- ¹⁴⁴¹ N. N., Einladung der AEG Berlin sowie Beilage der RRG zur Firmenpräsentation am 10. Juni 1941 im UFA-Palast am Zoo, Beginn 10 Uhr; Sammlung Dr. Jörg Weber
- ¹⁴⁴² Die Zitate aus der Tagespresse stammen aus folgenden Quellen:
 FUNKSCHAU, Heft 7/1941, Seite 111 (Blatt 2) - Rheinisch-Westfälische Zeitung, 11.6.41 (S. 15)
 Deutsche Allgemeine Zeitung, 12.6.41 (S. 17) - Berliner Börsen-Zeitung, 12.6.1941, Blatt 5
 Rundschau Deutscher Technik, 19.6.1941 (S. 21) - Münchner Neueste Nachrichten, 25.6.1941 (S. 30)
 Völkischer Beobachter, Nr. 163, vom 12.06.1941
 Fotokopien im Unternehmensarchiv der BASF SE, Ludwigshafen
- ¹⁴⁴³ AEG, Pressestelle, Nachbereitung der Pressevorführung des Magnetophonverfahrens im Berliner Ufa-Palast vom 1941-06-10, BASF SE UA P 917 sowie DTMB AEG 03859
- ¹⁴⁴⁴ https://de.wikipedia.org/wiki/Ufa-Palast_am_Zoo [2015-12-27]
- ¹⁴⁴⁵ Einladung und Veranstaltungsprogramm der AEG Berlin und Beilageblatt der RRG
- ¹⁴⁴⁶ Laut Einladung und Veranstaltungsprogramm der AEG Berlin
- ¹⁴⁴⁷ v. R. „Hochwertiges Magnetophon-Verfahren“, Rundschau Deutscher Technik, 19. Juni 1941
- ¹⁴⁴⁸ Braunmühl, Hans Joachim von, Brief an R. Schmidt, Filmtechnische Zentralstelle, 1941-02-28
- ¹⁴⁴⁹ N. N., Artikel "Frauen sind doch bessere Diplomaten", https://de.wikipedia.org/wiki/Frauen_sind_doch_bessere_Diplomaten (Zugriff [2019-06-09])
- ¹⁴⁵⁰ N. N., Eine deutsche Erfindung: Der Magnetfilm / Deutsche Technik entwickelt ein umwälzendes Tonverfahren, Deutsche Zeitung, Königsberg, 1941-06-11
- ¹⁴⁵¹ Das Digitalisat einer Magnetband-Kopie (19 cm/s, Halbspur) mit den Aufnahmen dieser Darbietung, die aller Wahrscheinlichkeit vom verschollenen Originalband gezogen wurde, befindet sich in der Sammlung des Verf.
- ¹⁴⁵² Société Wilhelm Furtwängler, Konzerttermine Wilhelm Furtwänglers (<http://www.furtwaengler-gesellschaft.de/cd.html>); Vobiller, Katja, Stiftung Berliner Philharmoniker, E-Mail an den Verf., 2015-06-15
- ¹⁴⁵³ Schnapp, Friedrich, Biographie und Interview mit Gert Fischer, o.D., http://patangel.free.fr/furt/schna_en.htm
- ¹⁴⁵⁴ Eggert, John (J.G. Wolfen Filmfabrik), Bericht vom Besuch bei der AEG vom 3.7.1941, 1941-07-07, Betriebsarchiv Wolfen A 19 711; Nr. 822
- ¹⁴⁵⁵ Orlich, Heinz, Interview mit Heinz Thiele, 1986-06-05, in: Die Tonträger im Nachlass Heinz Thiele (Transkription F.E.)
- ¹⁴⁵⁶ Dr. Ho., AEG, Aktennotiz: Nachbereitung der Pressevorführung des Magnetophonverfahrens im Berliner UFA-Palast vom 1941-06-10, 1941-06-16, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 03859
- ¹⁴⁵⁷ N. N., Vorführung des neuen Magnetophons, Akustische Zeitschrift, Juli 1941, S. 264
- ¹⁴⁵⁸ Kluth, Heinrich, Jetzt klingt es noch viel besser, Berliner Lokalanzeiger 1941-06-12. Weitere Berichte u.a. in Deutsche Allgemeine Zeitung, 1941-06-12, Nadelton - Lichtton - Magnetophon
- ¹⁴⁵⁹ Ein entsprechender Dokumentenbestand für 1940 bis Mitte 1941 ist im Unternehmensarchiv der BASF SE nicht auffindbar
- ¹⁴⁶⁰ N. N. (Brendel?), Notiz betr. Magnetophon, BASF UA P 914 [Magnetophon 6.18], 1941-06-17

- ¹⁴⁶¹ Nestler, Gerhard und Senz, Christine, Archive der Stadt Frankenthal, pers. Mitteilung, August 2017
- ¹⁴⁶² Eggert, John, Aktennotiz über zwei Besprechungen in Ludwigshafen am 13. und 14.5.43, Magnetophon betreffend, 1943-05-17, BA Wolfen, A 6 131 und A 19711
- ¹⁴⁶³ Zur Adaption der Liszt-Komposition vergleiche
Les Préludes, https://de.wikipedia.org/wiki/Les_Pr%C3%A9ludes
Russland-Fanfare, <https://de.wikipedia.org/wiki/Russland-Fanfare>
Unternehmen Barbarossa, https://de.wikipedia.org/wiki/Unternehmen_Barbarossa
Zur Rolle von Goebbels:
Rathkolb, Oliver: Zeitgeschichtliche Notizen zur politischen Rezeption des „europäischen Phänomens Franz Liszt“ während der nationalsozialistischen Ara. In: Liszt heute. Bericht über das Internationale Symposium, Eisenstadt 8.-11. Mai 1986 (= Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland. Bd. 78). Eisenstadt 1987, S. 45-55, hier S. 51 f.;
http://www.zobodat.at/pdf/Wiss-Arbeiten-Burgenland_078_0045-0055.pdf
- ¹⁴⁶⁴ Thiele, Heinz: Das Magnetophon - Zur Entstehung und den ersten Anwendungen. Interview mit Dr.-Ing. Hans Schießler, Hans Westpfahl, Drs. Schadwinkel und Rindfleisch, Rudolf Hahn, 1981-09-23 (Umschrift F.E.)
- ¹⁴⁶⁵ Haffner, Herbert, Furtwängler; Parthas 2003; ISBN-13: 978-3932529450
- ¹⁴⁶⁶ von Braunmühl, Hans Joachim, Brief an Walter Weber, 1941-07-17, Sammlung Dr. Jörg Weber
- ¹⁴⁶⁷ Lieber, N.N. (Telefunkenplatte), Protokoll über die Besprechung bei Herrn Schwab am Montag, d. 28.4.41
9 Uhr, 1941-05-03, AEG-Archiv (DTMB). – Dieses Protokoll stützt die Annahme, dass Telefunkenplatte bereits vor Abschluss des HF-Magnetophon-Mietvertrags mit der Magnetophon GmbH, einer Tochtergesellschaft der AEG (15./17.7.1943), ein Magnetophon mit Hochfrequenzvormagnetisierung benutzt hat – dies ist umso wahrscheinlicher, als Telefunkenplatte seit 1941 zur AEG gehörte und schon die Mehrzahl der Demonstrationsaufnahmen für die Vorstellung des HF-Magnetophons (10. Juni 1941) gestellt hatte. – Dass es sich um Magnetophonband-Aufnahmen handelt, bestätigte indirekt Elisabeth Furtwängler (Kier, Herfried, Der fixierte Klang: Zum Dokumentarcharakter von Musikaufnahmen mit Interpretieren Klassischer Musik, Seite 77; dohr köln 2006)
- ¹⁴⁶⁸ Sener Freies Berlin, Schallarchiv: Musikschätze der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft / SFB-Archiv, 1992
- ¹⁴⁶⁹ N. N., Furtwängler – une CD-graphie; <https://web.archive.org/web/20170131192008/http://patangel.free.fr/furt/disco.htm> [Zugriff 2017-10-14]
- ¹⁴⁷⁰ Sanfridsson, Arne, Inspelningsteknikens utveckling inom våra företag [Die Entwicklung der Aufzeichnungstechnik in unserem Unternehmen], http://www.rtpk.org/minnen/asaartikel_inspelning.htm [Zugriff 2017-10-16]
- ¹⁴⁷¹ Scheffler, Otto, Ein Beitrag zur Geschichte der Rundfunktechnik, Interview (zwei Teile) mit Werner Schwipps und Walter Hermekeing, 23. März 1983 und 23. November 1983
- ¹⁴⁷² Wagner, Wolfgang, Über Wilhelm Furtwängler, in: Matzner, Joachim: Furtwängler – Analyse Dokument Protokoll, hg. von Stephan Jaeger, Atlantis Musikbuch-Verlag AG, 1986, Seite 152 ff.; ISBN 3-254-00116-8
- ¹⁴⁷³ Böhm, Karl; Wiener Philharmoniker: Anton Bruckner, Sinfonie Nr. 7 E-dur, Aufnahme vom 4. und 5. Juni 1943; im Original Aufnahme der RRG, mehrfache Neuauflagen auf Schallplatten
- ¹⁴⁷⁴ Böhm, Karl; Wiener Philharmoniker: Anton Bruckner, Sinfonie Nr. 7 E-dur, Aufnahme vom 4. und 5. Juni 1943; im Original Aufnahme der RRG, mehrfache Neuauflagen auf Schallplatten
- ¹⁴⁷⁵ Sender Freies Berlin, Schallarchiv: Musikschätze der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft / SFB-Archiv, 1992
- ¹⁴⁷⁶ Bauernfeind, Wolfgang, Tonspuren - Das Haus des Rundfunks in Berlin, CH. Links, Berlin, 2010, ISBN 978-3-86153-598-0
- ¹⁴⁷⁷ Lang, Klaus, Rettung auf abenteuerlichen Umwegen / Zum 50. Jahrestag von Stereo-Tonbandaufnahmen, Booklet zur gleichnamigen CD der Audio Engineering Society, 1993
- ¹⁴⁷⁸ Decker, Kerstin: Klaus Lang – Musik, war das nicht Religion mit anderen Mitteln?, <http://www.tagesspiegel.de/berlin/nachrufe/klaus-lang-geb-1938/8516392.html> 2013-07-19 [Zugriff 2017-09-23]
- ¹⁴⁷⁹ Nebenbei: Was hat es wohl zu bedeuten, dass gerade Herbert von Karajan mit seiner Fanfare „Alles andere ist dagegen [nämlich die CD] Gaslicht“ den Durchbruch zur digitalen Schallaufzeichnung und damit das schleichende Verschwinden des Magnetbands signalisierte?
- ¹⁴⁸⁰ Lübeck, Heinz, Notiz über eine Besprechung bei der Reichs-Rundfunkgesellschaft am 19.6.1941, 1941-06-19, AEG-Archiv (DTMB) 03218
- ¹⁴⁸¹ N. N. (Deutsches Rundfunkarchiv), 75 Jahre Radio in Deutschland, URL: http://www.dra.de/rundfunkgeschichte/75jahreradio/nszeit/bestrafung/inhalt_einheit.html [2009-04-13]
- ¹⁴⁸² N. N. Artikel "Signal (Zeitschrift), [https://de.wikipedia.org/wiki/Signal_\(Zeitschrift\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Signal_(Zeitschrift)) (Zugriff 2019-06-09)
- ¹⁴⁸³ Signal, Sonderausgabe der Berliner Illustrierten Zeitung; Deutscher Verlag Berlin, 1940 - 1945, Heft 11, Juni 1943. Übersetzung der Legende aus dem Niederländischen.
- ¹⁴⁸⁴ Fritzsche, Hans, geboren 1900, 1924 ... 1932 im Hugenberg-Konzern, 1933-05-01 Übernahme in das Reichsministerium für Volksaufklärung und Propaganda (RMVP) sowie Eintritt in die NSDAP, 1938-12 Leiter der Abteilung Presse im RMVP, 1942-10 Ernennung zum Ministerialdirektor, 1942-11 Leiter der Rundfunkabteilung des RMVP und Generalbevollmächtigter für die politische Organisation des Großdeutschen Rundfunks. In den Nürnberger Prozessen freigesprochen, im Entnazifizierungsverfahren zu 9 Jahren Arbeitslager verurteilt, 1950 entlassen, gestorben 1953.
- ¹⁴⁸⁵ Fritzsche, Hans, Rundfunk im totalen Krieg, Reichsrundfunk 13/14 (1943/44), S. 135 f., 1944-10-01
- ¹⁴⁸⁶ Theuerkauf, Holger, Goebbels Filmerbe – Das Geschäft mit unveröffentlichten UFA-Filmen, S. 17, Ullstein Berlin 1998
- ¹⁴⁸⁷ Maegerlein, Heinz, Formen der Kriegsberichterstattung im Rundfunk, Reichsrundfunk 1942/43 Heft 13, S. 243 – 245, 1942-09-01
- ¹⁴⁸⁸ N. N., Reportage „V 1 über England“, Tondokument ohne nähere Angaben, aus Besitz F.W.O. Bauch, Brighthon, UK; Kopie erhalten 1991
- ¹⁴⁸⁹ Deutsches Rundfunk-Archiv, Erfassungsdatei für Bildmaterialien, Bild Nr. 00038197
- ¹⁴⁹⁰ von Braunmühl, Brief an Walter Weber, 1941-07-17, Smlg J. Weber
- ¹⁴⁹¹ Tonband GmbH, Bericht der Geschäftsführung zum 1. Geschäftsjahr vom 5.11.1942 – 30.9.1943, 1943-12-10, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 02242
- ¹⁴⁹² Pflaumer, Karl, Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern, I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Farben-Gruppe, 1945-07-11, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv
- ¹⁴⁹³ Braunmühl, Hans Joachim von, The Magnetophon, its properties and fields of use, in: Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01
- ¹⁴⁹⁴ z.B. Schadwinkel, Gerhard, Schallplatte oder Magnetophonband im Rundfunkbetrieb?, Reichsrundfunk, 17. Heft 1941/42, 7. November 1941, S. 335-337
• Weber, Walter, Von der Wachsplatte zum Kleinstmagnetophon, Reichsrundfunk 13./14. Heft 1944/45, Oktober 1944, S. 137 f., 1944-10-01
- ¹⁴⁹⁵ Braunmühl, Hans Joachim von, Das Magnetophon im Rundfunkbetrieb, Reichsrundfunk 9/10 (1941/42), S. 185-186, 1941-07-01
- ¹⁴⁹⁶ • N. N., Braunbuch der RRG, Betriebsanweisung für die Magnetofonschallaufnahme R 122a, 1942-12-01
• N. N., Braunbuch der RRG, Geräteverzeichnis der RRG, Betriebstechnik, 1941 / 42
Das mit Klebeband meist praktizierte „freihändige Kleben“ dürfte erst in den 1950er Jahren aufkommen sein.
- ¹⁴⁹⁷ v.d.V. (van den Valentyn, Eduard), Neuanschaffungen und Änderungen an den Betriebseinrichtungen, RRG, 1942-02-20
- ¹⁴⁹⁸ N. N., Braunbuch der RRG, Betriebsanweisung für die Magnetofonschallaufnahme R 122a, 1942-12-01
- ¹⁴⁹⁹ Der Wechsel zur Bandgeschwindigkeit 38,1 cm/s verringerte die Anzahl der Bandwechsel nochmals. Die verbleibenden kritischen Bandwechsel waren z.B. in Wagner-Opern erforderlich, insbesondere bei Mitschnitten von den Bayreuther Festspielen. Hierfür waren aus langer Praxis „Mitschnitt-Klavierauszüge“ entstanden, in denen jeweils kurze Zäsuren und dergleichen vermerkt waren, in die dann der Bandwechsel gelegt wurde. Die Studio-Magnetbandgeräte hatten eine so kurze Hochlaufzeit, dass einfachste Erfahrungsregeln der Sendungstechniker „unhörbare“ Übergänge sicherstellten.
- ¹⁵⁰⁰ v.d.V [van den Valentyn, Eduard], Neuanschaffungen und Änderungen an Betriebseinrichtungen, Rundschreiben der RRG, 1942-08-01
- ¹⁵⁰¹ Zöllner, Hedwig, Klingendes Rundfunkjahr, Reichsrundfunk, Jg. 1943/1944, Heft 10, Januar 1944; Hg.: Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, Berlin, Verlag W. Kohlhammer Stuttgart und Berlin
- ¹⁵⁰² Weber, Walter, Von der Wachsplatte zum Kleinstmagnetophon, Reichsrundfunk 13./14. Heft 1944/45, Oktober 1944, S. 137 f., 1944-10-01
- ¹⁵⁰³ Elektr. Vers. Labor Lu 217 (Friedmann, Paul?), Aktennotiz: zum Vorschlag der R.R.G. vom 21.12.1942 über zukünftige Abnahmebedingungen und Meßvorschriften, 1943-01-15, BASF SE UA P 916.1

- ¹⁵⁰⁴ Braunmühl, Hans Joachim von, Ausstattung von Magnetofonbändern, RRG T 22 / 42, 1942-10-07
- ¹⁵⁰⁵ Braunmühl, Hans Joachim von, Begriffsbestimmungen für bandförmige Schallträger, RRG T 20 / 42, 1942-10-07
- ¹⁵⁰⁶ N. N. (RRG), Rundschreiben: Betriebsstörungen, 1943-12-23
- ¹⁵⁰⁷ Pfeumer, Fritz, Notiz Magnetophon – Vorschlag betr. Bobinen-Aufbewahrung, 1935-09-02, AEG-Archiv, Smlg Thiele
- ¹⁵⁰⁸ van den Valentyn, Eduard, Begriffsbestimmungen für bandförmige Schallträger, internes Rundschreiben der RRG vom 1944-01-08
- ¹⁵⁰⁹ Springer, Anton Marian, Praktische Einzelfragen bei Magnetofoneinsatz, in: Kurzberichte über die ... im Haus des Rundfunks im Januar 1943 gehaltenen Vorträge (I), Umdruck, Berlin 1943, 1943-01-19
- ¹⁵¹⁰ Dr. P./MA (RRG), Brief an Tonband GmbH, 1943-03-09, DTMB AEG 02292
- ¹⁵¹¹ • Reintgen, Karl-Heinz ("Leutnant Reintgen") und Nierentz, N. N. ("Sonderführer Nierentz"), So begann der Soldatensender Belgrad, Welt-Rundfunk, Internationale Zeitschrift für Rundfunk und Fernsehen, 5. Jhg. 1941, November/Dezember, S. 23 ...27; DRA
 • Die Geschichte des Soldatensenders Belgrad und des Liedes „Lili Marlen“ ist beschrieben in Boelcke, Willi A., Die Macht des Radios, Weltpolitik und Auslandsrundfunk 1924 – 1976, Ullstein Verlag, 1977
 • In dem gleichnamigen Film von Rainer Werner Fassbinder (1980) unterlief ein technikhistorischer Fehler: für die Aufzeichnung des Liedes LILI MARLEN, hier auf den 1. September 1939, den Tag des Kriegsbeginns, verlegt, kam natürlich noch kein Tonbandgerät in Frage, da es damals keineswegs die für eine Überspielung auf Schallplatte notwendige Qualität lieferte.
- ¹⁵¹² • N. N., wikipedia, Artikel Clément Ader; https://de.wikipedia.org/wiki/Cl%C3%A9ment_Ader
 • N. N., wikipedia, Artikel Theatrophon; <https://de.wikipedia.org/wiki/Theatrophon> Clément Ader [Zugriff 2019-06-11]
- ¹⁵¹³ Copeland, Jack, The Alan Blumlein Homepage, http://www.alanturing.net/turing_archive/pages/blumlein/index.html [Zugriff 2019-06-11]
- ¹⁵¹⁴ • Wohlrab, Hans Christoph, Highlights of the History of Sound Recording on Film in Europe; SMPTE Motion Imaging Journal. Vol. 85, No. 7, 1976, S. 531-533
 • Ristow, Jürgen: Audio Technologie in Berlin bis 1943: Lichtton; in: 50 Jahre Stereo-Magnetbandtechnik, Audio Engineering Society, Hg.: Heinz Thiele, Berlin 1993
- ¹⁵¹⁵ Braunmühl, Hans Joachim von, Brief an R. Schmidt, FTZ, 1941-02-28, Sammlung Dr. Joerg Weber; ebenso: Orlich; Heinz (UFA), Gedächtnisvermerk: Abteilungsleiter-Besprechung, 1941-09-30, Sammlung Orlich
- ¹⁵¹⁶ Braunmühl, Hans Joachim von, Brief an R. Schmidt, Filmtechnische Zentralstelle, 28. Februar 1941
- ¹⁵¹⁷ v. R., „Hochwertiges Magnetton-Verfahren“, Rundschau Deutscher Technik, 19. Juni 1941
- ¹⁵¹⁸ UFA-Vermerk vom 18.12.41 Da/M: „Die RRG hat Stereo-Versuche auf 6-mm-Magnettonband durchgeführt. Herr Dr. v. Braunmühl will Herrn Dr. Schmidt im Januar [1942] solche Aufnahmen vorführen.“
- ¹⁵¹⁹ Hamel, Fred, Raumplastische Klangwiedergabe / Die Musikübertragung der Zukunft; Deutsche Allgemeine Zeitung, Nr. 190, S. 1 (Ausgabe Berlin), 1943-04-21 - Fred Hamel (1903 ... 1957) wurde 1948 zum Produktionsleiter der Deutschen Grammophon-Gesellschaft ernannt und war dort unter anderem für die Archiv-Produktion verantwortlich.
- ¹⁵²⁰ Fröhlich, Elke (Hg.), Die Tagebücher von Joseph Goebbels, Diktate 1941-1945, Teil II: Diktate 1941-1945. Band 8: April - Juni 1943, K. G. Saur, 1995, Eintrag vom 25. Mai 1943
- ¹⁵²¹ Goebbels, Joseph: Tagebucheintrag vom 25. Mai 1943
 In: Nationalsozialismus, Holocaust, Widerstand und Exil 1933-1945. Online-Datenbank. De Gruyter. 23.05.2018.
<http://db-1saur-1de-1780109627.erf.sbb.spk-berlin.de/DGO/basicFullCitationView.jsf?documentId=TJG-5771>
 Dokument-ID: TJG-5771
 Ursprünglich veröffentlicht in: Goebbels, Joseph: Die Tagebücher von Joseph Goebbels. Im Auftrag des Instituts für Zeitgeschichte und mit Unterstützung des Staatlichen Archivdienstes Rußlands hrsg. von Elke Fröhlich. Teil II: Diktate 1941-1945. Band 8: April - Juni 1943. Bearb. von Hartmut Mehringer. München [u.a.]: K. G. Saur, 1993. S. 358-366
- ¹⁵²² Schmidbauer, Otto, Neue Magnettonverstärker, in RTI-Mitteilungen Nr. 8, 1951-01-16. – Die Schaltbilder sind wiedergegeben in Menard, James Z. High Frequency Magnetophon, FIAT Final Report 705, January 1946, p. 19
- ¹⁵²³ Eine der RRG-Stereo-Aufnahmen, Ludwig van Beethovens Fünftes Klavierkonzert Es-dur, op. 73 [Solist: Walter Giesecking, Großes Berliner Rundfunkorchester, Leitung Arthur Rother, Aufnahme von 1944; CD der AES Europe Region "Zum 50. Geburtstag von Stereo-Tonbandaufnahmen" in Verbindung mit dem Sender Freies Berlin, 1993]. Der erste Satz dauert 19 min 15 s, hätte also auf ein 1000-m-Band gepasst, jedoch nicht das ganze, 36 min 35 s lange Konzert. Etwa 16 min 28 s nach Beginn des ersten Satzes, bei einer gut schnittgeeigneten Stelle, fällt ein Tonhöhen sprung auf, etwa einen Achtelton nach unten, gleichzeitig ändert sich auch die Phasenlage. [Pers. Mitteilung von Hans-Joachim Röhrs, München, April 2006] Die plausibelste Annahme ist, dass mit der ersten Maschine zuerst der größere Teil des ersten Satzes aufgezeichnet und rechtzeitig vor Bandende die zweite, minimal langsamere laufende zweite Maschine gestartet wurde - sie dürfte zudem einen Verdrahtungsfehler gehabt haben. Wie Walter Weber [Weber, Walter, RRG-Betriebsanweisung Schmierung der Magnetofone, 1944-02-20, DTMB] festhält, lag die Drehzahl noch nicht betriebswarmer Asynchron-Motore offenbar unter dem Sollwert, was mit einem geeigneteren Schmiermittel abgestellt werden sollte.– Während des ersten Satzes sind in Pianostellen mehrfach dumpfe Knallgeräusche zu hören; zwischen 16:53 min und 16:58 min könnte es sich um Abschüsse von Flugabwehr-Geschützen handeln. Genaueres war nicht zu ermitteln, zumal das tagesgenaue Datum der Aufnahme nicht bekannt ist.
- ¹⁵²⁴ Katalog „Magnetköpfe“, Wolfgang Bogen GmbH, Berlin, Ausgabe 1971
- ¹⁵²⁵ Schüller, Eduard, Hör- oder Sprechkopf für *Zweispuraufzeichnung* nach dem Magnettonverfahren, Patent DE 877 370, angemeldet 1942-06-25, ausgegeben 1953-05-21, Zusatz zum Patent 702 298. – Ein weiteres, am gleichen Tag angemeldetes Patent schützt Magnetköpfe mit drei und mehr Spulen, die Grundlage der Mehrspurtechnik (multitrack recording) in der Magnettonaufzeichnung (Schüller, Eduard, Hör- oder Sprechkopf für *Mehrsauraufzeichnung* bei der magnetischen Schallaufzeichnung, Patent DE 965 536, angemeldet 1942-06-25, ausgegeben 1957-06-27)
- ¹⁵²⁶ Menard, James Z., High Frequency Magnetophon Magnetic Sound Recorders, FIAT Final Report No. 705, January 1946
- ¹⁵²⁷ Braunmühl, Hans Joachim von, Stereoakustische Übertragungen, in: Kurzberichte über die anlässlich des Schulungslehrganges für PK-Rundfunkingenieure im Haus des Rundfunks im Januar 1943 gehaltenen Vorträge, II. Teil [Manuskript], Berlin: 1943
- ¹⁵²⁸ Hamel, Fred, Raumplastische Klangwiedergabe, Deutsche Allgemeine Zeitung, 21. April 1943
- ¹⁵²⁹ • Regelin, G., Klänge auf dem magnetisierten Filmband, Berliner Morgenpost, Berlin: 28. April 1943
 • N. N., Stereophonische Schallaufzeichnung, Uebersee Post, Leipzig, Nr. 1, 1944
- ¹⁵³⁰ • v. d. V. (Valentyn, Eduard van den), Fortschritte der deutschen Rundfunktechnik, Reichsrundfunk 1943/1944, Heft 5, 1943-08, S. 101 - 102
 • Schwandt, Erich, Das Breitbandprinzip in der Lautsprecher-Entwicklung, FUNKSCHAU 1/2 1944
 • N. N. (nach einem Vortrag von Obering. Hans Eckmiller), Ein neuartiger dynamischer Breitbandlautsprecher, Radio Mentor Vol. 9/10, 1943
- ¹⁵³¹ N. N., Stereophonische Schallaufzeichnung, Uebersee Post, Leipzig, Nr. 1, 1944
- ¹⁵³² Braunmühl, Hans Joachim von, Stereoakustische Übertragungen, in: Kurzberichte über die anlässlich des Schulungslehrganges für PK-Rundfunkingenieure im Haus des Rundfunks im Januar 1943 gehaltenen Vorträge, II. Teil [Manuskript], Berlin: 1943
- ¹⁵³³ • Krüger, Helmut und Hinz, Werner, Rundfunk in Berlin nach 1945, ETZ 1968 Nr. 18 S. 512 -514, 1968-10-01
 • Rundfunkpioniere; Erich Klemke spricht mit Dieter Fuß, aufgezeichnet am 20. Juni 1980
 • Ein Pionier des Rundfunks; Helmut R. Krüger im Gespräch mit Klaus Lang, SFB III, Sendung am 5. März 1989
- ¹⁵³⁴ Scheffler, Otto, Ein Beitrag zur Geschichte der Rundfunktechnik, Interview (zwei Teile) mit Werner Schwipps und Walter Hermeking, 23. März 1983 und 23. November 1983
- ¹⁵³⁵ Datumseingrenzung anhand zweier Dokumente:
 • Weber, Walter, RRG-Betriebsanweisung: Schmierung der Magnetofone, datiert Berlin-Charlottenburg, 1944-02-20, Smlg Stroeckens;
 • ders., Stand der Schallaufzeichnung und Wiedergabetechnik, Typoskript, datiert Kosten, 1944-03-27
- ¹⁵³⁶ Ein Pionier des Rundfunks; Helmut R. Krüger im Gespräch mit Klaus Lang, SFB III, Sendung am 5. März 1989
- ¹⁵³⁷ Hinz, Werner, Einige Erinnerungen an Geschichten um das Tonband, pers. Mitteilung
- ¹⁵³⁸ Lang, Klaus, Nur für Archivzwecke? / Die Geschichte der Wiederentdeckung, Rückführung und folgenreichen Sendung der historischen Tondokumente, in: Musikschätze der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, Hrsg. Sender Freies Berlin, Berlin: 1992, S. XVII
- ¹⁵³⁹ Feger, Fritz, Rundfunkübertragungstechnik, Reichs-Rundfunk 1942/1943 Heft 25, S. 495 – 497, 1943-03-07

- ¹⁵⁴⁰ Schmidbauer, Otto, Der Tonschreiber "D", in: Kurzberichte über die ... im Haus des Rundfunks im Januar 1943 gehaltenen Vorträge (I), Umdruck, Berlin 1943, 1943-01-19; S. 3
- ¹⁵⁴¹ N.N. (Otto Schmidbauer?), Schaltbild Ton-S. "d" HF / R 23a", Rundfunktechnische Zentralstelle Bad Homburg vor der Höhe, 1947-01-09, Änderungsdatum 1950-01-26
- ¹⁵⁴² N. N. (RTZ Bad Homburg?), Magnetofonbänder R 49, Braunbuch-Beschreibung, 1947-12-12, Seite 4
- ¹⁵⁴³ *DDR-Blaubuch, N. N., Tornister-Magnettonaufwerk mit Hochfrequenzvormagnetisierung (Tonschreiber „Dora-Hochfrequenz“), Beschreibung I/R 23c/1, 1950-04-28
- ¹⁵⁴⁴ Sperling, Joachim, Sonder-Magnetongeräte für den Rundfunkbetrieb, in: RTI Mitteilungen des Rundfunk-Technischen Instituts, 1951-01-16, S. 34 ff.
- ¹⁵⁴⁵ Braumnühl, H.-J.v., Weber, Walter, Magnetisches Schallaufzeichnungsverfahren geringer Schallträgergeschwindigkeit, Patentanmeldung B 12 607 (Altanmeldung B 197 512), 1942-03-16
- ¹⁵⁴⁶ N. N., Kleinstübertragungsgerät R 26, Braunbuch [Gerätebeschreibungen der RRG], o.D., ca. 1942-08-01
- ¹⁵⁴⁷ „Nagra“-Magnetbandgeräte des Wahlschweizers Stefan Kudelski, Inbegriff des tragbaren Tonbandgeräts mit Studioqualität, wogen einschließlich Batteriesatz 7,1 kg (*Nagra III*) bzw. 6,4 kg (*Nagra IV L*). Der vermutlich letzte „Tonschreiber“, das Telefunken-*Magnetophon 36* von 1974 (die „Antwort“ der AEG-Tochtergesellschaft Telefunken auf die *Nagras*) wog ohne 24-V-Stromversorgung 7 kg und war 11 x 33,7 x 32,4 cm (H x B x T) groß (Quelle: Handbuch zum magnetophon 36 / Tonschreiber, AEG-Telefunken, Konstanz, Mai 1974)
- ¹⁵⁴⁸ N. N., Kleinstübertragungsgerät R 26, Braunbuch [Gerätebeschreibungen der RRG], o.D., ca. 1942-08-01
- ¹⁵⁴⁹ Menard, James Z., High Frequency Magnetophon Magnetic Sound Recorders, FIAT Final Report No. 705, o. D. (ca. 1946-01-01)
- ¹⁵⁵⁰ Gatzka, N.N., Das Kleinstmagnetophon „R 26“, in: Kurzberichte über die anlässlich des Schulungslehrganges für PK-Rundfunkingenieure im Haus des Rundfunks im Januar 1943 gehaltenen Vorträge (I), Umdruck, Berlin 1943
- ¹⁵⁵¹ v.d.V [van den Valentyn, Eduard], Neuanschaffungen und Änderungen an Betriebseinrichtungen, Rundschreiben der RRG, 1942-08-01
- ¹⁵⁵² Brobeil, Dr. Wolfgang, Das Mikrofon im „Tiger“, Reichsrundfunk, Heft 8, Seite 155 ff., 1943
- ¹⁵⁵³ Paul, Monika, Mit den "Dippelbrüdern" zur TV-Premiere, Wiesbadener Tageblatt vom 08.02.2005, URL: <http://www.wiesbadener-tagblatt.de/region/serie/ fastnacht/objekt.php3?artikel id=1780424> [2006-06-18]
- ¹⁵⁵⁴ N. N., Kleinstübertragungsgerät R 26, Braunbuch [Gerätebeschreibungen der RRG], o.D., ca. 1942-08-01
- ¹⁵⁵⁵ N. N. (RTZ Bad Homburg?), Magnetofonbänder R 49, Braunbuch-Beschreibung, 1947-12-12, Seite 4
- ¹⁵⁵⁶ *DDR-Blaubuch; N. N., Entmagnetisierungsdrössel R 44, 1944-11-01
- ¹⁵⁵⁷ Schüller, Eduard, Verfahren und Vorrichtung zum Löschen eines Magnetogrammmträgers, der zu einer Spule gewickelt ist, Patent DE 972 166, angemeldet 1942-06-04 (Ausgabe 1959-05-27).
- ¹⁵⁵⁸ Schepelmann, Hans, [Interner Brief an] Dir. Dr. Heyne: Magnetophon – Produktion und Raumbedarf; 1941-02-10, DTMB AEG 03218
- ¹⁵⁵⁹ als bereits in Kraft getreten wird das „gentlemen agreement“ bezeichnet in
- Gaus, Wilhelm, Brief an Dir. Dr. ter Meer, I.G. Farben, Frankfurt, 1935-08-06, BASF SE UA P 911 [Magnetophon 2] und P 912 [5502] ausdrücklich bestätigt wird das „gentlemen agreement“ in
 - Gaus, Wilhelm, Brief an Geheimrat Bücher, AEG, Berlin, 1935-09-24 („Gaus-Bücher-Abkommen“), BASF SE UA P 915 [RA 1856] und 4 weitere Signaturen
- ¹⁵⁶⁰ Schoenemann, Karl, Brief an Dir. Horstmann, I.G. Ffm, 1935-08-07, BASF SE UA P 911 [Magnetophon 2]
- ¹⁵⁶¹ Schepelmann, Hans, Aktennotiz: Besprechung mit I.G. Farbenindustrie wegen Magnetophon-Geschäft, 1937-10-20, BASF SE UA P 912 [5502]
- ¹⁵⁶² N. N. (AEG), Notiz ohne Titel zur Gründung einer gemeinsamen Vertriebsgesellschaft von AEG und I.G. Farben, 1940-10-01, AEG-Archiv / Smlg Thiele
- ¹⁵⁶³ Gajewski, Fritz, sechsstufiger Brief an Dir. Dr. Ambros, I.G. Farbenindustrie AG Ludwigshafen, BASF SE UA P 914 [Magnetophon 6.18] und BA Wolfen A 6 131
- ¹⁵⁶⁴ Schepelmann, Hans, [Interner Brief an] Dir. Dr. Heyne: Magnetophon – Produktion und Raumbedarf; 1941-02-10, DTMB AEG 03218
- ¹⁵⁶⁵ • Clemens Brendel, 1884-05-13 in Höchst am Main geboren, avancierte bei Kalle und Co., Biebrich in den ersten drei Jahren nach seinem Eintritt zum Prokuristen. 1926 wechselte er nach Ludwigshafen, wo er wiederum drei Jahre später, 1929, zum Prokuristen und 1939 zum stellvertretenden Direktor der in Ludwigshafen residierenden Vertragszentrale der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft ernannt wurde. Er starb am 1948-07-28, „abends acht Uhr einem Herzschlag erlegen und hat die Explosionskatastrophe nicht mehr erfahren“. (Quellen: BASF SE UA Personenarchiv W 1 / Ordner Brendel 1; Heine, Jens Ulrich, Verstand & Schicksal, Kapitel 2.4)
- Hans Heyne, 1900-10-04 als Sohn des Zeiss-Ikon-Vorstandsmitglieds Karl J. G. Heyne geboren, kam 1934 als Hauptassistent der Fabriken-Oberleitung zu AEG und wurde 1942 zum stellvertretenden Vorstandsmitglied ernannt. Als Leiter „*Hauptausschuß Flugzeugausrüstung und Sonderausschuß Flugzeugelektronik*“ erhielt er 1944 die höchste Zivilisten vorbehaltene Auszeichnung, das „Ritterkreuz zum Kriegsverdienstkreuz mit Schwertern“. Nahezu folgerichtig „*verschwand er [1945] für einige Zeit von der Bildfläche, setzte aber 1950 seine Karriere unbeirrt fort*“. 1952 Vorstandsvorsitzender Telefunken, 1962 zusätzlich Vorsitzter des Vorstandes der AEG. Trotz bemerkenswerter Erfolge bei der Reorganisation von AEG und Telefunken wegen seines „*zuweilen despotischen*“ Führungsstils umstritten, musste er 1966 nach längeren Auseinandersetzungen mit seinem Nachfolger, Berthold Gomer, zurücktreten. (Quellen: Strunk, Peter: Die AEG, Aufstieg und Niedergang einer Industriellegende, Nicolai Berlin 1999; FUNKSCHAU 1965, Heft 21, S. 574 und 1966, Heft 02, S. 34)
- ¹⁵⁶⁶ Mediger, Harald, I.G. Wolfen Filmfabrik, Brief an Zentralstelle für Verträge, Ludwigshafen, 1941-08-25, BASF SE UA P 914 [Magnetophon 6.18] und BA Wolfen A 6 131
- ¹⁵⁶⁷ Dr.-Ing., Dr. jur. Harald Mediger, 1897-07-01 (Dresden) – ?, kam am 1923-01-02 zur Filmfabrik Wolfen und nahm um 1940 eine leitende Stellung in der Patentabteilung ein. Sein offizieller Austritt aus der Filmfabrik datiert vom 1945-06-30 (Mitteilung von Dipl.-Archivar Manfred Gill, Industrie- und Fotomuseum Wolfen, 2004-07-01), nachdem er kurz nach Kriegsende von dem amerikanischen Audio-Fachmann im Colonel-Rang Richard H. Ranger nach München „evakuiert“ bzw., nach anderer Lesart, verschleppt worden war.
- ¹⁵⁶⁸ Gajewski, Fritz, sechsstufiger Brief an Dir. Dr. Ambros, I.G. Farbenindustrie AG Ludwigshafen, BASF SE UA P 914 [Magnetophon 6.18] und BA Wolfen A 6 131, 1941-11-20
- ¹⁵⁶⁹ Schoenemann, Karl, Begleitbrief zum und Entwurf einer Patentanmeldung, 1935-07-19, BASF SE UA P 911 [Patentfragen]; vgl. auch O.Z. 8989
- ¹⁵⁷⁰ Gaus, Wilhelm, handschriftlicher Brief an I.G. LU, Rechtsabt., Dr. Brendel, 1942-04-01, BASF SE UA P 913 [Magnetophon 6.18]
- ¹⁵⁷¹ Dilthey, Günther (I.G. Farben Ludwigshafen Rechtsabteilung), Aktennotiz: Magnetophon G.m.b.H. / Anstellungsverträge der Geschäftsführer, 1942-10-19, BASF SE UA P 915 [Magnetophon / Personalia 6.19]
- ¹⁵⁷² N. N., Reichsanzeiger No. 208 v. 5.9.42; Amtsgericht Berlin: Neueintragung B 59 385 Magnetophon Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Berlin (N, Drontheimer Str. 35-38); BASF SE UA A 261/20 (IG)
- ¹⁵⁷³ Eine umfassende und präzise Beschreibung des Vertrags über die Magnetophon G.m.b.H. findet sich auf der Karteikarte No. 3257 aus dem Vertragsarchiv der I.G.-Zentrale Frankfurt [Auszüge]:
- Interessengemeinschaftsvertrag (Mantelvertrag) zwischen AEG und I.G. LU (betr. Magnetophon GmbH). Vertragsdatum 31.07./10.08.1942. Gegenstand des Vertrages: Zusammenarbeit auf dem Gebiet der magnetischen Schallaufzeichnung und –wiedergabe. AEG wird sich auf die Herstellung des Geräts, I.G. auf die Herstellung des Tonträgers konzentrieren. Der Verkauf der hergestellten Tonträger wird gemeinsam organisiert und durchgeführt. Es wird eine Gesellschaft „Magnetophon GmbH.“ mit dem Sitz in Berlin gegründet. AEG und I.G. lassen den gesamten Verkauf durch die GmbH ausführen. Preise und Verkaufsbedingungen werden von der Geschäftsführung im Einvernehmen mit der Gesellschafterversammlung festgesetzt. Die GmbH trägt das Delkredere. Der Erwerb von Erfindungen und Erfahrungen Dritter soll ausschließlich über die GmbH erfolgen. Geheimhaltung. Härteklause. (Magnetophon). Ausgetauscht am 29.08.1942 in Lu. [BASF Kartei „Verträge Frankfurt“]
- ¹⁵⁷⁴ Gaus, Wilhelm; Brief an I.G. LU, Rechtsabt., Dr. Brendel, 1942-10-07; BASF SE UA P 915 [Magnetophon 6.19]; soweit bekannt, ist dies die letzte schriftliche Äußerung von Gaus zum Thema Magnetophonband.
- ¹⁵⁷⁵ Der Verfasser (F.E.) ist nicht in der Lage, hieraus Schlüsse auf die wirtschaftliche Lage und die Erträge der Magnetophon G.m.b.H. zu ziehen. Das Erhaltene dürfte zudem wegen der kriegswirtschafts-bedingten Abrechnungsmodi ohne Spezialwissen kaum zu analysieren sein.
- ¹⁵⁷⁶ Schepelmann, Hans, Exposé für die Besprechung am 29. Juni 1943, Anhang „Erlösübersicht 1.10.1942 – 31.3.1943“, 1943-06-16, BASF SE UA P 915 [Magnetophon 6.19];
- Jahresproduktion 1942 / 1943 aus Pflaumer, Karl, Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern, I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Farben-Gruppe, 1945-07-11
- ¹⁵⁷⁷ N. N., Magnetophon G.m.b.H., 2. Quartalsbericht der Magnetophon G.m.b.H. (1.1.43 – 31.3.43), BASF SE UA P 915 [Magnetophon 6.19]
- ¹⁵⁷⁸ Im Auftragsbestand 1942/1943 nicht genannt.
- ¹⁵⁷⁹ Payne, E.M. (EMI); Pulling, M.J.L. (BBC), Parker, H.E. (MSS), Sound Recording, Reproducing and Other Electro-Acoustic Targets, BIOS Final Report No. 1176, o.D. (ca.1945)
- ¹⁵⁸⁰ Feldenkirchen, Wilfried, Siemens 1918 - 1945, (Piper München Zürich 1995) S. 350 ff.

- 1581 Hauptprodukt dieser Firma war das „Tefiphon“, von dem es neben den zahlenmäßig überwiegenden Nur-Abspielgeräten auch aufnahme-fähige Versionen gab.
- 1582 N. N., Eine Schallfilmindustrie entsteht, Frankfurter Zeitung Nr. 274 v. 21.11.42, BASF SE UA P 915 [Magnetophon 6.19] und A 261/20 (IG),
- 1583 Lieber, N. N. (Telefunkenplatte), Protokoll über die Besprechung bei Herrn Schwab am Montag, d. 28.4.41 9 Uhr, 1941-05-03, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 03218
- 1584 Heyne, Hans, AEG, [Notiz für] Herrn Direktor Dr. Boden, 1942-01-24, AEG-Archiv (DTMB) 03218
- 1585 Das für den Magnetophon-Bereich zuständige Vorstandsmitglied Dr. Hans Heyne wurde in den 1960er Jahren zum Vorstands-Vorsitzenden von AEG-Telefunken ernannt
- 1586 N. N., Tonband GmbH, Berlin, Frankfurter Zeitung Nr. 577, 1942-11-11, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv. – In diesem Zusammenhang ist daran zu erinnern, dass Curt Stille bereits 1929 ein Patent auf die Verwendung eines magnetischen Zwischenträgers zur Schallplattenproduktion erhielt (Stille, Curt, Improvements in the Recording of Sound Waves on Discs, Cylinders, or like Rotating Members, GB 328,721, angemeldet 1929-02-25)
- 1587 Müller-Ernesti, Rolf (AEG Berlin), Verfahren zum Kopieren einer magnetischen Schallaufzeichnung, DE 910 602, 1941-10-31 (Ausgabe 1954-05-03); Inhalt laut Beschreibung der AEG- 1950-05-01: „Geschützt ist das in letzter Zeit in mehreren amerikanischen Veröffentlichungen propagierte Verfahren zum Kopieren einer magnetischen Schallaufzeichnung durch Auflegen auf einen bereits bespielten Magnetogrammräger, wobei beide einem äußeren Magnetfeld, insbesondere einem Wechselfeld, ausgesetzt werden.“ Eine Anmeldung, aus der ein DE 761 605 „Kontaktkopie“ resultieren sollte, ist offenbar im Lauf der Krieges untergegangen, das Patent wurde nicht ausgegeben.
- 1588 Eggert, John (Leiter des Photochemischen Laboratoriums, d.h., Forschungsdirektor, der Filmfabrik Wolfen), Aktennotiz über meinen Besuch in Ludwigshafen am 17.10.1941 betr. Magnetophonbandherstellung, 1941-10-20, Betriebsarchiv der Filmfabrik Wolfen A 19 711, Nr. 831
- 1589 Lübeck, Heinz, Aktennotiz betr. Besprechung mit Herrn Dr. Schepelmann am 9.12.1942, 1942-12-09, DTMB AEG 02292
- 1590 N. N., Tonband GmbH, Berlin, Bilanzunterlagen zum Jahresabschluss der Tonband GmbH, Berlin, zum 30. September 1943, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 02242
- 1591 Lübeck, Heinz, Jankowski, N. N. (Tonband GmbH), Begründung für unsere Rückstellung: Entwicklungskosten, 1943-05-03, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 02242, Lübeck, Heinz, Aktennotiz betr. Besprechung mit Herrn Dr. Schepelmann am 9.12.1942, 1942-12-09, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 02292
- 1592 N. N., interner Brief der AEG vom 1943-03-09, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 02292
- 1593 Nissen, Hans-Friedrich (Filmfabrik Wolfen der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft), Bericht über zwei Besprechungen Magnetophon betreffend / Besprechung im Rundfunkhaus Masurenallee / Herr Dr. v. Braunmühl..., 1942-10-30, Betriebsarchiv Wolfen, A 613
- 1594 Tonband GmbH, Bericht der Geschäftsführung zum 1. Geschäftsjahr vom 5.11.1942 – 30.9.1943, 1943-12-10, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 02242
- 1595 Karl Pflaumer, Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern, I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Farben-Gruppe, 1945-07-11, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv
- 1596 N. N., interner Brief der AEG vom 1943-03-09, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 02292
- 1597 Lübeck, Heinz, Verfahren und Vorrichtung zum Aufzeichnen von Schallwellen auf Schallplatten, DE 971 917, 1943-06-20 (Bekanntmachung 1952-08-07, Ausgabe 1959-04-02)
- 1598 Rhein, Eduard, Verfahren zur Aufzeichnung einer Tonschrift mit Steuerung des Abstandes zwischen benachbarten Tonspuren, Patent DE 966 210, angemeldet 1942-11-21, bekanntgemacht 1957
- 1599 Bruch, Walter, Von der Tonwalze zur Bildplatte – 100 Jahre Ton- und Bildspeicherung, 1. Teil: Schallplatte (Mechanische Schallaufzeichnung), Sonderdruck der FUNKSCHAU, Franzis München 1977-1979
- 1600 Tonband GmbH, Mietvertrag zwischen der Tonband GmbH und der Telefunkenplatte G.m.b.H., 1943-07-15, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 02292
- 1601 An der Donau steht Marika, Lied und Foxtrot; Musik: Jenő Huszka, Text: Günther Schwenn, Peter Schaeffers, Verlag: Bard, Budapest; <http://www.bobsmusic.de/schlager40er.htm> [2004-11-26]
- 1602 Schmidseeder, Ludwig, Franz, ich hab' einen Auftrag für Dich!, Wienerlied; Text von Erich Meder/Ludwig Schmidseeder, www.musikantique.com/Down/Katalog31.pdf [2004-11-26]
- 1603 Niiniluoto, Maarit, Harmony Sisters in Europe 1942-48, http://www.fiftyrecords.com/kaappa/Harmony_Sisters_english.pdf (Zugriff 2019-06-25)
- 1604 Tonband GmbH, Notiz: Tonbänder, hergestellt in Zusammenarbeit mit der Telefunkenplatte, 1943-12-29, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 02242
- 1605 Lübeck, Heinz, Brief an Dr. Facius, Telefunkenplatte, 1944-02-12, Deutsches Technik-Museum Berlin, Archiv AEG 02292
- 1606 Tonband GmbH, Bericht der Geschäftsführung zum 1. Geschäftsjahr vom 5.11.1942 – 30.9.1943, 1943-12-10, AEG-Archiv (DTMB) 02242, N431210A (Auszug)
- 1606 Quellmalz, Alfred, Briefe an die Magnetophon G.m.b.H. von 1944-05-12 und 1944-22-08, Hoerbuerger-Archiv der Uni-versität Regensburg
- 1607 Schüller, Eduard, Reisebericht / Reise der Herren Dr. Schießler und Schüller nach Berlin am 30. März 1946, Smlg Schüller KSS 0549
- 1608 N. N., Handschriftliche Notiz auf einem Exemplar des Tonband GmbH-Gründungsvertrags, ca. 1950; AEG-Archiv (DTMB) 02242

Deutsche Magnettonfilm-Ansätze (1941 – 1945)

- 1609 Eggert, John, Aktennotiz betr. Magnetophon, 1941-07-02, BA Wolfen A 19 711; Nr. 821
- 1610 Pflaumer, Fritz: Improvements in or relating to Sound Records, britisches Patent 333,154, Zeilen 58 – 81, angemeldet 1929-02-05, ausgegeben 1930-08-05
- 1611 Schoenemann, Karl, Begleitbrief zum und Entwurf einer Patentanmeldung, 1935-07-19, BASF SE UA P 911
- 1612 v. Braunmühl und Weber: Anmeldung B 191 321: Magnetischer Tonbildfilm, dessen Schallspur an der Stelle angebracht ist, an der sich sonst die photographische Schallspur befindet, 1940-07-27
- 1613 *Augustin, Ernst, TBK-Bericht 16 / 1947 Teil 2, Inhaltsverzeichnis / Hinweis auf weitere Berichte, Seite 3
- 1614 Näheres siehe z.B. <http://www.friedrich-wilhelm-mumau-stiftung.de> [2002-12-14]
- 1615 1939-12-15 wurde in Atlanta, USA, der achtfache Academy-Award („Oscar“) -Preisträger VOM WINDE VERWEHT (GONE WITH THE WIND) uraufgeführt, gedreht auf Technicolor. Dem hatte die deutsche Filmindustrie weder inhaltlich-thematisch noch technisch etwas Gleichwertiges entgegensetzen.
- 1616 Koshofer, Gert: Die Agfacolor Story, S. 5 – 106, in: Polzer, Joachim (Hsg.), Weltwunder der Kinematographie, Fünfte Ausgabe 1999
- 1617 ders., Fünfundzwanzig Jahre deutscher Farbenspielfilm. In: Film - Kino - Technik, Vol. 20, No. 10, 1966, pp. 259-262
- 1617 Rahts, W., Phototechnischer Monatsbericht Oktober, November und Dezember 1941, 1942-01-30, BA Wolfen A 1827; Nr. 8520
- 1618 Rahts, W., Phototechnischer Monatsbericht Oktober, November und Dezember 1941, 1942-01-30, BA Wolfen A 1827; Nr. 8520
- 1619 Thiele, Heinz: Schwarzenbeker Interview 1981
- 1620 Thiele, Heinz: Geschichtliche Entwicklung der Magnetfilm-Laufwerke, Fernseh- und Kintotechnik 39 Jhg. Nr. 6/1985, S. 299 – 304. Schießler lief hier übrigens Gefahr, das O'Neill-Patent von 1927 zu verletzen ...
- 1621 Klangfilm GmbH, Warncke, an AEG Berlin N 20, Dr. Schepelmann, AEG-Archiv, 1942-04-17, handschriftliche Anmerkungen Dr. Schepelmann
- 1622 Schüller, Eduard, handschriftlicher Brief an Heinz Orlich, 1972-10-12, Smlg Orlich
- 1623 Schüller, Eduard, Verfahren zum Synchronisieren von getrennt laufenden Bild- und Tonfilmen, DE 882 956, angemeldet 1940-12-10, ausgegeben 1953-07-13
- ders., Verfahren zum Synchronisieren getrennt laufender Bildfilme und Magnettonfilme, Patent DE 883 836, angemeldet 1940-12-24, ausgegeben 1953-07-20
- 1624 Schürer, Josef, Verfahren zur Synchronisation von Bild- und Tonträger bei Tonfilmaufnahme und –wiedergabe, DE 800 157, angemeldet 1949-04-10, Ausgabe 1950-09-25
- 1625 Gondesen, Karl-Erik (bearb. Vollmer, Heinz), Bildsynchron Tonaufzeichnung bei Film und Fernsehen, in: Technik der Magnetspeicher, herausgegeben von Fritz Winkel, 2. Auflage; Springer Berlin Heidelberg New York 1977, S. 249 ff.
- 1626 Schmidbauer, Otto, Aktenvermerk: Abänderung der Bandgeschwindigkeit beim Magnetofon auf Normalfilmgeschwindigkeit (45,6 cm/s), 1941-12-15, DTMB AEG 03549
- 1627 Klangfilm, Warncke, Brief an AEG, Dr. Schepelmann, Smlg Orlich, 1942-05-21
- 1628 Zeichnungsvorlage aus der Patentschrift DE 883 836, ausgegeben 1953-07-20.
- 1629 UFA Babelsberg, Orli/Schl., Aktennotiz: Verfahren zur Verdeutschung fremdsprachiger Filme, Smlg Orlich, 1942-12-07

- ¹⁶³⁰ Schüller, Eduard, handschriftlicher Brief an Heinz Orlich, 1972-12-10 (in Sammlung Orlich): „Wenn auch unsere gemeinsame Arbeit damals im Kriege noch nicht zum Erfolg führte, so wurden doch damals schon die ersten grundlegenden Gedanken zu dem später so erfolgreichen Pilot-Tonverfahren geboren.“
- ¹⁶³¹ Orlich, Heinz: Technisches Tagebuch S. 37a [ca. 1979]. – Carl Froelich war bereits 1910 im Atelier Messter an (Biophon-)Tonfilmaufnahmen beteiligt – Jossé, Harald, Die Entstehung des Tonfilms, Freiburg/München: Alber, 1984, S. 89 – Nachdruck im Verlag Polzer, Potsdam (2001)
- ¹⁶³² Augustin, Ernst (1902-1961), zunächst Elektromonteur, nach autodidaktischer Weiterbildung zum Konstrukteur und Ingenieur bei Siemens & Halske rufundfunktechnische Projektierung des Funkhauses Masurenallee sowie 1938 des Fernsehstudios „Paul Nipkow“ der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft im Deutschlandhaus 1938; 1941 Chefingenieur der TOBIS Filmkunst, Berlin-Johannisthal; 1947 ff. Mitarbeit im Russischen Technischen Büro für Kinematographie Potsdam-Babelsberg, 1947 - 1949 Projektierung und Bau des DDR-Fernsehzentrums in Adlershof und des Ostberliner Funkhauses in der Nalepastraße, technischer Direktor des „Deutschen Fernsehfunks“. – 2002 Umbenennung der ehemaligen Agastraße in Ernst-Augustin-Straße.
- Quellen:
- Augustin, Ernst, Drehzahlregler für Sprechmaschinen mit elektrischem Antrieb, Anmelder: Siemens & Halske AG, angemeldet 1928-11-27, ausgegeben 1932-02-27
 - Laser, Kurt, Fernsehen auf getrennten Kanälen, Berlinische Monatsschrift Heft 3/2001; URL: <http://www.luise-berlin.de/bms/bmsbxt01/0103gesc.htm#seite160> [2007-02-08]
 - Hoff, Peter, Das Projekt eines Fernsehseh- und Rundfunkstudios in Leipzig als erster Versuch einer Dezentralisierung der Fernseharbeit [Kulturation 2/2003], URL: <http://www.kulturation.de/t/text.php?uebergabe=18> [2007-02-08]
 - N. N., Neue Straßen für Adlershof, Adlershof aktuell Oktober 2002, URL: www.adlershof.de/fileadmin/downloads/pub/AA/aa_10_02_.pdf [2007-02-08]
- ¹⁶³³ I.G. Wolfen Filmfabrik Eggert, Küster, Besprechung RRG, BA Wolfen, A 19 711; Nr. 739, 1938-11-14
- ¹⁶³⁴ Weber, W., Brief an AEG, Dr. Heyne, Smlg J. Weber, 1941-03-04
- ¹⁶³⁵ Klangfilm GmbH, Warncke, Brief an AEG Berlin N 20, Dr. Schepelmann, 1942-04-17
- ¹⁶³⁶ I.G. LU, Farben-Gruppe, Dr. Pfl/B., Bemerkungen zum Brief Dr. Gajewski ... 20.11.41. (6 Seiten), UA BASF SE, 1941-11-22
- ¹⁶³⁷ Regie Alois Johannes Lippl, unter den Darstellern Josef Dahmen, Otto Gebühr, Eugen Klöpfer und Aribert Wäscher Musik: Werner Schmidt-Boelcke; alle Angaben zu finden unter: Zweitausendeins, Lexikon des Internationalen Films, URL: <http://www.film-evona-z.de/filmsuche.cfm?sucheNach=Darsteller&wert=79224> [2006-02-03]
- ¹⁶³⁸ • Lippert, Werner, Der Stand der modernen Hochfrequenzmagnetofonteknik und die kinotechnischen Möglichkeiten des Magnetofons, Foto-Kino-Technik 4/47 (Diskussion), 1947-08-30
- *Augustin, Ernst, TBK 16 / 1947 Teil 2, Seite 96
- ¹⁶³⁹ • Thiele, Heinz; Geschichtliche Entwicklung der Magnetfilm-Laufwerke, Fernseh- und Kinotechnik 39 Jhg. Nr. 6/1985, S. 299 – 304 – UFA Babelsberg, Orl/Schl., Aktennotiz: Verfahren zur Verdeutschung fremdsprachiger Filme, Smlg Orlich, 1942-12-07 – Kieß, Günter, 15 Jahre Magnetfilm in deutschen Studios, Kino-Technik 1965 Nr. 4, Seiten 80 – 82
- ¹⁶⁴⁰ Diese Versuchen wären als Vorstufe zur Bespurungstechnik anzusehen, die ab Anfang der fünfziger Jahre vorwiegend 8 mm und 16–mm-Schmalfilmen zur Magnettonspur verhalf.
- ¹⁶⁴¹ Schwartz, Karl, DE 969 673, Magnettongerät [für bandförmige, vorzugsweise perforierte Tonträger], angemeldet 1941-04-08, ausgegeben 1958-07-03 [!]
- ¹⁶⁴² Weber, Walter und Augustin, Ernst, Patentanmeldung A 97 639 IXa, 57 a „Laufwerk für bandförmige Schallträger“, Lizenzangebot an AEG vom 6. Mai 1943
- ¹⁶⁴³ N. N. (UFA), Besprechung der Firmentechnik, 8. Juni 1943, Seite 8 f.
- ¹⁶⁴⁴ Thiele, Heinz, Magnetic film transport based on the SEP-MAG method, AES preprint 2356 (N1), Montreux 1986-03-04 (Quelle 24: Interview by author with Mr. Orlich, 22.5.1982)
- ¹⁶⁴⁵ Das Prinzip "Magnetband mit streifig bedruckter Rückseite" wurde noch zweimal aufgegriffen: einmal 1948 von BASF auf Anregung der Bavaria (25 Striche zu je 4 bis 5 mm Breite je 77 cm Normalband-Länge) und etwa ab 1969, unter dem Namen OPTISYN, als Entwicklung des Forschungsinstituts für Rundfunk und Fernsehen Prag zur Verkopplung von Filmälauern und Magnetbandgeräten. Die Einführung soll an den Kosten für die Entwicklung der zugehörigen Schneidetische und Bandlaufwerke gescheitert sein; entsprechende Bänder hatte BASF AG als Labormuster SPR 50 SPROS geliefert.
- Quellen:
- Robl, Rudolf, Besuchberichte: RTJ Nürnberg, Radio München, S-Reklame München. Dr. Kimmel, Bavaria Ton-film, 1949-08-02, BASF SE UA P 916.4
 - Forschungsinstitut für Rundfunk und Fernsehen Praha, OPTISYN - Das neue Verfahren der bildsynchrone Tonaufzeichnung auf dem Magnetband, ohne Datum (ca. 1969-06), Manuskript
 - Gondesen, Karl-Erik und Vollmer, Heinz: Bildsynchrone Tonaufzeichnung bei Film und Fernsehen in: Winckel, Fritz (Hg.), Technik der Magnetspeicher, zweite, neubearbeitete Auflage 1977; Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 1977, S. 262
- ¹⁶⁴⁶ Weber, Walter und Augustin, Ernst, Patentanmeldung A 97 639 IXa, 57 a „Laufwerk für bandförmige Schallträger“, Lizenzangebot an AEG vom 6. Mai 1943
- ¹⁶⁴⁷ Im Wesentlichen entnommen aus: Bastie, Harold P.D., Kolb, Otto K., Wilson, Stuart K., Biddle, Percival B., German Cinematograph Industry, [81548], British Intelligence Objective Sub-Committee, 1946-06-01
- ¹⁶⁴⁸ Thiele, Heinz; Geschichtliche Entwicklung der Magnetfilm-Laufwerke, Fernseh- und Kinotechnik 39 Jhg. Nr. 6/1985, S. 299 – 304
- ¹⁶⁴⁹ Albrecht, Wilhelm, Filterrolle in Tongeräten, Patent DE 1022814, angemeldet 1955-20-28, ausgegeben 1958-01-16
- ¹⁶⁵⁰ Kieß, Günter (Wilhelm Albrecht GmbH Studiogeräte, Berlin), Schreiben an Heinz Thiele, Schwarzenbek, 1982-04-26
- ¹⁶⁵¹ Schwartz, Karl, Rom (Klangfilm GmbH, Berlin / Karlsruhe), Magnettongerät, Patent DE 969 673, 1941-04-08. Das Patent wurde am 3. Juli 1958 ausgegeben
- ¹⁶⁵² Alle persönlichen Mitteilungen von Günter Kieß finden sich in einer Korrespondenz mit F.E. aus dem Jahr 2008
- ¹⁶⁵³ Schwartz, Karl (Klangfilm GmbH, Berlin / Karlsruhe), Magnettongerät, Patent DE 969 673, 1941-04-08
- ¹⁶⁵⁴ Eggert, Wolfen Filmfabrik, Aktennotiz über meinen Besuch in Ludwigshafen am 17.10.1941 betr. Magnetophonbandherstellung, BA Wolfen, A 19 711 ; Nr. 831, 1941-10-20
- ¹⁶⁵⁵ Eggert, Wolfen Filmfabrik, Brief an Dr. Rahts, Bln-SO 36, BA Wolfen, A 6131; Nr., 1941-10-23
- ¹⁶⁵⁶ I.G. LU, Dr. Otto Ambros, Brief an I.G. Wolfen Filmfabrik, Dr. Gajewski, BA Wolfen, A 1876; Nr. 172, 1941-11-18
- ¹⁶⁵⁷ I.G. Wolfen, Gajewski, Filmfabrik, Brief an Dir. Dr. Ambros, I.G. Farbenindustrie AG Ludwigshafen (6 Seiten), UA BASF SE und BA Wolfen, A 6 131; Nr., 1941-11-20
- ¹⁶⁵⁸ Tümmel, H., Tonfilmtechnik; in: Curt Rint (Hrsg.), Handbuch für Hochfrequenz- und Elektrotechniker, Hüthig Heidelberg 1980 S. 367
- ¹⁶⁵⁹ Filmfabrik Rohlfilm Gl/bö (= Gladbach, Werner), Monatsberichte des Gießerei-Laboratoriums für Juli - Sept. 1942, Agfa Wolfen Nr. 256 (?), 1942-10-06
- ¹⁶⁶⁰ Nissen, WOPHO, Bericht über zwei Besprechungen Magnetophon betreffend, BA Wolfen, A 6 131; Nr. 53 710, 1942-10-30

I.G. Farben: Magnetophonband 1939 bis 1945

- ¹⁶⁶¹ Die 1936 geplante Kapazität von 10.000 km Magnetophonband war also nur zu 56 % realisiert worden.
- ¹⁶⁶² Matthias, Friedrich, Mob.-Plan – Magnetophonband-Fabr., 1939-09-15, BASF A 865/58 – • ders., Mob.-Plan – Magnetophonband-Fabr., 1939-09-21, BASF A 865/58
ders., Mob.-Plan – Magnetophonband-Fabr., 1939-10-02, BASF A 865/58 – • v.N./Sch. (?), Mob.-Aufgabe Ludwigshafen nach 1. Belegungsänderung v. 7.10.39, S. 2. Pos. 89, 1939-11-10, BASF A 865/58 – • Sch. (?), Produktionsaufgabe des Werkes Ludwigshafen, 1941-01-02, BASF A 865/58
- ¹⁶⁶³ Eggert, John, Aktennotiz über meinen Besuch in Ludwigshafen am 17.10.1941 betr. Magnetophonbandherstellung, 1941-10-20, BA Wolfen A 19 711, Nr. 831
- ¹⁶⁶⁴ N. N., Mitteilungen des deutschen Akustischen Ausschusses; Akust. Z. 1. (1939); genannt u.a. Beurteilungsgrundlagen für Schallaufzeichnungsverfahren [Klirrfaktor, auch Doppeltonmethode / Differenztonfaktor, Eigengeräusch / Störgeräusch, auch mit Bewertung über Geräuschspannungsanzeiger des CCJF und Oktavfilter, ergibt Fremdspannungs- bzw. Geräuschspannungsdynamik; Effektiv- oder Spitzenwertmessung ist anzugeben], Gleichlauf (u.a. „Wabern“ wie von Platten mit exzentrischem Mittelloch), Aussteuerungskontrolle (Möglichkeit „direktes Abhören der aufgezeichneten Modulation während der Aufnahme zur Überwachung“ ist anzugeben); Eigenschaften des Schallträgers, Lebensdauer (Archivzwecke), Wiederbenutzbarkeit u.a.m.
- ¹⁶⁶⁵ N. N., Bewahrter Klang, Sieben Tage, Nr. 5, 5. Rundfunk-Woche, 8. Jahr; DTMB AEG 03288
- ¹⁶⁶⁶ Matthias, Friedrich, [Brief an] AEG Treptow, 1939-05-10, BASF SE UA P 912 [5502]: Messergebnisse und –methoden bzw. Spezifikationen der RRG sind nicht bekannt
- ¹⁶⁶⁷ Friedmann, Paul, Besprechung mit Dr. Vinzelberg, AEG, am 20./21.8.42, 1942-09-01, BASF SE UA P 917
- ¹⁶⁶⁸ Weber, Walter, Brief an I.G. Farbenindustrie, Ludwigshafen, 1942-12-21, BASF SE UA P 916.1

- ¹⁶⁶⁹ Weber, Walter, Aktenvermerk: Kopiereffekt; 1943-05-28, BASF SE UA P 916.1. Die abschließenden Erkenntnisse zum Thema Kopiereffekt finden sich in
 • Bertram, H. Neal; Stafford, Michael K.; Mills, David R., The Print-Through Phenomenon, Journal of the Audio Engineering Society, Volume 28 Number 10 pp. 690-705; October 1980
- ¹⁶⁷⁰ Weber, Walter, Brief an Magnetophon G.m.b.H., 1943-06-11, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁶⁷¹ Friedmann, Paul, Besprechung mit Dr. Vinzelberg, AEG, am 20./21.8.42, 1942-09-01, BASF SE UA P 917
- ¹⁶⁷² Vinzelberg, Bernhard, Dr., geboren 1911-09-22 in Goldbeck/Altmark, trat 1937-08-01 bei AEG ein. Sein vermutlicher Arbeitsschwerpunkt war die Magnetophon-Messtechnik. Aus 1948 und 1951 sind zwei Publikationen bekannt. Seit etwa 1951 Bereichsleiter im Funkwerk Berlin-Köpenick, ausgezeichnet als „Verdienter Erfinder des Volkes“, beteiligte er sich am 17. Juni 1953 aktiv an Demonstrationen und Streikaufrufen. Bereits am 20. Juni 1953 verhaftet, verurteilte ihn das Stadtgericht Berlin am 1954-05-28 zu vier Jahren Zuchthaus. Seit etwa 1960 ausweislich verschiedener Patentschriften vermutlich Mitarbeiter der Bayer AG, Leverkusen (Bestätigung seitens Personalabteilung Bayer nicht mehr möglich, [2004-01-21]. – Quelle: Braun, Jutta, Klawitter, Nils, Werkentin, Falco, Die Hinterbühne politischer Strafjustiz in den frühen Jahren der SBZ/DDR; Schriftenreihe des Berliner Landesbeauftragten für die Unterlagen des Staatssicherheitsdienstes der ehemaligen DDR, Berlin 2002; URL: w3.berlin.de/Land/Stasi-Landesbeauftragter/Istweb/Veroeff/braun.pdf (2003-01-13))
- ¹⁶⁷³ Vinzelberg, Bernhard und N.N. Weber, Filmprüfvorschrift für die I.G. Ludwigshafen, 1942-06-15, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁶⁷⁴ Neumann, Georg, Aufzeichnungsgerät für Schallstärken, Patent DE 655 213, angemeldet 1937-10-06; Kösters, H., Patentschau, Akustische Zeitschrift 1938, Zweites Heft, Seite 98
- ¹⁶⁷⁵ Friedmann, Paul, [Brief an] Herrn Dir. Dr. Pflaumer, Ludwigshafen, Lu 1, 1942-09-29, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁶⁷⁶ N. N. (Friedmann, Paul?), Magnetophonband-Prüfstelle Ludwigshafen, Aktennotiz über den Besuch von Dr. Schießler in Ludwigshafen vom 4. bis 8. Juni 43, 1943-06-08, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁶⁷⁷ Schießler, Hans, Notiz „Messung von Magnetofon-Sprechbändern“, Magnetophon-Labor der AEG; 1943-08-19, BA Wolfen A 19 711
- ¹⁶⁷⁸ Vinzelberg, Bernhard, Filmprüfvorschrift zur Messung von Filmen nach dem *Hochfrequenz-Verfahren*, 1943-07-28, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁶⁷⁹ Lübeck, Heinz, Zusammenstellung aus Unterlagen Marquardt, 1946-08-17, AEG-Archiv. Lübeck zitiert hier eine nicht erhaltene Notiz von Eggert vom 1944-12-19
- ¹⁶⁸⁰ Matthias, Friedrich und Burger, Bruno, Verfahren zur Herstellung magnetisierbarer Eisenoxyde, Patent DE 888 997 (Seite 2, Zeilen 8 – 15), angemeldet 1941-03-05 (ausgegeben 1953-09-14), O.Z. 12609
- ¹⁶⁸¹ Pflaumer, Karl, Brief an AEG, Dr. Heyne, Berlin, 1942-03-06, DTMB AEG 03218
- ¹⁶⁸² Eggert, John, Aktennotiz über meinen Besuch in Ludwigshafen am 17.10.1941 betr. Magnetophonbandherstellung, 1941-10-20, BA Wolfen A 19 711, Nr. 831
- ¹⁶⁸³ Böhner, Georg, Zusammenhänge zwischen Herstellungsbedingungen und Messergebnissen des Magnetophonbandes (Bänder 780 – 960), Seite 4; 1942-07-25, BASF SE UA P 916.1 – Aus der Auswertung der Produktionsdaten ist zu folgern, dass der „bandgesteuerte Gießler“ etwa im Mai 1942 („Band 868“) eingebaut wurde
- ¹⁶⁸⁴ Friedmann, Paul, Besprechung mit Dr. Vinzelberg, AEG, am 20./21.8.42, 1942-09-01, BASF SE UA P 917
- ¹⁶⁸⁵ N. N., Vorschlag für eine Mob-Aufgabe / Werk: Ludwigshafen a.Rhein, 1939-09-09, BASF A 865/58
- ¹⁶⁸⁶ Matthias, Friedrich, Mob.-Plan – Magnetophonband-Fabrik, 1939-09-15, BASF A 865/58
- ¹⁶⁸⁷ Matthias, Friedrich, Mob.-Plan – Magnetophonband-Fabr., 1939-10-02, BASF A 865/58
- ¹⁶⁸⁸ Matthias, Friedrich und Burger, Bruno, Verfahren zur Herstellung magnetisierbarer Eisenoxyde, Patent DE 888 997, angemeldet 1941-03-05 (ausgegeben 1953-09-14), O.Z. 12609
- ¹⁶⁸⁹ Lange, Fritz, Chronik der Farben-Abteilung 1939 – 1960 S. 5, BASF SE UA J 1201
- ¹⁶⁹⁰ Die Kolloplex-Mühle ist eine schnellaufende (bis 6.000 Upm) Stiftmühle mit einer feststehenden und einer rotierenden Stiftscheibe, beide senkrecht angeordnet, was zu einer Umfangsgeschwindigkeit der äußeren Stiftrinne bis 160 m/s führt. „Der große Vorteil dieser Mahlmethode liegt darin, dass das Mahlgut, ohne sich an einem Sieb oder einer feststehenden Wand anzusammeln, ausschließlich im Flug behandelt wird. Dadurch ist die Vermahlung zum Schmieren oder Kleben neigender Güter möglich, die ein Sieb in Kürze zusetzen würden. Infolge der hohen Relativgeschwindigkeit erreicht man in einem Durchgang hohe Feinheit.“ (Quelle: Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie³, Urban & Schwarzenberg München – Berlin – Wien 1951 – 1969)
- ¹⁶⁹¹ Matthias, Friedrich: Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation, 1940-04-19, BASF SE UA P 917
- ¹⁶⁹² Pflaumer, Karl, Brief an AEG, Dr. Heyne, Berlin, 1942-03-06, DTMB AEG 03218
- ¹⁶⁹³ N. N. (AEG Berlin), Brief an I.G. Ffm, Verkaufsabtl. L., 1942-05-28, BASF SE UA P 913 [Magnetophon 6.18]
- ¹⁶⁹⁴ Lübeck, Heinz (AEG / W / Dr. Lü/Fr.), Vertrauliche Notiz über eine Besprechung am 6.11.1941, 1941-11-07
- ¹⁶⁹⁵ NN., Die Azofarben-Abteilung Ludwigshafen in den Jahren 1940, 1941 und 1942, BASF SE UA J 1202, 1943-03-24, S. 26
- ¹⁶⁹⁶ Heyne, Hans, Brief an Direktor Dr. Pflaumer, Ludwigshafen, 1942-02-28, DTMB AEG 03218
- ¹⁶⁹⁷ Schepelmann, Hans, interner Brief an Hans Heyne, 1942-02-04, AEG-Archiv (DTMB) 03218 (und BASF SE UA P 917)
- ¹⁶⁹⁸ Heyne, Hans, Brief an Direktor Dr. Pflaumer, Ludwigshafen, 1942-02-28, DTMB AEG 03218
- ¹⁶⁹⁹ Pflaumer, Karl, Brief an AEG, Dr. Heyne, Berlin, 1942-03-06, DTMB AEG 03218
- ¹⁷⁰⁰ Heyne, Hans, interner Brief an Hans Schepelmann, Mgt/V, 1942-03-10, DTMB AEG 03218
- ¹⁷⁰¹ Datum der Ernennung lt. FUNKSCHAU 1965, Heft 21, Seite 574, Titel lt. Briefkopf auf einem Schreiben Heynes vom 1942-06-29
- ¹⁷⁰² „Heyne konnte geschäftlich zwar beachtliche Erfolge vorweisen, in der Personalführung verbreitete er jedoch mehr Furcht als Respekt. Sein autoritärer, zuweilen despotischer Führungsstil und sein drängender Ehrgeiz schienen ihm in seinem entscheidenden Karriereschritt eher zu behindern als zu fördern.“ (Strunk, Peter: Die AEG, Aufstieg und Niedergang einer Industrielegende, Nicolai Berlin 1999, S. 72)
- ¹⁷⁰³ Pflaumer, Karl, Brief an AEG, Dr. Heyne, Berlin, 1942-03-06, DTMB AEG 03218
- ¹⁷⁰⁴ Pflaumer, Karl, Brief an Broncefarbwerke A.G., Nürnberg, 1943-06-09, BASF SE UA P 915 [Magnetophon 6.19]
- ¹⁷⁰⁵ Böhner, Georg, Mikroskopische Untersuchungen in der Magnetophonbandfabrikation, 1942-06-29
- ¹⁷⁰⁶ Böhner, Georg, Zusammenhänge zwischen Herstellungsbedingungen und Messergebnissen des Magnetophonbandes (Bänder 780 – 960), 1942-07-25, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁷⁰⁷ Böhners Bericht ist, trotz des unbefriedigenden Ergebnisses, eine vorrangige Quelle für die Praxis der Magnetophonband-Fertigung dieser Epoche. Da er die genauen Begusstage für mehrere Chargen nennt, ist, zusammen mit dem Hinweis „Bekanntlich werden an einem Tag meist 2 Bänder aus der gleichen Dispersion gegossen“, folgendes herauszulesen :
 • die Steuervorrichtung für den Gießler muss zwischen dem 5. und dem 20. Mai 1942 eingebaut worden sein
 • Sonntagsarbeit ist nachweisbar
 • zwischen März und Juli 1942 waren von 116 Arbeitstagen 27 ohne Produktion (23 %)
 Diese hohe Ausfallrate zeigt deutlich, wie angestrengt mittels maschineller Änderungen nach Abhilfe gesucht wurde; erwähnt sind der Einbau von Gießlerkufen (und ihr alsbaldiger Wiederausbau), diverse Reparaturen und Änderungen.
- ¹⁷⁰⁸ von Braunnühl, Has Joachim, Rundschreiben T 11/42 an alle Technischen Betriebsstellen bei den Reichssendern, 1942-07-10, Smlg Stroekens
- ¹⁷⁰⁹ Pflaumer, Karl, Brief an Magnetophon G.m.b.H., Dr. Schepelmann, 1942-09-30, BASF SE UA P 916.1 – Die Magnetophon G.m.b.H. wurde offiziell am 1942-10-01 gegründet.
- ¹⁷¹⁰ Robls Patentlisten nennen 21 Patente und Anmeldungen in diesem Bereich, darunter einen optischen Aufheller, der auf Wolle aufzieht (DE 735 478, zusammen mit Dr. Locker); sowie 15 Patente und Anmeldungen auf dem Magnettongebiet. Vgl. die Patentlisten Robls vom 1950-10-06 und 1952-03-10 (BASF SE UA D 401/2, Unterlagen zur Geschichte des Alizarinlabors)
- ¹⁷¹¹ Robl, Rudolf, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26
- ¹⁷¹² Lange, Chronik der Farbenabteilung, Abschnitt Magnetophonbandfabrik (1932 bis Kriegsende) S. 7, BASF SE UA J 1201 (II. Duplikat)

- ¹⁷¹³ Dass sich Robl nicht ausschließlich dem Magnetophonband gewidmet hat bzw. widmen konnte, zeigt z.B. ein „Verfahren zur Herstellung von neuen Celluloseabkömmlingen“, das er am 1944-02-10 zusammen mit Karl Pflaumer zum Patent angemeldet hat. – Pflaumer, Karl, und Robl, Rudolf, Verfahren zur Herstellung von neuen Celluloseabkömmlingen, angemeldet 1944-02-10, ausgegeben 1952-12-08
- ¹⁷¹⁴ Robl, Rudolf (?), 25 Jahre Magnetophonband / Die Geschichte eines BASF-Produktes, 1957-08-31, BASF SE UA P 902
- ¹⁷¹⁵ N. N., Die Alizarin-Abteilung im Jahre 1947 (Entwicklung und Jahresberichte 1939 – 1950), Band 3, Seite 34, BASF SE UA J 1201/02
- ¹⁷¹⁶ Für diese biographische Skizze wurden benutzt:
Robl, Rudolf, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26 (Umschrift F. E.); ders.: „Buch III: Kunststoff - Kapitel 4: Magnetophonband“, Typoskript, 24 Seiten, o.D. (handschr. Vermerk „erhalten 12.7.63“); BASF SE UA P 902
- ¹⁷¹⁷ Die Reaktion ist exotherm (Merkel, E., Magnettonträger, in: Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie, München-Berlin 1960³, S. 164) und muss daher apparativ besonders sorgfältig geführt werden.
- ¹⁷¹⁸ Robl, Rudolf, „Buch III: Kunststoff - Kapitel 4: Magnetophonband“, Typoskript, 24 Seiten, o.D. (handschr. Vermerk „erhalten 12.7.63“); BASF SE UA P 902
- ¹⁷¹⁹ Robl, Rudolf, Jacqué, Heinrich, Wolf, Karl, Verfahren zur Herstellung von Magnetogrammrägern, DE 842 127, angemeldet 1943-03-24, ausgegeben 1952-06-23; O.Z. 14095; auch als FR 954.242 patentiert
- ¹⁷²⁰ Pflaumer, Karl, Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern, I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Farben-Gruppe, 1945-07-11
- ¹⁷²¹ Holdermann, Karl und Robl, Rudolf, Manuskript Magnetophonband-Betrieb, 1956-08-30, BASF SE UA P 902
- ¹⁷²² Matthias, Friedrich: Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation, 1940-04-19, BASF SE UA P 917
- ¹⁷²³ An der Gründung der Aceta GmbH für Kunstseidenproduktion 1925-09-15 war auch die Actiengesellschaft für Anilinfabrikation, Berlin (AGFA) beteiligt; das Werk firmierte ab 1930 als I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Aceta, Berlin-Rummelsburg. Die Annahme liegt nahe, dass I.G. Wolfen für seine Magnetbandproduktion ebenfalls Produkte aus Rummelsburg einsetzte. - „In der Nacht zum 29. Januar 1938 gelang hier dem Chemiker Paul Schlack, aus polymerisiertem Caprolactam eine neue synthetische Faser zu erzeugen, für die der geheime Arbeitstitel zunächst »Perlusan« lautete. Die produktionsreife Faser erhielt den Namen »Perlon«.“ – Quelle für alle Angaben: Laser, Kurt, Industriestandort Rummelsburger See, Berlinische Monatsschrift, Heft 5/1995, S. 96 ff., URL: www.berlinische-monatsschrift.de/bms/register/autor.htm – Die Firma bezog von I.G. Farben Ludwigshafen Cellit-Walzmassen zur Spinnfärbung von Acetatseide [Voigtländer-Tetzner, Chronik der BASF, Band V, Seite 1427]
- ¹⁷²⁴ Holdermann, Karl und Robl, Rudolf, Manuskript „Magnetophonband-Betrieb“, 1956-08-30, BASF SE UA P 902
- ¹⁷²⁵ Abgesehen von der kurzen Charakterisierung „Riffelcylinder mit federnd angespannten umlaufenden Eisenstäben“, vermutlich eine amerikanische Konstruktion, waren über die Bramley-Mühle keine Informationen zu finden (Quelle: Nissen, Hans-Friedrich: Bericht über den Besuch in Ludwigshafen am 13. u. 14.5.1943 betr. Magnetophonbandherstellung, 1943-05-20; Betriebsarchiv der Filmfabrik Wolfen, BA A 19 711 Nr. 884, hier falsch „Bramlay...“ geschrieben), ebenso wenig über die Trichtermühle
- ¹⁷²⁶ Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie³, Band 1, S. 721, Urban & Schwarzenberg München – Berlin – Wien 1951
- ¹⁷²⁷ Holdermann, Karl und Robl, Rudolf, Manuskript „Magnetophonband-Betrieb“, 1956-08-30, BASF SE UA P 902
- ¹⁷²⁸ Robl, Rudolf, Über die Abhängigkeit der Empfindlichkeit von Magnetophonbändern von der Schichtdicke der magnetisierbaren Substanz, Versuche auf dem Magnetophonbandgebiet, I. Mittlg., Laborbericht des Alizarinlaboratoriums Nr. 1132, 1943-01-07
- ¹⁷²⁹ Robl, Rudolf, Versuche auf dem Magnetophongebiet (II. Mittlg.), Laborberichte des Alizarinlabors, Bericht Nr. 1134, BASF SE UA P 916.1, 1943-02-24
- ¹⁷³⁰ N. N., Manuskript „Die Alizarin-Abteilung im Krieg 1939-1945“, Band 2, o.D. (etwa 1946), BASF SE UA J 1201
N. N., Die Azofarben-Abteilung Ludwigshafen in den Jahren 1940, 1941 und 1942, o.D. (etwa 1943), BASF SE UA J 1202, 1943-03-24, S. 26
- ¹⁷³¹ Nissen, Hans-Friedrich: Bericht über den Besuch in Ludwigshafen am 13. u. 14.5.1943 betr. Magnetophonbandherstellung, 20. Mai 1943; Betriebsarchiv der Filmfabrik Wolfen, A 19 711 Nr. 884
- ¹⁷³² Der „elektrische Venuleth“ ist ein horizontal gelagerter Stahlzylinder von 1 m Ø, 5 m lang, Fassungsvermögen 1,5 m³, von außen elektrisch beheizt, Leistungsaufnahme 55 kW. Axiales Rührwerk mit Rührschaufeln, 2 Upm mit Drehrichtungswechsel nach jeweils 5 min, Antrieb durch kleinen Elektromotor mit Schneckengetriebe. Beschickungsöffnungen an beiden Enden, in der Mitte Entnahmestutzen. Zum Oxidieren von Fe₃O₄ zu γ-Fe₂O₃ wird die Temperatur 6 h lang auf 280 – 290 °C gehalten, wobei 10 m³/h Luft vom einen Ende her eingeblasen werden. Hersteller: Maschinenbau-Anstalt & Dampfkessel-Fabrik Vornals Venuleth & Ellenberger, Darmstadt. – Quellen:
• Bastie, Harold P.D.; Kolb, Otto K.; Wilson, Stuart K.; Biddle, Percival B., German Cinematograph Industry, British Intelligence Objective Sub-Committee, PB 81 548, o.D., ca. 1946-06-01, p. 60
• Crawford, Wooler und Berth-Jones: BIOS Final Report No. 1379: Plastics in German Sound Recording Systems, o.D., ca. 1946-07-01p. 10 (E.W. Berth-Jones arbeitete für EMI (Southall, Brian, Abbey Road: The Story of the World's Most Famous Recording Studio, Patrick Stephens, Cambridge, 1982, p. 37)
• <http://www.deutsches-museum.de/bib/archiv/firmen/m.htm> (Firmenschriftensammlung)
- ¹⁷³³ Pflaumer, Karl, Brief an Fabrikbuchhaltung [I.G. LU], 1943-08-06, BASF SE UA A 865/61 Blatt 36
- ¹⁷³⁴ Lange, Chronik der Farben-Abteilung, BASF SE UA I 1201 Band 2 S. 82/83
- ¹⁷³⁵ Die Alizarin-Abteilung im Jahre 1947 (o.D.), S. 13; Die Alizarin-Abteilung in den Jahren 1948-1950 (o.D.), S. 13 und 58, Die Alizarin-Abteilung in den Jahren 1948-1950 (o.D.), S. 60, alle in BASF SE UA J 1201/02
Bis ins – hier nicht mehr auszuführende – Detail ist die Pigmentherstellung beschrieben in drei Berichten, die Mitarbeiter alliierter Recherchetrupps zwischen 1946 und 1947 zusammenstellten • Love, Charles H., German Production of Some of the More Important Inorganic Pigments, FIAT Final Report No. 814, 1946-06-24
• Crawford, Wooler und Berth-Jones, Plastics in German Sound Recording Systems, BIOS Final Report No. 1379, o.D., ca. 1946-07-01
• Ranger, Richard H., Further Studies In Magnetophones And Tapes, FIAT Final Report No. 923 (PB 79558), 1947-05-13
- ¹⁷³⁶ Pflaumer, Karl, Brief an Fabrikbuchhaltung [I.G. Ludwigshafen], 1943-08-06, BASF SE UA A 865/61 Blatt 36
- ¹⁷³⁷ Ob hier auch im Walzmassen-Verfahren dispergiert wurde, ist nicht zu klären; beim technischen Stand von Juli 1942 war es nach zwei übereinstimmenden Berichten nicht möglich (Gladhorn, Werner, Bericht vom Besuch in Ludwigshafen im Juli 1942, 1942-07-24, Betriebsarchiv der Filmfabrik Wolfen, Archiv-Nr. A 19 711 und Nissen, Hans-Friedrich (Filmfabrik Wolfen der I.G. Farben), Bericht: Besprechung betr. Herstellung von Magnetton-Filmen am 14. und 15. 7.1942 in Ludwigshafen, BA Wolfen A 19 711; Nr. 871, 1942-07-28).
- ¹⁷³⁸ N. N., Die Azofarben-Abteilung Ludwigshafen im Jahre 1943, S. 31, o.D. (ca. 1944), BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv J 1202
- ¹⁷³⁹ Gladhorn, Werner (Filmfabrik Wolfen), Aktennotiz über zwei Besprechungen in Ludwigshafen am 13. und 14.5.43, Magnetophon betreffend, 1943-05-17, BA Wolfen; A 19 711; Nr. 883
- ¹⁷⁴⁰ Mühlbauer, Fritz, Verfahren zur Herstellung von Magnetogrammrägern, Patent DE 853 211, O.Z. 14491, angemeldet 1943-12-04, ausgegeben 1952-10-23
- ¹⁷⁴¹ Eggert, John, Aktennotiz über meinen Besuch in Ludwigshafen am 17.10.1941 betr. Magnetophonbandherstellung, 1941-10-20, BA Wolfen A 19 711, Nr. 831
- ¹⁷⁴² Schepelmann, Hans (Magnetophon G.m.b.H.), Brief an AEG Berlin, 1943-06-15, BASF SE UA P 915 [Magnetophon 6.19]
- ¹⁷⁴³ Friedmann, Paul, Aktennotiz: Besuchsbericht bei AEG, Firmen Preißler und Visomat (16. bis 19. Dez. 1942), 1942-12-23, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁷⁴⁴ Schepelmann, Hans, Brief an AEG Berlin, 1943-06-15, BASF SE UA P 915 [Magnetophon 6.19]; Pflaumer, Karl, interner Brief an Brendel, Clemens, Rechtsabteilung, 1943-05-28, BASF SE UA P 915 [Magnetophon 6.19]
- ¹⁷⁴⁵ Der Magnetfilm hätte mit dem Lichttonfilm (ca. 16 Pfg/m, dazu Entwicklungskosten) durchaus auch preislich konkurrieren können. Ausgehend vom Meterpreis 0,85 Pfg für das 6,5 mm-Band hätte er überschlägig in der Breite 35 mm mit Perforation weniger als 10 Pfg/m gekostet, und zwar bei überlegener Qualität und nahezu sofortiger Wiedergabebereitschaft.
- ¹⁷⁴⁶ Kleine, Johannes, Notiz: Besuch am 19.06.1941 in Ludwigshafen zum Problem Magnetbandproduktion, 1941-06-20, BA Wolfen A 6 131
- ¹⁷⁴⁷ Gajewski, Fritz, Brief an Dir. Dr. Ambros, I.G. Farbenindustrie AG Ludwigshafen, 1941-09-03, BASF SE UA P 914 [Magnetophon 6.18] und BA Wolfen A 6 131
- ¹⁷⁴⁸ Jossé, Harald, Die Entstehung des Tonfilms, Freiburg/München: Alber, 1984, Nachdruck im Verlag Polzer, Potsdam (2001)
- ¹⁷⁴⁹ siehe dazu beispielsweise Lübeck, Heinz (AEG / W / Dr. Lü/Fr.), Vertrauliche Notiz über eine Besprechung am 6.11.1941, 1941-11-07, BASF SE UA P 914 [Magnetophon 6.18]
- ¹⁷⁵⁰ Nissen, Hans Friedrich (Filmfabrik Wolfen), Aktennotiz: Über die Herstellung von Magnettonbändern, 1942-01-28, BA Wolfen A 19 711; Nr. 850
- ¹⁷⁵¹ Böhner, Georg, Laborjournal 1288 / Nr. 40, Blatt 7810: „Bandguss mit Ultraschall“, 1942-08-20, BASF SE UA Laborjournale des Alizarinlabors

- 1752 N. N. (Eggert, John und Nissen, Hans-Friedrich?), Patentanmeldung I 71 651 IXa/42g: Verfahren zur Erzeugung von Magnetton-Trägerschichten, 1942-02-26, DTMB AEG 03217
- 1753 • Nissen, Hans Friedrich (Filmfabrik Wolfen), Aktennotiz: Über die Herstellung von Magnettonbändern, 1942-01-28, BA Wolfen A 19 711; Nr. 850
• AEG und I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft; Support aimantable en forme de ruban pour enregistrement et reproduction sonore et procédé pour sa fabrication, französisches Patent No. 792.275, angemeldet 1935-08-09; Priorität Deutschland vom 1934-07-18
- 1754 Nissen, Hans Friedrich (Filmfabrik Wolfen), Aktennotiz: Über die Herstellung von Magnettonbändern, 1942-01-28, BA Wolfen A 19 711; Nr. 850
- 1755 Eggert, John (Filmfabrik Wolfen), Aktennotiz: Besprechung mit Dr. Pflaumer und Dr. Matthias über Magnetophonfragen in Ludwigshafen am 8.6.1942, 1942-06-08, BA Wolfen A 19 711; Nr. 864
- 1756 Meyer, K., Dokumentation 31 vom 1963-10-17: Geschichte der Magnetbandfabrikation in der Filmfabrik 1943 – 1963, Wissenschaftliche Bücherei der Filmfabrik (Wolfen)
- 1757 Gladhorn, Werner, Monatsberichte des Gießerei-Laboratoriums für Juli - Sept. 1942, Agfa Wolfen, Nr. 256
- 1758 Ranger, Richard H., Further Studies In Magnetophones And Tapes, FIAT Final Report No. 923 (PB 79558), 1947-05-13, Fig. 8, S. 62 ff., S. 73 (Funktionsskizze der Gießanlage) und S. 120, Foto des Wolfener Magnetit-Gießers
- 1759 So hatte Eggert über von Braunnühl 1935 von der Entlassung Theo Volks erfahren; weitere Kontakte ergaben sich vor allem aus der gemeinsamen Arbeit am Schallfilm, einem kurzzeitigen Konkurrenten des Magnetophonbandes.
- 1760 Nissen, Hans Friedrich, Bericht über zwei Besprechungen Magnetophon betreffend, 1942-10-30, BA Wolfen A 6 131; Nr. 53 710
- 1761 Da der Physiker Friedrich Förster bereits 1937 die „Magnetisierungsschleife“ auf dem Schirm einer Elektronenstrahlröhre darstellen konnte (und aus dieser Anordnung die 1939 in Stuttgart vorgestellte „Förster-Sonde“ entwickelte), dürfte Nissens „Prüfeinrichtung“ entweder nach einem ähnlichen Prinzip gearbeitet haben oder eine frühe Ausführung der Förster-Sonde gewesen sein. – Quelle: <http://pluslucis.univie.ac.at/Diplom/Grabmer/geschich.htm> [2003-02-12]
- 1762 Nissen, Hans Friedrich, Aktennotiz über die Arbeiten auf dem Magnettongebiet, 1942-12-10, BA Wolfen A 19 711, Nr. 874
- 1763 Eggert, John, Brief an I.G. Ludwigshafen betr. Magnetophon, 1943-03-05, BA Wolfen A 6 131 / Pflaumer, Karl, Brief an I.G. Farbenindustrie A.G., Agfa, Wolfen, 1943-03-12, BASF SE UA P 916.12
- 1764 Meyer, K., Dokumentation 31 vom 1963-10-17: Geschichte der Magnetbandfabrikation in der Filmfabrik 1943 – 1963, Wissenschaftliche Bücherei der Filmfabrik (Wolfen)
- 1765 Nissen, Hans Friedrich, Bericht über zwei Besprechungen Magnetophon betreffend, 1942-10-30, BA Wolfen A 6 131; Nr. 53 710
- 1766 Ambros, Otto und Pflaumer, Karl, [Brief an] Haupting elektrotechnische Erzeugnisse beim Reichsminister für Bewaffnung und Munition, 1943-06-01, BASF SE UA F 7205 („Ausweichplanung“)
- 1767 I.G. LU, Technische Abteilung (TA), „Beschreibung“ [der Magnetophonband-Produktion], 1942-06-01, BASF SE UA A 865/61 #13
- 1768 N. N., Planzeichnungen / Grundrisse Erd- und Obergeschoss L 15 020-2 vom 9.12.1942 (M 1:100) „Lu 765“ mit Anmerkungen, 1942-12-09, BASF SE UA A 865/61
- 1769 Eine besondere Ironie der Technikgeschichte wollte es, dass die Magnetband-Abteilung der Agfa-Gevaert AG, Leverkusen, 1970 den Auftrag zum Bau einer Magnetbandfabrik in Gorzów erhielt (dem früheren Landsberg an der Warthe). – Quelle: Ri., Magnetband-Anlage für Polen FAZ / Blick durch die Wirtschaft, 1970-09-21, BASF SE UA Lektorsordner. Pläne der alten I.G. Farben-Fabrik Landsberg an der Warthe sollen sich in einem Archiv der Bayer AG, Leverkusen, gefunden haben (pers. Mitteilung von Hartmut Thiele, München, 2001).
- 1770 Ambros, Otto und Pflaumer, Karl, [Brief an] Haupting elektrotechnische Erzeugnisse beim Reichsminister für Bewaffnung und Munition, 1943-06-01, BASF SE UA F 7205 („Ausweichplanung“)
- 1771 Das Werk Landsberg an der Warthe der I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, ursprünglich als neue Filmfabrik für die Herstellung von Photofilm, -papier und Cellit geplant, wurde 1940 zur Fertigung der Polyamidfaser Perlon umgeplant und begann 1943 mit der Großproduktion (Perlon ist eine Erfindung von Paul Schlack, Leiter der Forschungsabteilung der Aceta GmbH, Berlin-Lichtenberg, siehe Fußnote 1723). Einem FIAT-Bericht zufolge standen in Landsberg auch 12 Gießmaschinen, die dünne, opake, unbeschichtete Acetylcellulose-Folien „for protection against gas“ unter dem Namen Lyafol produzierten; die Magnetophonband-Produktion wäre insoweit in Landsberg kein Fremdkörper gewesen. Im Sommer 1945 gingen alle Landsberger Anlagen als Reparationsleistungen in die UdSSR. – Quellen:
• N. N. (TEA-Büro Frankfurt?), Niederschrift über die Montagsbesprechung am 14.8.1939 in Frankfurt/Main, 1939-08-14, BASF SE UA C 30/1
• N. N., 100. Geburtstag von Paul Schlack: „Perlon“ wird 60; URL: <http://www.chf.de/benzolring/archiv/sc-1297.html> [2003-02-09]
• White, D. R. und Rose, C. E., Report on Interviews with Technical Personnel From the AGFA Plant At Wolfen, FIAT Final Report No 355 (PB 1312), pp. 4, 17; 1945-08-08 – 11
• Hinkelmann, Edeltraud, Ein chemisches Unternehmen in Rummelsburg, URL: <http://www.berlinische-monatsschrift.de/bms/bmsbxt99/9907proe.htm> [2003-02-09]
• Plumpe, Gottfried, Die IG-Farbenindustrie-AG: Wirtschaft, Technik und Politik 1904 – 1945, Duncker & Humblot Berlin 1990
- 1772 Pflaumer, Karl, [Brief an] Rüstungskommando Ludwigshafen, 1943-06-25, BASF SE UA F 7205 („Ausweichplanung“) Blatt 126/43
- 1773 Pflaumer, Karl, [Brief an] Rüstungskommando Ludwigshafen, 1943-06-25, BASF SE UA F 7205 („Ausweichplanung“) Blatt 126/43
- 1774 Alfred Miller hatte bei AGFA schon früh führende Positionen inne; nach 1945 baute er in Leverkusen Fabrikationsanlagen und Labors auf. Von 1952 bis 1956 war er Vorstandsvorsitzender der Agfa AG, danach Aufsichtsratsmitglied der Agfa-Gevaert AG. [KINOTECHNIK 1968 Nr 6, Seite 145]
- 1775 OKH Ch H Rüst und BdE / Wa A 78m3120 WaJRü (WuG 7/la), Brief an I.G. Ludwigshafen, Technische Abteilung, 1943-07-02, BA Wolfen Abschr. v. 7.7.43, A 6 131
- 1776 Pflaumer, Karl, I.G. LU, Farben-Gruppe, Bemerkungen zum Brief Dr. Gajewski ..., 1941-11-22 (N411122A); BASF UA P 914
• N. N., BIOS Final Report No. 397 "on Agfa Colour Film", May/June 1945, page 4
- 1777 Miller, Alfred, Aktennotiz über die Besprechung beim OKH Berlin-Charlottenburg, Fasanenstraße 18, am 28.06.1943, 1943-06-29, BA Wolfen A 19 711; Nr. 892
- 1778 White, D. R. und Rose, C. E., Report on Interviews with Technical Personnel From the AGFA Plant At Wolfen, FIAT Final Report No 355 (PB 1312), p. 17 (Angaben auf p. 4 vernachlässigt), 1945-08-08 – 11
- 1779 N. N., Die Azofarben-Abteilung Ludwigshafen in den Jahren 1940, 1941 und 1942, o.D. (ca. 1943), BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv J 1202
- 1780 Thienel, NN, (Pressestelle der BASF Aktiengesellschaft), Der Schürhaken und das Magnetophonband, 1961-08-03; BASF SE UA T 33
- 1781 Jacqué, Heinrich, Verfahren zum Strecken von Folien oder Bändern aus organischen thermoplastischen Massen, DE 689 539, angemeldet 1936-07-01. Jacqués erstes Patent, DE 582 412, Verfahren zur Herstellung von Filmen, O.Z. 5896, stammt vom 1929-09-27.
- 1782 NN., 25 Jahre Kunststofflaboratorium / Weltweit eine erste Adresse für Werkstoffe der Zukunft, in: BASF information, BASF Aktiengesellschaft, 1988-01-20
- 1783 Jacqué, Heinrich, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26; Umschrift von F. E. 1985
- 1784 Schuster, Unterlagen 1955-1961 zur „Geschichte des Hauptlabors“ [der I.G. Farben Ludwigshafen], BASF SE UA D 101/6
- 1785 Jacqué, Heinrich: Verfahren zur Herstellung von Folien und Bändern aus organischen thermoplastischen Massen, DE 715 753, angem. 1938-01-27
- 1786 Fikentscher, Hans, Verfahren zur Verbesserung der Hitzebeständigkeit von hochpolymeren halogenhaltigen Stoffen, DE 746 081, angem. 1940-01-03. Die Patentschrift nennt allein Fikentscher; im „Erfinderverzeichnis Farbenlabor“, Patentanmeldungen Jacqué (BASF SE UA E 05/03, Blatt 2), wird dieser zusammen mit Dr. Lotz als Miterfinder genannt.
- 1787 Jacqué, Heinrich; Fikentscher, Hans: Luviethermverfahren, 1940-10-25, BASF SE UA D 02. 2/6 B 294 („Laborberichte 1939-40 Nummer B 281 – B 300“); die Folien-Streckung in Längsrichtung wird beherrscht, in die Breite schwieriges technisches Problem
- 1788 Die Patentliste Jacqués im „Erfinderverzeichnis Farbenlabor“ (BASF SE UA E 05/02) umfasst auf 6 Blättern 42 Anmeldungen und Patente zwischen 1929 und dem 1960-12-22 – einem seiner letzten Arbeitstage vor dem Ruhestand –, z.T. mit Miterfindern.
- 1789 I.G. Farben Ludwigshafen, Formblatt „Magnetophonband-Prüfung“ für Prüfling Nr. 11001 (110A Luvieth.), gemessen von NN. Weber, Elektro-Versuchs-Laboratorium Lu 217 am 1942-11-02, BASF SE UA P 916.1. Danach lagen Empfindlichkeit und Dynamik jeweils ca. 5 dB unter der des „Musterbandes“ 368, dessen Kennwerte allerdings auch von der laufenden Produktion nicht erreicht wurden. Realistisch betrachtet, dürften die Massebandmuster etwa 2 – 3 dB schlechter gewesen sein als ein durchschnittliches „Magnetophonband Typ C“.
- 1790 Jacqué, Heinrich, Labormotiz: Über Versuche zur Herstellung von Magnetophon-Luviethermbändern; 1942-12-23
- 1791 Nissen, Hans-Friedrich (Filmfabrik Wolfen), Bericht über den Besuch in Ludwigshafen am 13. und 14.5.1943 betr. Magnetophonbandherstellung, 1943-05-20; BA Wolfen A 19 711, Nr. 884
- 1792 NN., Die Azofarben-Abteilung Ludwigshafen im Jahre 1943, BASF SE UA J 1202, S. 32
- 1793 Schuster, Curt, Die Geschichte des Hauptlaboratoriums 1938 – 1957, o.D. (ca. 1957), S. 197, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv D 101/3

- ¹⁷⁹⁴ Schuster, Unterlagen 1955-1961 zur „Geschichte des Hauptlabors“ [der I.G. Farben Ludwigshafen], BASF SE UA D 101/6
- ¹⁷⁹⁵ Die Folienfabrik Fürth-Forchheim hatte, ebenso wie das I.G. Farben-Werk Troisdorf, eine Luvitherm-Lizenz erworben
- ¹⁷⁹⁶ Jacqué, Heinrich, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26; Umschrift von F. E. 1985
- ¹⁷⁹⁷ Auszug aus der Personalakte Heinrich Jacqué
- ¹⁷⁹⁸ „Patentanmeldungen, an denen Herr Jacqué, Hch. erfinderisch beteiligt ist“, Erfinderverzeichnis Farbenlabor, BASF SE UA E 05/03, o.D. (ca. 1961)
- ¹⁷⁹⁹ Das Luvitherm-Verfahren ist im Detail beschrieben
- Crawford, J.W.C., Wooler J. und Berth-Jones, E.W., Plastics in German Sound Recording Systems, BIOS Final Report No. 1379: o.D., (ca. 1946-07) sowie
 - Klein, Walter A., Lunn, John A., The Manufacture of Luvitherm Film, FIAT Final Report No. 866, 1946-08-22
- ¹⁸⁰⁰ Friedmann, Paul (?), Elektr. Vers. Labor Lu 217, Aktennotiz: zum Vorschlag der R.R.G. vom 21.12.1942 über zukünftige Abnahmebedingungen und Meßvorschriften, 1943-01-15, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁸⁰¹ White, D. R. und Rose, C. E., Report on Interviews with Technical Personnel From the AGFA Plant At Wolfen, FIAT Final Report No 355 (PB 1312), p. 13 und 18, 1945-08-08 – 11
- ¹⁸⁰² Crawford, J.W.C., Wooler J. und Berth-Jones, E.W., Plastics in German Sound Recording Systems, BIOS Final Report No. 1379, p 15; o.D. (ca. 1946-07)
- ¹⁸⁰³ Plumpe, Gottfried, Die IG-Farbenindustrie-AG: Wirtschaft, Technik und Politik 1904 – 1945, Duncker & Humblot Berlin 1990, S. 333
- ¹⁸⁰⁴ N. N., BASF: Drei Millionen Tonnen PVC, BASF Datenbank „useFUL“ 14139.PDF P 62 Ge, 1983-10-01
- ¹⁸⁰⁵ Schuster, Curt, Die Geschichte des Hauptlabors 1938 – 1957, S. 178, o.D. (ca. 1957), BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv D 101/3
- ¹⁸⁰⁶ Für die Beschreibung des Luvitherm-Verfahrens wurden folgende Quellen benutzt:
- Fikentscher, Hans, Jacqué, Heinrich, Luvithermverfahren, 1940-10-25, BASF SE UA D 02.2/6 B 294
 - Robl, Rudolf, Die historische Entwicklung und die Herstellung des Magnetophonbandes BASF Typ LGS, Manuskript, 1956-06-18, BASF SE UA P 902 (aus Smlg Robl)
 - Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, Band 7, Stichwort „Folien“, S. 646 f., Urban & Schwarzenberg, München – Berlin 1960
 - Klein, Walter A., Lunn, John A., The Manufacture of Luvitherm Film, FIAT Final Report No. 866, 1946-08-22
- ¹⁸⁰⁷ Crawford, J.W.C., Wooler J. und Berth-Jones, E.W., Plastics in German Sound Recording Systems, BIOS Final Report No. 1379: o.D., (ca. 1946-07), p. 15
- ¹⁸⁰⁸ Schuster, Curt, Die Geschichte des Hauptlabors 1938 – 1957, S. 178, o.D. (ca. 1957), BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv D 101/3
- ¹⁸⁰⁹ Fikentscher, Hans und Jacqué, Heinrich, Luvithermprojekt für Konservendosen, 1942-06-23, BASF SE UA D 02.2/6, Bericht B 510 (auch bekannt als BIOS Final Report 1379, Luvitherm for Preserving Cans)
- ¹⁸¹⁰ N. N., Drei Millionen Tonnen PVC, BASF Presse-Information P 62 Ge 1983-10-01 (BASF-Datenbank „useFUL“)
- ¹⁸¹¹ Fikentscher, Hans, Jacqué, Heinrich, Luvithermverfahren, insbes. S. 4 und 8, 1940-10-25, BASF SE UA D 02.2/6 B 294
- ¹⁸¹² Weber, Walter, Die magnetische Schallaufzeichnung mit besonderer Berücksichtigung der neuen Fortschritte / Kolloquium vom 23.10.40, Manuskript vom 1940-11-09, Umdruck der RRG
- ¹⁸¹³ Jacqué, Heinrich, Manuskript „Mitteilungen von Jacqué“ (Zusammenfassung eines Interviews?), 1961-06-26, BASF SE UA D 101/6
- ders., Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26 (Umschrift)
- ¹⁸¹⁴ Pflaumer, Karl, Brief an Magnetophon G.m.b.H., Dr. Schepelmann, 1942-09-30, BASF SE UA P 916.1 – Die Magnetophon G.m.b.H. wurde offiziell am 1942-10-01 gegründet.
- ¹⁸¹⁵ Nissen, Hans Friedrich, Bericht über zwei Besprechungen Magnetophon betreffend, 1942-10-30, BA Wolfen A 6 131; Nr. 53 710
- ¹⁸¹⁶ Magnetophonband-Prüfstelle Lu 217 (gez. Weber), Prüfung des Magnetophonbandes Nr. 11 001 (110 A Luvith.), 1942-11-02, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁸¹⁷ Ambros, Otto und Pflaumer, Karl, [Brief an] Haupting elektrotechnische Erzeugnisse beim Reichsminister für Bewaffnung und Munition, 1943-06-01, BASF SE UA F 7205 („Ausweichplanung“)
- ¹⁸¹⁸ Robl, Rudolf, „Historische Entwicklung der Magnetophonbandfabrikation in L'hafen“, Protokoll der Magnetophonbandtagung am 22. und 23.05. 1955 in Ludwigshafen; Seiten 26 – 30, „Referat Dr. Robl“, Nachschrift (Typoskript)
- ¹⁸¹⁹ Quellen:
- Lange, Fritz, Chronik der Farben-Abteilung 1939 – 1960, o.D. (ca. 1960), BASF SE UA J 1201
 - Schuster, Curt, Die Geschichte des Hauptlabors 1938 – 1957, o.D. (ca. 1957), BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv D 101/3
 - DeBell, John, Gloor, Walter E., Goggin, William C., German Plastics Practice, PB 10279, o.D. (ca. 1945-11), BASF SE UA K 0/1
- ¹⁸²⁰ Fikentscher, Hans, Robl, Rudolf, Kollek, Leo, Verfahren zur Herstellung von Magnetogrammrägern, DE 835 067 (O.Z. 14300), angemeldet 1943-07-11, ausgegeben 1952-03-27
- ¹⁸²¹ Niemann, N. N., „Ergebnisse des Reppe-Verfahrens“, 1941-01-24, BASF D 02. 2/6 B 294
- ¹⁸²² Wilhelm Godel, geboren 1904-06-18, trat am 1919-06-12 in die Badische Anilin- & Soda-Fabrik ein. Als Laborant weit überdurchschnittlich qualifiziert, wurde er mit seinen Fähigkeiten als Maschinenbauer, Feinmechaniker und gewitzter „Organisator“ Robls wichtigster Assistent. Er trat 1969-06-30 in den Ruhestand.
- ¹⁸²³ Nach Godels Beschreibung handelt es sich um eine Art Umwälzgerät, das aus zwei parallelen, angetriebenen zylindrischen Walzen bestand. In den nach oben weisenden „Zwickel“ wurden Flaschen oder Zylinder gelegt, die das Mischgut enthielten. Die gängige Bezeichnung ist noch nicht festgestellt.
- ¹⁸²⁴ Robl, Rudolf, „Buch III: Kunststoff - Kapitel 4: Magnetophonband“, Typoskript, 24 Seiten, o.D. (handschr. Vermerk „erhalten 12.7.63“); BASF SE UA P 902
- ¹⁸²⁵ Pflaumer, Karl, Brief an Magnetophon G.m.b.H., Dr. Schepelmann, 1942-09-30, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁸²⁶ Schleusner, Adolf (Adox Fotowerke), Verfahren zur Herstellung von bandförmigen Aufzeichnungsträgern für magnetische Schallaufzeichnung, DE 1 092 223, 1958-10-10
- ¹⁸²⁷ Brendel, Clemens, Bericht [über die Explosion am 29. Juli 1943], 1943-11-19, BASF SE UA B4 / 1614
- ¹⁸²⁸ Müller, Fritz; Die Badische Anilin- & Soda-Fabrik (ehemals I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Werke Oberrhein) während des Krieges 1939 bis 1945, Ludwigshafen 1946, BASF SE UA A 865/31a, S. 78
- ¹⁸²⁹ Naoum, N.N. [Chemisch-Technische Reichsanstalt Berlin, Abteilung für explosive Stoffe], Bericht über die Explosion im Werk Ludwigshafen der I.G. Farben am 29. VII.43, Anlage 1, 1943-10-14, BASF SE UA B4 / 1614
- ¹⁸³⁰ N. N., Die Azofarben-Abteilung Ludwigshafen im Jahre 1943, o.D. (ca. 1944), BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv J 1202, S. 1 – 3
- ¹⁸³¹ Robl, Rudolf, „Buch III: Kunststoff - Kapitel 4: Magnetophonband“, Typoskript, S. 8, 24 Seiten, o.D. (handschr. Vermerk „erhalten 12.7.63“); BASF SE UA P 902. Robls Manuskript ist die einzige Quelle für diesen Todesfall.
- ¹⁸³² Unter den in einer Totenliste der Betriebszeitung aufgeführten Namen ist dies der einzige, der auf ukrainische Abkunft seiner Trägerin schließen lässt. (Pers. Mitteilung von Frau Christina Lohm, Zürich, 2003-02-24)
- ¹⁸³³ Die Explosion von 1943 ist nicht zu verwechseln mit einer noch schlimmeren Katastrophe, die sich fast auf den Tag fünf Jahre später, 1948-07-28, ereignete und 210 Tote und über 3.000 Verletzte zur Folge hatte. Auch hier waren die Ursachen ähnlich: flimmernde Hitze, ein überfüllter Kesselwagen, möglicherweise eine defekte Schweißnaht.
- ¹⁸³⁴ Brendel, Clemens, Bericht [über die Explosion am 29. Juli 1943], 1943-11-19, BASF SE UA B4 / 1614
- ¹⁸³⁵ Weber, Walter, Rundschreiben (an Hauptsender Riga, Techn. Betriebsstelle) betr. Magnetophonfilme, gez. (Ernst) Himmler, von Braunmühl, 1943-08-16, Smlg Stroekens
- ¹⁸³⁶ Lenner, Bettina und Luerweg, Thomas: Vor 75 Jahren: Feuersturm vernichtet Hamburg; 2018-07-24; <https://www.ndr.de/geschichte/chronologie/Feuersturm-vernichtet-Hamburg-feuersturm100.html> [2019-11-15]
- ¹⁸³⁷ Nissen, Hans Friedrich, Bericht über den Besuch in Ludwigshafen am 13. und 14.5.1943 betr. Magnetophonbandherstellung, 1943-05-20, BA Wolfen, A 19 711 Nr. 884
- ¹⁸³⁸ Fikentscher, Hans, Notiz mit Kopie an Elektrolabor (Lu 217), 1943-08-04, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁸³⁹ Mertelsmann, N. N.: Aktennotiz: Besprechung mit Schepelmann und Schüller am 11.11.1943; 1943-11-17, BA Wolfen A 19 711; Nr. 905
- ¹⁸⁴⁰ Meyer, K., Dokumentation 31 vom 1963-10-17: Geschichte der Magnetbandfabrikation in der Filmfabrik 1943 – 1963, Wissenschaftliche Bücherei der Filmfabrik (Wolfen)
- ¹⁸⁴¹ Pflaumer, K., Fikentscher, H., Jacqué, H.: Verfahren zur Herstellung von Magnetogrammrägern, DE 848 424, angemeldet 1943-12-04, ausgegeben 1951

- ¹⁸⁴² Seiberth, Hans, 20 Jahre Magnetophonband, FUNK-Technik 1954 Nr. 08, S. 219 – 223, BASF SE UA P 905. Seiberth gibt den Messwert -11 dB für den ungefähr gleichwertigen Parameter „Betriebsdynamik“ an.
- ¹⁸⁴³ Kowalke, Günther, Die tontechnische und -technologische Entwicklung im „Haus des Rundfunks“ und in zugehörigen Einrichtungen im Zeitraum 1931 – 1945, unveröffentlichtes Manuskript, 1995
- ¹⁸⁴⁴ N. N., Rüstungskommando Ludwigshafen des Reichsministers für Bewaffnung und Munition, Schreiben an IG.-Farben-Industrie AG, Ludwigshafen/Rhein, 1943-05-29, BASF SE UA F 7205
- ¹⁸⁴⁵ Robl, Rudolf, 25 Jahre Magnetophonband / Die Geschichte eines BASF-Produktes, Typoskript, 12½ Seiten, Seite 5, o.D. (ca. 1957-08-31)
- ¹⁸⁴⁶ Seiberth, Hans, Beitrag zur Informationsveranstaltung der Sparte M + N am 1973-10-24 (Maschinenabschrift eines handschriftlichen Manuskripts), BASF SE UA P 902
- ¹⁸⁴⁷ Matthias, Friedrich, [Brief an] I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft „in Auflösung“, 1946-11-25, BASF SE UA B4 / 1530
- ¹⁸⁴⁸ Zur Absicherung dieser Feststellung ist lediglich ein Zitat aus einem Schriftstück von Richard H. Ranger bekannt: Mooney, Mark Jr., The History Of Magnetic Recording, HiFi Tape Recording, Vol. 5 No. 4, Feb., 1958 pp 21-37: „J. Herbert Orr, (now president of ORRadio Industries) had gotten them back to coating Luvitherm magnetic tape at the Wald Michelbach plant before he had a bad auto accident over there which laid him up for some months.“
- ¹⁸⁴⁹ 67,6 kg Magnetophonband-Block entsprechen 100 Bändern (zu 1000 m); 2742 kg entsprechen also grob gerechnet 4.000 Magnetophonbändern. Insgesamt wären damit fast 10.000 Bänder verschwunden. – Quelle: Rheude, Franz G., Wirtschaftssachverständiger (Neustadt a.d. Haardt), Preisbildung für Magnetophonband LGN und LGP, 1948-01-09, Seite 2 f., Staatsarchiv Speyer, H 13 Nr. 2727 Blätter 76 – 79
- ¹⁸⁵⁰ N. N., Anlagenabrechnung / Versicherung der BASF Lu, Brief an Rechtsabteilung, 1947-03-28, BASF SE UA B4 / 1530
- ¹⁸⁵¹ Auf Rechnung der „displaced persons“ geht auch eine Explosion, die den Eisenbahntunnel der „Überwaldbahn“ zwischen Wald-Michelbach und Kreidach zerstörte – bezeichnen der Weise ist das Datum nicht mehr genau zu ermitteln (etwa April 1945). Die deutsche Wehrmacht hatte Benzin-Tankwagen und schwere Kriegsschiffmunition (sic) im Tunnel abgestellt. Ein beim Hantieren an der auch überörtlich bekannten „Treibstoffquelle“ ausgelöster Brand ließ die Tankwagen explodieren; der Wiederaufbau des Tunnels dauerte bis 1948. – Quelle: Morr, Hans-Günther, Die Überwald-Bahn, Hg. Gemeinde Wald-Michelbach, Geiger-Verlag Horb am Neckar, 1998
- ¹⁸⁵² Der Landrat des Landkreises Bergstraße, Besatzungsamt, Bescheid: Besatzungskosten, hier: Ihr Entschädigungsantrag vom 21.8.1947, 1948-10-06, BASF SE UA B4 / 1530
- ¹⁸⁵³ Feiler, Paul, Stickstoff-Abteilung Oppau, [interner Brief an] Direktions-Abteilung, Dr. Moll, mit Stempel „Geheim! Dies ist ein Staatsgeheimnis ...“, 1944-02-22, BASF SE UA F 7205 („Ausweichplanung“). Bei S- und T-Stoff handelt es sich um Komponenten von Raketen- und Düsenjäger-Treibstoffen; WZ-Stoff konnte nicht ermittelt werden.
- ¹⁸⁵⁴ Die Steinbachmühle gehörte zu einem früheren Werk der I.G. Farben in Neckarzimmern, wurde während des 1. Weltkriegs erworben und diente vor allem zum Zerkleinern von Gips aus den benachbarten Gipsbergwerken im Neckartal. Die Anlage, 1929 geschlossen, war seit 1944 an die Heeresverwaltung vermietet, die sie jedoch freigeben sollte. Die Verlagerung der Luvitherm-Produktion und der „Bänder für Tonschreiber der Wehrmacht, Einzigartige Fertigung“ nach Neckarzimmern war am 1944-04-14 bereits beantragt, als der Landrat des Kreises Mosbach „auf Antrag des Sonderbaubeauftragten des Reichsministeriums Speer“ das Gebäude beschlagnahmte, das „als Unterkunft für eine Arbeitskompanie dienen“ sollte. Die zeitliche Übereinstimmung spricht stark für den Zusammenhang mit der Verlagerung der Daimler-Benz-Flugzeugmotorenwerke Genshagen nach Obrigheim am Neckar (Näheres siehe „Das Daimler-Benz-Buch“, Hg. Hamburger Stiftung für Sozialgeschichte, Nördlingen 1987, insbes. Teil II: Zwangs- und Häftlingsarbeit unter dem Dreizack, S. 392 ff.). – Weitere Quellen:
- Fikentscher, Hans, [interner Brief an] Direktions-Abteilung T Dr. Moll, 1944-03-08, BASF SE UA F 7205 (Ausweichplanung) Blatt 237/44
 - N. N., Direktionsabteilung ; I.G. Ludwigshafen, Aktennotiz: Errichtung einer Luvithermanlage in der Steinbachmühle bei Neckarzimmern, 1944-03-11, BASF SE UA F 7205 (Ausweichplanung)
 - Moll, N. N., [Brief an] Rüstungskommando ... Mannheim-Seckenheim, 1944-03-15, BASF SE UA F 7205 (Ausweichplanung) Blatt 69/44
 - N. N., Verlagerung [Ausgefülltes Formblatt der Rüstungs-Inspektion Oberrhein], ausgefüllt von I.G. Farben A.G. LU, Direktionsabteilung, 1944-04-14, BASF SE UA F 7205
 - Der Landrat des Kreises Mosbach, [Verfügung auf Grund des Reichsleistungsgesetzes], II. Ausfertigung für I.G. Farbenindustrie A.G. in Ludwigshafen, 1944-05-11, BASF SE UA F 7205
- ¹⁸⁵⁵ Das 1939 im heutigen „Chemiedreieck“ Bayerns (südlich von Passau) gebaute „Werk Gendorf“ sollte diverse Chemikalien liefern, und zwar in Mengen, die ausschließlich während der Kriegsdauer benötigt würden „und daher als reine Überkapazitäten anzusprechen waren“ [a]. Für Pachtung und Betrieb reaktivierte I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Ludwigshafen einen leeren Firmenmantel namens „Anorgana G.m.b.H.“ mit Sitz in Ludwigshafen. Diese Gesellschaft betrieb die Werke Gendorf und Dyhernfurt. Rechtlich und finanztechnisch bestand also zwischen dem OKH-eigenen Werk Gendorf und der I.G.-Tochterfirma Anorgana G.m.b.H. eine klare Abtrennung.[b] Wegen der notwendigen Verlagerung des Ludwigshafener Hauptlabors in das Werk Gendorf mussten hier neue vertragsrechtliche Voraussetzungen geschaffen werden. Die Konstruktion lief darauf hinaus, dass die Gendorfer Anlagen auf Basis von „Lohnumbarungsaufträgen“ benutzt werden sollten, das Werk aber „keinerlei Lizenz zur Benutzung der darin installierten I.G. Verfahren“ besaß. [a] – Quellen:
- [a] Dilthey, Günther, Exposé: Situation des Werkes Gendorf vor und nach dem 8. Mai 1945, 1949-01-17, BASF SE UA B4 / 1749
- [b] Dilthey, Günther, Briefentwurf: Paul Denker, I.G. Frankfurt [Zur Entstehung des Werkes Gendorf und der Funktion der Anorgana G.m.b.H.], 1945-11-19, BASF SE UA B4 / 1749
- ¹⁸⁵⁶ Mierzejewski, Alfred C., Bomben auf die Reichsbahn / Der Zusammenbruch der deutschen Kriegswirtschaft 1944 – 1945, S. 98 f.; EK-Verlag Freiburg 1993 (The University of North Carolina Press 1988)
- ¹⁸⁵⁷ Schuster, Curt, Die Geschichte des Hauptlaboratoriums 1938 – 1957, S. 20, o.D. (ca. 1957), BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv D 101/3
- ¹⁸⁵⁸ Hildebrand, Klaus, Die deutsche Reichsbahn in der nationalsozialistischen Diktatur 1933 – 1954, S. 236, in: Lothar Gall und Manfred Pohl (Hrsg.), Die Eisenbahn in Deutschland, C.H.Beck'sche Verlagsbuchhandlung München 1999
- ¹⁸⁵⁹ N. N., Anlagenabrechnung / Versicherung der BASF Lu, Brief an Rechtsabteilung, 1947-03-28, BASF SE UA B4 / 1530
- ¹⁸⁶⁰ Holdermann, Karl und Robl, Rudolf, Magnetophonband-Betrieb, S. 11, 1956-08-30, BASF SE UA P 902
- ¹⁸⁶¹ Die Verlagerung der Luvitherm-Anlage ist aus dem umfangreichen Briefwechsel (in der Regel wohl mit Kurieren aufrecht erhalten) zwischen Dr. Walter Reppe in Gendorf und seinen Mitarbeitern in Ludwigshafen rekonstruiert. Diese als Zeitzeugnis ebenso aufschlussreichen wie bedrückenden Dokumente finden sich im Korrespondenzordner A 251/10 (IG-Akten) des Unternehmensarchivs der BASF Aktiengesellschaft. – In seiner Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26, gibt auch Heinrich Jacqué den zeitlichen Ablauf weitgehend exakt wieder.
- ¹⁸⁶² Schuster, Curt, Die Geschichte des Hauptlaboratoriums 1938 – 1957, o.D. (ca. 1957), S. 197, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv D 101/3
- ¹⁸⁶³ Die Bedeutung dieses nur zwei Mal auftretenden Ausdrucks konnte nicht geklärt werden, möglicherweise soll er eine besondere, für Magnetträger-Anwendungen geeignete Qualitätsstufe bezeichnen, die nur etwa 10 % der gesamten Luvitherm-Folienproduktion ausmachte. – Quellen:
- Jacqué, Heinrich, Aktennotiz über die Verarbeitung von Magnetit-Walzmischungen zu Magnethern (U.S. Military Administration of Anorgana, Gendorf, Luvitherm-Anlage), 1946-01-16, BASF SE UA A 866;
- Pflaumer, Karl, Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern, I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Farben-Gruppe, 1945-07-11
- ¹⁸⁶⁴ Jacqué, Heinrich, Aktennotiz über die Verarbeitung von Magnetit-Walzmischungen zu Magnethern (U.S. Military Administration of Anorgana, Gendorf, Luvitherm-Anlage), 1946-01-16, BASF SE UA A 866
- ¹⁸⁶⁵ Jacqué, Heinrich, Brief an I.G. LU, Dr. Fikentscher, 1946-01-23, BASF SE UA A 866
- ¹⁸⁶⁶ Jacqué, Heinrich, Brief an I.G. LU, Dr. Fikentscher, 1946-01-23, BASF SE UA A 866
- ¹⁸⁶⁷ N. N., Kleine Heimatkunde - Chronologische Übersicht zur Entwicklung der politischen Gemeinde Burgkirchen a.d.Alz, URL: <http://www.freie-waehler-burgkirchen.de/bgk-heim/GHeimat.pdf> (2003-03-15)
- ¹⁸⁶⁸ Tr, Anlagenteile versteckt und Silber geklaut, BASF information 1995-05-10, Seite 3
- ¹⁸⁶⁹ Crawford, J.W.C., Wooler J. und Berth-Jones, E.W., Plastics in German Sound Recording Systems, BIOS Final Report No. 1379: o.D., (ca. 1946-07), Überarbeitung von F.E. 2003
- ¹⁸⁷⁰ • Radebeuler Maschinenfabrik August Koebig G.m.b.H. in Radebeul, Dresden, Maschine zum zwei- oder mehrfachen Auftragen von Schichten auf endlose Papier- oder Filmbahnen, DE 612 798, angemeldet 1933-05-03
- Bartsch, Wilhelm (Radebeuler Maschinenfabrik August Koebig & Co), Maschine zum zwei- oder mehrfachen Auftragen von Schichten auf endlose Papier- oder Filmbahnen, DE 714 133, angemeldet 1938-09-10
- ¹⁸⁷¹ Pers. Mitteilung von Hartmut Thiele, München, 1998-11-04. Das Patent aus dem Jahr 1910 konnte bisher nicht identifiziert werden (F.E. 2002-08-26)

- ¹⁸⁷² Robl, Rudolf, 25 Jahre Magnetophonband / Die Geschichte eines BASF-Produktes, Typoskript, 12½ Seiten, o.D. (ca. 1957-08-31)
- ¹⁸⁷³ Ranger, Richard H., Further Studies in Magnetophones and Tapes, FIAT Final Report No. 923, 1947-05-13, Original in BASF Hauptbücherei
- ¹⁸⁷⁴ Für den längeren Teil dieses Abschnitts wurden folgende Quellen, meist wiederholt, benutzt:
- Godel, Wilhelm, [Aufstellungsplan der Apparaturen in der LKW-Garage Koch, Aschbach], mit Namensangabe, bemast, datiert „20.10.1944“
 - Godel, Wilhelm, Erinnerungen an frühe Magnetophonband-Entwicklungen, mit Fragen von Walter Schneider und Friedrich Engel, Tonbandaufnahme, Juni 1989 (?)
 - Hammar, Peter, Interview mit Wilhelm Godel, aufgezeichnet in Ludwigshafen ca. 1981
 - Robl, Rudolf, „Buch III: Kunststoff - Kapitel 4: Magnetophonband“, Typoskript, 24 Seiten, o.D. (handschr. Vermerk „erhalten 12.7.63“); BASF SE UA P 902
 - Robl, Rudolf, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26
 - Robl, Rudolf, Bericht über die Inbetriebnahme der Fabrikation von Magnetophon LG-Bändern in Aschbach / Odenwald, Bericht des Alizarinlaboratoriums Nr. 1145, 1945-12-15, BASF SE UA D 02.3/5
- ¹⁸⁷⁵ Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01, p. 31 + 32
- ¹⁸⁷⁶ N. N., Aktennotiz Verkehrswesen: I.G.-Lager in der Textilfirma Gebr. Walker, Neckargemünd, Mühlgasse 20; 1945-06-29, BASF SE UA A 251/10
- ¹⁸⁷⁷ Krzikalla, Hans, Brief an Dr. Reppe, Gendorf, 1944-12-18, BASF SE UA A 251/10
- ¹⁸⁷⁸ Über den katastrophalen Zustand von I.G. Farben-Mitarbeitern, Einwohnern, Stadt und Werk Ludwigshafen berichtet das Buch "Die BASF - Eine Unternehmensgeschichte", das auch die verwickelte Geschichte der zunächst amerikanischen, ab 7. Juni 1945 französischen Verwaltung bzw. Besetzung des Werks und die Auflösung der I.G. Farbenindustrie schildert. (Abelshauser, Werner (Hg.), Die BASF – Eine Unternehmensgeschichte; Verlag C.H. Beck München 2002 (ISBN 3 406 49533 8))
- ¹⁸⁷⁹ Weber, W., [Magnetophonband-Prüfstelle Waldmichelbach], Wahl eines neuen Messbandes, 1946-05-15, BASF SE UA P 916.2
- ¹⁸⁸⁰ N. N., I.G. Ludwigshafen, Personalabteilung, [Rundschreiben an Abteilungsvorstände], BASF SE UA P 917, 1946-01-11
- ¹⁸⁸¹ Weber, W., [Magnetophonband-Prüfstelle Waldmichelbach], Brief an I.G. Farbenindustrie A.G., Herrn Dir. Dr. Pflaumer, Ludwigshafen, BASF SE UA P 916.2, 1946-04-11
- ¹⁸⁸² Robl, Rudolf, Aktennotiz: Besuch bei RTZ Bad Homburg 27. und 28. 11.47, 1947-12-18, BASF SE UA P 916.2
- ¹⁸⁸³ Seiberth, Hans, Beitrag zur Informationsveranstaltung der Sparte M + N am 1973-10-24 (Maschinenabschrift eines handschriftlichen Manuskripts), BASF SE UA P 902
- ¹⁸⁸⁴ Pflaumer, Karl, Brief an die Rundfunktechn. Zentralstelle, Bad Homburg v.d.H., 1947-01-16, BASF SE UA P 916.2
- ¹⁸⁸⁵ Seiberth, Hans, Besuchsbericht: NWDR Hamburg (Gondesen), SWF, Schießler (RTZ), 1948-06-16, BASF SE UA P 916.2
- ¹⁸⁸⁶ ca. 4.200 Bänder pro Monat. d.h., etwa die gemeinsame Kapazität von Ludwigshafen und Waldmichelbach
- ¹⁸⁸⁷ Im Frühjahr 1948 bestellte John M. De Bell, Longmeadow, Mass. [USA], 4000 Pfund Luvietherm-Folie zur Verarbeitung auf Magnetophon-Film, machte aber ein vollkommen unbefriedigendes Angebot. De Bell ist bekannt als Mitverfasser des CIOS Report C-59, Report On The Magnetophones, ca. 1945-08-31 sowie PB 10279, German Plastics Practice. – Quelle: Roell, Ernst (Gendorf), Brief an BASF Ludwigshafen, Dr. Pflaumer, 1948-04-09, BASF SE UA B4 / 1749
- ¹⁸⁸⁸ Braband, AEG Hamburg, Aktennotiz [Besuch Engelhardt und Stand Magnetbandfertigung Leverkusen], 1947-10-01, AEG-Archiv / Smlg Thiele
- ¹⁸⁸⁹ Richard H. Ranger, Rangertone, Inc., [Brief an] Bruno Woelke, 13a Munchberg/Oberfr., Kirchenlamitzer Str. 120, 1947-06-24, Rangertone-Sammlung Stephen Temmer
- ¹⁸⁹⁰ Diltthey, Günther, Aktennotiz: Verhandlungen mit Anorgana Gendorf am 29. Oktober 1948, 1948-11-02, BASF SE UA B4 / 1749 und A 866
- ¹⁸⁹¹ Klönne, Th., (Trustee Gendorf), [Brief an] Dr. Friedrich Matthias, Magnetophonbandfabrik, Waldmichelbach, 1948-09-14, Infraser Gendorf
- ¹⁸⁹² N. N., BASF Verkaufsabteilung KL II, Entwurf für eine Ergänzung des Berichtes über die am 15.6.1949 mit den Herren Dr. Schepelmann und Dr.-Ing. Petersen von der AEG Hamburg über Magnetophon gehabte Besprechung, 1949-06-21, BASF SE UA B4 / 1690
- ¹⁸⁹³ Jacqué, Heinrich, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26
- ¹⁸⁹⁴ Kleber, Hermann (BASF Patentabteilung), Niederschrift über die Rücksprache mit Anorgana Gendorf vom 13. September 1948, 1948-09-16, BASF SE UA A 866 und B4 1749
- ¹⁸⁹⁵ Akte Matthias der Pensionskasse der BASF Aktiengesellschaft, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv
- ¹⁸⁹⁶ Klönne, N. N., Gendorf, [Notiz z.H.] Herrn Dr. Meyer, 1948-09-29, Infraser Gendorf
- ¹⁸⁹⁷ Klönne, Th. (Trustee Gendorf), [Brief an] Dr. Friedrich Matthias, Magnetophonbandfabrik, Waldmichelbach, 1948-09-14, Infraser Gendorf. - Das nicht ganz eindeutig lesbare Diktatzeichen verweist auf Dr.-Ing. Dr. jur. Harald Mediger, jetzt Patentanwalt der Anorgana, der schon in seiner Wolfener Zeit in Sachen Vertragsgestaltung für die Magnetophon G.m.b.H. hart mit Ludwigshafen verhandelt hatte.
- ¹⁸⁹⁸ N. N. (AEG), Kopf- und Kopfräger-Zusammenstellung, Berlin, 1948-06-29, Kopie in Westpfahl, Hans, Magnetophon-Album „M – AEG – BASF“, o.D. (ca. 1980), S. 52
- ¹⁸⁹⁹ Schoenemann, Karl, Aktennotiz: Besprechung zwischen Herrn Dir. Dr. Gaus und Geheimrat Bücher AEG am 19. Oktober 1937 in Berlin über die Aussichten des Magnetophon-Gebietes und über die Weiterführung unserer Sprachbandarbeiten, 1937-10-19, BASF SE UA P 912
- ¹⁹⁰⁰ Schellin, Roland: Magnetophon - AEG-Universalgerät für Tonaufnahme und -wiedergabe, Funk Verlag Bernhard Hein e.k., ISBN 978-3-939197-96-6, 2016
- ¹⁹⁰¹ Ranger, Richard H., Further Studies In Magnetophones And Tapes, FIAT Final Report No. 923 (PB 79558), 1947-05-13

AEG: Magnetophon-Bereich 1939 bis 1945

- ¹⁹⁰² N. N., Tonband GmbH, Berlin, Bilanzerläuterungen zum Jahresabschluss der Tonband GmbH, Berlin, zum 30. September 1943, BASF SE UA P 903 und AEG-Archiv (DTMB) 02242
- ¹⁹⁰³ N. N., Reichsrundfunk, 4. Heft 1941/42, 11. Mai 1941, Titelseite
- ¹⁹⁰⁴ Goebbels, Joseph, Tagebücher 1941 - 1945, <http://db-1saur-1de-1780109627.erf.sbb.spk-berlin.de/DGO/basicFullCitationView.jsf?documentId=TJG-5397>. Die weiteren Tagebucheinträge sind gekennzeichnet als „Goebbels, Tagebuch, Datum“
- ¹⁹⁰⁵ Goebbels, Tagebuch, 1942-05-30
- ¹⁹⁰⁶ Goebbels, Tagebuch, 1942-07-01
- ¹⁹⁰⁷ Laut <https://de.wikipedia.org/wiki/Obersalzberg> ist *Obersalzberg* ein Ortsteil des Markts Berchtesgaden und somit ein Ortsname, also nicht der Name eines Bergs
- ¹⁹⁰⁸ Fröhlich, Elke (Hg.), Die Tagebücher von Joseph Goebbels, Diktate 1941-1945, Band 12 April-Juni 1944, K. G. Saur, 1995, Seite 159 (21.4.1944)
- ¹⁹⁰⁹ Lang, Klaus; Musikschätze der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft; Die Rückkehr von ca. 1.500 Tonbändern aus Moskau ins Berliner „Haus des Rundfunks“, ISBN 3-922564-02-X, 1992
- ¹⁹¹⁰ Booklet von Grünwald, Helge dazu: <https://www.yumpu.com/de/document/view/5227902/das-booklet-zur-cd-furtwaengler-gesellschaftde/5>; auch unter http://www.furtwaengler-gesellschaft.de/download/WF_AntonBruckner5B_Booklet_12.pdf
- ¹⁹¹¹ Reichs-Bruckner-Orchester, [https://de.wikipedia.org/wiki/Reichs-Bruckner-Orchester_\(Linz\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Reichs-Bruckner-Orchester_(Linz)) [2018-07-01]

AEG: Magnetophone aus der Fabrik Drontheimer Straße

- ¹⁹¹² Westpfahl, Hans, Sammlung von Fotos, Prospekten, Veröffentlichungen u.a.m. in zwei Sammelbänden, gekennzeichnet "M-AEG-BASF" und "M-HW", o.D., ca. 1985 sowie *Schüller-Sammlung, KSS Nummernkreis 1100
- ¹⁹¹³ • *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- Engel, Friedrich und Thiele, Heinz, Interview mit Hans Westpfahl, September 1985 – Es versteht sich, dass diese Interviews durchaus kritisch zu prüfen sind: Bisweilen halten Angaben, etwa zu Gerätenamen, Projekten, Kalenderangaben, Leistungsdaten usw. nach Jahrzehnten der Überprüfung an gesicherten Angaben nicht stand. Auch fällt auf, dass Fachleute, die im Kriege intensiv an den Tonschreibern gearbeitet haben, nur unvollständige Erinnerungen an die Aufgaben dieser Geräte haben. Es werden deshalb aus Interviews nur diejenigen Angaben verwendet, die auch in anderen Quellen bestätigt werden, nicht sichere werden als solche gekennzeichnet, offensichtlich falsche nicht benutzt.
- ¹⁹¹⁴ Westpfahl, Hans, Sammlung von Fotos, Prospekten, Veröffentlichungen u.a.m. in zwei Sammelbänden, gekennzeichnet "M-AEG-BASF" und "M-HW", o.D., ca. 1985
- ¹⁹¹⁵ *Schüller-Sammlung, KSS 1117 und 1118

- ¹⁹¹⁶ Lübeck, Heinz, Magnetische Schallaufzeichnung mit Filmen und Ringköpfen, Akustische Zeitschrift, 2. Jhg., 6. Heft, Nov. 1937, S. 273-295. – Der Begriff "Film" für Tonbänder wurde noch lange verwendet, eine Unterscheidung in "(Ton-) Band" und "(Kine-) Film" wurde erst gegen Ende des Krieges gefordert, hatte sich aber selbst 1981 noch nicht bei allen Beteiligten durchgesetzt.
- ¹⁹¹⁷ Schießler, Hans, Beitrag zur Untersuchung der Wirkungsweise von Sirenen, Von der Technischen Hochschule Dresden zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs genehmigte Dissertation, Abdruck in Akustische Zeitschrift, 3. Jahrgang, November 1938, S. 363 bis 379
- ¹⁹¹⁸ N. N. (Reichstreuhand der Arbeit für das Wirtschaftsgebiet Brandenburg), 1942-11-19, BASF UA P 915
- ¹⁹¹⁹ Friedmann, Paul, Besprechung mit Dr. Vinzelberg, AEG, am 20./21.8.42, 1942-09-01, BASF UA P 917
- ¹⁹²⁰ N. N., Gliederung, Leistung, Entwicklungen, Fertigungsprogramme der Magnetophongerätefabrik, o.D. (1945), Smlg Schüller, KSS 0535
- ¹⁹²¹ Strunk, Peter, Die AEG - Aufstieg und Niedergang einer Industriellegende, Nicolaische Verlagsbuchhandlung Beuermann GmbH, Berlin 2000² – Einige Zeitzeugen [Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981] nennen einen wesentlich früheren Zeitpunkt für den „Weggang der Kinomaschinen“, der aber nicht zu den Entscheidungen des Aufsichtsrates passt.
- ¹⁹²² Kroge, Harry von, GEMA - Berlin, Geburtsstätte der deutschen aktiven Wasserschall- und Funkortungstechnik, Selbstverlag, 1998, ISBN 3-00-002865-X
- ¹⁹²³ • Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- Engel, Friedrich und Thiele, Heinz, Interview mit Hans Westpfahl, September 1985
- ¹⁹²⁴ • N. N., (AEG-Apparatefabrik Treptow) Brief an den Herrn Militärkommandanten der Roten Armee für den Bezirk Wedding, 1945-06-23, Smlg E. Schüller
- Schüller, Eduard, Das „Magnetophon“, in: Forschen und Schaffen (AEG), Ausgabe 1957, S. 32 – 36
- ¹⁹²⁵ Kuper, Gerhard, Recherchen vor Ort, Infos durch den Bürgermeister, die Ortschronistin und weitere Einwohner aus Zühlsdorf, 2006 / 2007
- ¹⁹²⁶ Westpfahl, Hans, Sammlung von Fotos, Prospekten, Veröffentlichungen u.a.m. in zwei Sammelbänden, gekennzeichnet "M-AEG-BASF" und "M-HW", o.D., ca. 1985
- ¹⁹²⁷ Marquardt, Ortwin, Schreiben „An das Staatliche Institut für Deutsche Musikforschung ...“, Alfred Quellmalz, 1943-12-01; Hoerburger-Archiv der Universität Regensburg
- ¹⁹²⁸ Schult, Walter, pers. Mitteilungen an Gerhard Kuper
- ¹⁹²⁹ Richter, Hans J., und Holz, Wolf-Dieter, Deckname Koralle, Chronik der zentralen Marine-Funkleitstelle für U-Boot-Operationen im Zweiten Weltkrieg, 2. Auflage, Zella-Mehlis, 2003, ISBN 3-930588-58-7
- ¹⁹³⁰ N.N. (AEG ?), Verzeichnis der derzeitigen und geplanten Magnetophon-Typen, 1942-02-26, AEG-Archiv
- ¹⁹³¹ Schaefer, A., Was einmal war ... [Brandenburger Motorenwerke], Basdorfer Info Nr. 2, 2002-02, URL: <http://www.schoenwalde-info.de/bramo.htm> [2003-03-28] – Die Brandenburger Motorenwerke, ursprünglich Siemens-Flugmotorenwerk Spandau, wurden 1936 als Bramo selbständig, dann 1939 - nach Einflußnahme durch das Reichsluftfahrtministerium - von BMW aufgekauft, um die Flugmotorenentwicklung zu konzentrieren [N. N., BMW-History; URL: www.conceptcarz.com/view/makeHistory/3,1808/makeHistory.aspx [2007-04-07]]
- ¹⁹³² Ullrich, Katrin (Tochter Eduard Schüllers), Informationen per e-mail an Gerhard Kuper
- ¹⁹³³ Außer einem entsprechend gekennzeichneten Foto in einem der Sammelbände Hans Westpfahls war keine weitere Bestätigung für Datum und Zweck dieses Besuchs zu finden.
- ¹⁹³⁴ Strunk, Peter, Die AEG - Aufstieg und Niedergang einer Industriellegende, Nicolaische Verlagsbuchhandlung Beuermann GmbH, Berlin 2000²
- ¹⁹³⁵ N. N., "Die AEG im Bild", Katalog zu einer gleichnamigen Ausstellung, DTMB 2000, ISBN 3-87584-047-X
- ¹⁹³⁶ Engel, Friedrich, Walter Webers technische Innovationen bei der Reichs-Rundfunkgesellschaft; und: Schüller, Dietrich: Frühe Stereo-Magnetband-Aufnahmen (1943 und 1944) und deren Erhaltungszustand; in: Thiele, Heinz H.K. (Hg.): 50 Jahre Stereo-Magnetbandtechnik / Die Entwicklung der Audio-Technologie in Berlin und den USA von den Anfängen bis 1943, Audio Engineering Society, Berlin 1993 (Buchpublikation der AES)
- ¹⁹³⁷ Rüstungskommando Ludwigshafen des Reichsministers für Bewaffnung und Munition, Schreiben an IG.-Farben-Industrie AG, Ludwigshafen/Rhein, 1943-05-29, BASF SE UA F 7205
- ¹⁹³⁸ • Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981; • Engel, Friedrich und Thiele, Heinz, Interview mit Hans Westpfahl, September 1985 sowie • Schüller-Sammlung, KSS Nummernkreis 0100
- ¹⁹³⁹ Jüttemann, Herbert, Das Tefifon, Verlag Historischer Technikliteratur, 1995, ISBN 3-931651-00-2
- ¹⁹⁴⁰ Kösters, H., 13. Große Funkausstellung, Akustische Zeitschrift 1936, Zweites Heft, Seite 104
- ¹⁹⁴¹ N. N., AEG, Mgt/V, Dokument ohne Titel [Gründung einer gemeinsamen Vertriebsgesellschaft von AEG und I.G. Farben], 1940-10-01
- ¹⁹⁴² Lübeck, Heinz, Aktennotiz - Besprechung über eine vertragliche Vereinbarung mit Dr. v. Braunmühl und Dr. Weber, RRG, auf dem Magnetophongebiet sowie über zukünftige Geschäftsaussichten des Magnetophons am 29. 10. 1940, 1940-11-05, AEG-Archiv (DTMB) 04156,
- ¹⁹⁴³ Ranger, Richard H., Further Studies In Magnetophones And Tapes, FIAT Final Report No. 923 (PB 79558), 1947-05-13, S. 7
- ¹⁹⁴⁴ Dies war z.B. beim Südwestfunk Baden-Baden noch um 1962 in den Sendungs-Tonträgern (durchweg Magnetophon T 9) gängige Praxis, um „Rückspulgeräusche“ zu vermeiden, falls je der Regler der entsprechenden Maschine noch nicht geschlossen sein sollte.
- ¹⁹⁴⁵ Schepelmann, Hans, [Interner Brief an] Dir. Dr. Heyne: Magnetophon - Produktion und Raumbedarf; 1941-02-10, DTMB AEG 03218
- ¹⁹⁴⁶ AEG Berlin; [Brief an] Dr. Hans Schepelmann; Auflösung des Dienstverhältnisses [Schepelmann wird aufgrund einer Denazifizierungs-Anordnung "als SS-Führer" entlassen], 1946-11-07; DTMB AEG 04710
- ¹⁹⁴⁷ Schepelmann, Hans [AEG, Mgt/V], Aktenvermerk betr. Regelung Magnetophon / Klangfilm, 1941-05-17, AEG-Archiv, Smlg Thiele
- ¹⁹⁴⁸ N. N., AEG (?), Verzeichnis der derzeitigen und geplanten Magnetophon-Typen, dreiseitige tabellarische Aufstellung, datiert "d. 26.2.1942."
- ¹⁹⁴⁹ N. N. (Friedmann, Paul?), Magnetophonband-Prüfstelle Ludwigshafen, Aktennotiz über den Besuch von Dr. Schießler in Ludwigshafen vom 4. bis 8. Juni 43, 1943-06-08, BASF SE UA P 916.1
- ¹⁹⁵⁰ Nissen, Friedrich, Filmfabrik Wolfen, Notiz "Magnettonfilm-Untersuchungen", Betriebsarchiv Wolfen, 1943-06-09
- ¹⁹⁵¹ N.N. (Friedmann, Paul?), Elektr. Vers. Labor Lu 217, Magnetophonband-Prüfstelle, Aktennotiz [Besuch Dr. Schießler in LU vom 4. bis 8. Juni 43], Unternehmensarchiv BASF SE, Ludwigshafen a. Rhein
- ¹⁹⁵² König, N. N., und Schüller, Eduard, Gliederung, Leistung, Entwicklungen, Fertigungsprogramme der Magnetophongerätefabrik. [Organigramm], 1945-05-30, Smlg Schüller KSS 0536
- ¹⁹⁵³ N. N. (Franke, Konrad, Magnetophon G.m.b.H.?), Konto-Korrentauszug zur Bilanz per 30.9.1944, Anlage 5, o.D. (1944-09-30), AEG-Archiv (DTMB) 02243
- ¹⁹⁵⁴ Ranger, Richard H., Design of Magnetic Tape Recorders, Tele-Tech, August 1947, p. 56, 57, 99 f.
- ¹⁹⁵⁵ Westpfahl, Hans und Schüller, Eduard, handschriftliche Tabellen zur Entwicklung der Magnetophon-Geräte (mit Ergänzungen und Korrekturen), ohne Datum (ca. 1965), Smlg Engel
- ¹⁹⁵⁶ Robin, H. L., Magnetophone, type K 7. Jan 1947; 504 frames diagr, drawings, photos (Text in German), PB 60743 / FIAT 841; FR-Catalog of Technical Reports, Washington 1954
- ¹⁹⁵⁷ Ranger, Richard H., Further Studies in Magnetophones and Tapes; FIAT Final Report No. 923, 1947-05-13
- ¹⁹⁵⁸ Gathmann, N. N., Rundfunktechnische Zentralstelle, Schreiben an die AEG-Drontheimerstrasse (Abschrift), 1946-10-16, Smlg F.E.
- ¹⁹⁵⁹ Ranger, Richard H., Further Studies in Magnetophones and Tapes, FIAT Final Report No. 923, 1947-05-13
- ¹⁹⁶⁰ N. N. (Franke, Konrad (?), Magnetophon G.m.b.H.), Konto-Korrentauszug zur Bilanz per 30.9.1944, Anlage 5, o.D. (1944-09-30), AEG-Archiv (DTMB) 02243
- ¹⁹⁶¹ N. N., Das AEG-Magnetophon, Gerät Modell K 7, o.D. (ca. 1946-01-01), 13 Seiten plus Schaltbildstückliste, Smlg Hans Westpfahl
- ¹⁹⁶² Schüller, Eduard, Anordnung zu magnetischen Tonaufzeichnung, DE 974718, angemeldet 1948-12-31, ausgegeben 1961-03-16
- ¹⁹⁶³ • RRG, Ergänzung zur Braunbuchbeschreibung für Laufwerk R 22a, o.D. (ca. 1942-05-18)
- Schießler, Hans, Die Normung in der Magnetspeichertechnik, in: Winkel, Fritz (Hrsg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960, S. 546
- ¹⁹⁶⁴ Ranger, Richard H., Further Studies in Magnetophones and Tapes, FIAT Final Report No. 923, p. 78; 1947-05-13

- 1965 Weber, Walter, RRG-Betriebsanweisung: Schmierung der Magnetofone, 1944-02-20
- 1966 Die technischen Angaben sind zusammengestellt aus
- N. N. (RRG), Laufwerk R 22 [Braunbuchbeschreibung], 1939-05-01
 - N. N., Das AEG-Magnetophon-Gerät Modell K7, o.D., ca. 1946-01-01, AEG-Archiv, Smlg Westpfahl
- 1967 *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 1968 Ranger, Richard H., Further Studies in Magnetophones and Tapes, FIAT Final Report No. 923, p. 83; 1947-05-13
- 1969 Magnetophon G.m.b.H. / Hamburg, Magnetophon - das ideale Schallaufzeichnungsgerät, achtseitiger, dreisprachiger (dt – en- fr) Prospekt im Format DIN A 5, datiert 22.2.47 (1947-02-22)
- 1970 *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 1971 N. N. (AEG bzw. Magnetophon G.m.b.H.), AEG Magnetophon K 8 / Hochfrequenz-Gerät [Gerätebeschreibung], datiert „Jan. 49“
- 1972 N. N., Magnetophon G.m.b.H., Werbebrief – Entwurf 3 / Sendegesellschaften und Tonstudios im Ausland, 1949-03-04, DTMB AEG 03213
- 1973 N. N., Braunbuch-Beschreibung „Magnetophon-Laufwerk B-R 28“, 1. Fassung vom 1948-09-18 sowie 2. Fassung vom 1949-11-10
- 1974 N. N. (AEG bzw. Magnetophon G.m.b.H.), AEG Magnetophon K 8 / Hochfrequenz-Gerät [Gerätebeschreibung], datiert „Jan. 49“, Smlg. Engel
- 1975 Robin, H. L., Magnetophone, type K 7. Jan 1947; 504 frames diagr, drawings, photos (Text in German), PB 60743 / FIAT 841; FR-Catalog of Technical Reports, Washington 1954
- ## AEG Berlin, FDS: Kriegsende und erste Nachkriegsjahre
- 1976 *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- 1977 Gerke, Peter (Neffe Eduard Schüllers), e-mail, 2004-04-20, mit Anlage "Anmerkungen zum Vortrag Berlin"
- 1978 *Schüller-Sammlung, KSS Nummernkreise 0100 und 0500
- 1979 Scheffler, Otto, Ein Beitrag zur Geschichte der Rundfunktechnik, Interview (zwei Teile) mit Werner Schwipps und Walter Hermeking, 23. März 1983 und 23. November 1983
- 1980 • *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- Engel, Friedrich und Thiele, Heinz, Interview mit Hans Westpfahl, September 1985
- 1981 König, N. N., und Schüller, Eduard, Gliederung, Leistung, Entwicklungen, Fertigungsprogramme der Magnetophongerätefabrik. [Organigramm], 1945-05-30, Smlg Schüller KSS 0536
- 1982 Schüller, Eduard, Das "Magnetophon", in: Forschen und Schaffen (AEG), Ausgabe 1957, S. 32 ... 36
- 1983 Franke, Konrad (?), Bilanz der Magnetophon GmbH zum 30.09.1944, Anlage 7, AEG-Archiv (DTMB) 02243
- 1984 Das Ranger-Zitat findet sich in: Mooney, M. jr, The History of Magnetic Recording, HiFi Tape Recording, Vol. 5 No. 4, Feb, 1958 pp 21-37. Rangers eigene Angaben finden sich bestätigt in: Ranger, Richard H., Design of Magnetic Tape Recorders, Tele-Tech, August 1947, p. 56, 57, 99, DTMB AEG 03551
- 1985 Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, p. 2, o.D. (ca. 1946-03)
- 1986 Schießler, Hans, Aktenvermerk / Betr. Untersuchung am K 7-Gerät, 1946-04-24, Smlg Schüller, KSS 0529
- 1987 Pflaumer, Karl, [Brief an] Magnetophon G.m.b.H., 1946-08-22, BASF SE UA P 916.2. Pflaumer beruft sich auf Auskünfte „von französischer wie auch amerikanischer Seite“
- 1988 Pawley, Edward, BBC Engineering 1922-1972, BBC Publications, 1972, pages 387 and 388
- 1989 Lange, Eckhard, Zur Geschichte der Technik des Südwestfunks (1945-1975), in: Karl Schörken (Hrsg.), Sender Hörfunk Fernsehen, Spiess, Berlin 1981
- Häfner, Albrecht, Interview mit Dr. Walter Knöpfel und Oberingenieur Paul Send (alle Südwestfunk Baden-Baden), 1990-09-19 und 1991-04-09
- 1990 Lübeck, Heinz, Magnetophon G.m.b.H. Brief der an I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft in Auflösung, 1946-09-02, BASF SE UA P 916.2
- 1991 Bock, Hans-Michael, in: Uta Berg-Ganschow, Wolfgang Jacobsen (Hrsg.): BERLINER FILM-ATELIERS: Ein kleines Lexikon, Berlin: Argon 1987, S. 177-202 (URL: <http://www.cinegraph.de/etc/ateliers/>)
- 1992 *Schüller-Sammlung, KSS 0405
- 1993 König, N. N., und Schüller, Eduard, Gliederung, Leistung, Entwicklungen, Fertigungsprogramme der Magnetophongerätefabrik. [Organigramm, Seite 1], 1945-05-30, Smlg Schüller KSS 0536
- 1994 Scheffler, Otto, Ein Beitrag zur Geschichte der Rundfunktechnik, Interview (zwei Teile) mit Werner Schwipps und Walter Hermeking, 23. März 1983 und 23. November 1983
- 1995 Beevor, Antony, Berlin 1945 - Das Ende, Bertelsmann, 2002, ISBN 3-570-00369-8
- 1996 Leonhard, Wolfgang, Meine Geschichte der DDR, Rowohlt Berlin, 2007, ISBN 978 3 87134 5722
- 1997 N. N., Funkhaus Nalepastraße, URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Funkhaus_Nalepastra%C3%9Fe [2009-04-11]
- 1998 Scheffler, Otto, Ein Beitrag zur Geschichte der Rundfunktechnik, Interview (zwei Teile) mit Werner Schwipps und Walter Hermeking, 23. März 1983 und 23. November 1983
- 1999 Mahle, Hans (Intendant des Berliner Rundfunks), Bescheinigung, Betrifft: Belieferung und Reparaturen, 1945-06-13, Smlg Schüller, KSS 0403
- 2000 Schüller, Eduard, Aktennotiz über die Besprechung beim Berliner Rundfunk am 13. Juni 1945, 1945-06-14, Smlg Schüller, KSS 0511
- 2001 Facius, N. N. (Telefunkenplatte), Brief an AEG, Abteilung Magnetophon-Fabrik, 1945-06-13, Smlg Schüller, KSS 0408
- 2002 N. N., Befehl Nr. 3 des Obersten Chefs der Sowjetischen Militärischen Administration, Abschrift aus Berliner Zeitung Nr. 26 vom 15.6.1945, Smlg Schüller, KSS 0904
- 2003 Kreutz, E. und Franke, K., [Brief an] Schepelmann, AEG-Magnetophon-Gerätebau, 24a Hamborg 28, Billhomer Canalstr. 9/13, DTMB AEG 03987, 1949-09-07
- 2004 *Schüller-Sammlung, KSS 0549
- 2005 Schepelmann, Hans, Kommerzielles Programm über Magnetophon-Geräte, 1945-07-12, * Smlg Schüller, KSS 0531
- 2006 Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, p. 2, o.D., ca. 1946-03-01
- 2007 Timol, Bombenangriffe auf Neumünster, 05.11.2004, <https://www.geschichtsspuren.de/forum/viewtopic.php?t=3766> (Zugriff 2019-12-14)
- 2008 Westpfahl, Hans, Interview mit Friedrich Engel und Heinz Thiele, Berlin 1985 (3. Aufzeichnungsteil einer Bandaufnahme, etwa ab 9:00 min)
- " Ziehm, Rolf; AEG-Urgesteine erinnern sich mit Wehmut und Skepsis, Holsteinischer Kurier, 2016-01-24; <https://www.shz.de/12531556> [Zugriff 2019-07-27]
- " AEG Berlin, Antrag auf Aufenthaltsbewilligung für Hans Westpfahl, 1946-03-18 (Westpfahl-Dokument M-HW)
- " N. N., Arbeitszeugnis für Hans Westpfahl (nach betriebsbedingter Entlassung), 1949
- 2009 *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- 2010 • Schüller, Eduard, Berichte von Reisen im März/April 1946, Smlg Schüller, KSS 0549
- *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
 - Engel, Friedrich und Thiele, Heinz, Interview mit Hans Westpfahl, September 1985
- 2011 Doss, M.P., and King, C.V., Information Processing Equipment; J. Electrochem. Soc. 1956 103(5): 124C-125C
- 2012 • *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- Engel, Friedrich und Thiele, Heinz, Interview mit Hans Westpfahl, September 1985
- 2013 Somerville, T. (Head of BBC Engineering Research Department), Electro-Acoustics in Germany, Parts I and II, Summer 1946; BIOS Final Report No. 980 A/B - ITEM nos 7 & 9, Besuchsdatum: 1946-07-12
- 2014 Strunk, Peter, Die AEG - Aufstieg und Niedergang einer Industriellegende, Nicolaische Verlagsbuchhandlung Beuermann GmbH, Berlin 2000²
- 2015 Schüller, Eduard, Berichte von Reisen im März/April 1946, Smlg Schüller, KSS 0549
- 2016 Walther, N. N., Besprechung über das Magnetophongeschäft zwischen Herrn Schüller und Herrn Dir. Walther, 1946-04-09, Smlg Schüller KSS 0522

- ²⁰¹⁷ Magnetophon G.m.b.H. Berlin und Hamburg, Magnetophon - das ideale Schallaufzeichnungsgerät, achtseitiger, dreisprachiger (dt – en- fr) Prospekt DIN A 5, datiert 22.2.47 (1947-02-22)
- ²⁰¹⁸ Pflaumer, Karl, [Brief an] Magnetophon G.m.b.H., 1946-08-22, BASF SE UA P 916.2
- ²⁰¹⁹ Horst Redlich hatte bis Januar 1948 insgesamt sieben Laufwerke auf den Stand „b2“ umgebaut, die der SWF für untergeordnete Aufgaben (Abhören, Umschnitte) für durchaus brauchbar hielt. – Quelle: Daragan, Nikolaus, Bericht über einen Besuch des Herrn Redlich von der Magnetophon <sic> G.m.b.H., Berlin, in der Zeit vom 23.-31.1.48, 1948-01-31, Archiv des Südwestfunks Baden-Baden (?)
- ²⁰²⁰ Schüller, Johann Mathias (Sohn Eduard Schüllers), pers. Mitteilungen an Gerhard Kuper
- ²⁰²¹ Schüller, Eduard., Besprechung mit Herrn Schubath von der Fa. Klangor <sic>, am 10.4. 46, 1946-04-18, Smlg Schüller, KSS 0554
- ²⁰²² Schüller, Eduard, Berichte von Reisen im April 1946, Smlg Schüller, KSS 0549, Blatt 02. Genaueres zu Egerers Arbeit ist aus diesem Bericht nicht zu ermitteln.
- ²⁰²³ Schüller, Eduard, Berichte von Reisen im April 1946, Smlg Schüller, KSS 0549
- ²⁰²⁴ Schießler, Hans, Aktenvermerk / Betr. Untersuchung am K 7-Gerät, 1946-04-24, Smlg Schüller, KSS 0529
- ²⁰²⁵ Der Leiter des Akustik-Instituts, Erwin Meyer, hielt sich noch in Pelzerhaken (Schleswig-Holstein) auf, wo sich im Kriege die NVA (Nachrichtenmittel-Versuchs-Anstalt) der Marine befand. In dieser waren unter anderem die Radar und Sonar-Versuche der Marine an Geräten der Berliner Firma GEMA (Gesellschaft für elektroakustische und mechanische Apparate GmbH) durchgeführt worden, für welche die FDS zugeliefert hatte [Kroge, Harry von, GEMA - Berlin, Geburtsstätte der deutschen aktiven Wasserschall- und Funkortungstechnik, Selbstverlag, 1998, ISBN 3-00-002865-X]. Es kann vermutet werden, dass Meyer, der sich mit Sonar-Tarnkappen-Beschichtungen für U-Boote befaßt hatte (den sogenannten Netzhemden), auch in Pelzerhaken wohnte, 1946 kein Interesse hatte, auf das nicht ungefährliche Berliner Pflaster zurückzukehren und deshalb im folgenden Jahre das Dritte physikalische Institut der Universität Göttingen gründete.
- ²⁰²⁶ Schüller, Eduard, Reisebericht / Reise der Herren Dr. Schießler und Schüller nach Berlin am 30. März 1946, Smlg Schüller, KSS 0549
- ²⁰²⁷ Lippert, W[erner], Stereophonische Zweikanalübertragung mit dem Magnetophon (I und II), FUNK UND TON, Oktober 1947, Seiten 173-190, November 1947, Seiten 236-250
- ²⁰²⁸ *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- ²⁰²⁹ • *Augustin, Ernst, TBK-Bericht 16 / 1947 Teil 2
- Orlich, Heinz, Russisches Technisches Büro für Kinematographie, Bericht zum Thema Nr. 19 für 1948: Zusammenstellung der theoretischen und praktischen Erkenntnisse in der Stereophonie in der Kinematografie, 1948: Potsdam-Babelsberg

AEG: Mühsamer Neuanfang in Hamburg

- ²⁰³⁰ *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- ²⁰³¹ Schüller, Eduard, Das „Magnetophon“, in: Forschen und Schaffen (AEG), Ausgabe 1957, S. 32 ... 36;
- Schüller, Eduard, Das Magnetophon, in: Forschen und Schaffen. Beiträge der AEG zur Entwicklung der Elektrotechnik bis zum Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg, hrsg. von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, bearbeitet von Bruno Schweder, 3 Bde., Berlin 1965; Band 3, S. 428
- ²⁰³² Schüller, Eduard, Berichte von Reisen im März/April 1946, Smlg Schüller, KSS 0549
- ²⁰³³ N. N., Handbuch der Studiotechnik / Ton, Teil I-II: R; Deutscher Demokratischer Rundfunk, Betriebslaboratorium für Rundfunk und Fernsehen, Zweibandlaufwerk für schnittlose Tonmontage, I/R 35/1...9; IA/R 35/1; II/R 35/1...5, 1956 /1957
- ²⁰³⁴ Gittel, Joachim, Die RV12 P 2000-Story, www.jogis-roehrenbude.de/Roehren-Geschichtliches/P2000/P2000.htm [2007-06-05]
- ²⁰³⁵ *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981;
- Engel, Friedrich und Thiele, Heinz, Interview mit Hans Westpfahl, September 1985
- ²⁰³⁶ Seiberth, Hans, Besuchsbericht: AEG Hamburg, DI Schüller (in Ludwigshafen) am 24.7.1947, 1947-08-05, BASF SE UA P 916.2
- ²⁰³⁷ Seiberth, Hans, Besuchsbericht: AEG Hamburg, DI Schüller (in Ludwigshafen) am 24.7.1947, 1947-08-05, BASF SE UA P 916.2
- ²⁰³⁸ Redlich, Horst [Magnetophon GmbH], Notiz: Betr.: Volks-Magnetophon, 1947-10-22, DTMB AEG AEG 03481
- ²⁰³⁹ Hans Schepelmann war nach Abschluss seines Entnazifizierungsverfahrens (November 1946 bis Juli 1947) wieder von Hamburg-Blankenese nach Berlin zurück gekehrt und am 24.9.1948 zum Technischen Leiter und Notgeschäftsführer der Magnetophon G.m.b.H. ernannt worden. Bereits am 20.11.1947 war Dr. Lübeck unter anderen von seinen Aufgaben bei der Magnetophon G.m.b.H. entbunden worden, nachdem er erklärt hatte, dass er als Teilhaber zu den Michel-Werken in Augsburg-Scheidegg wechseln werde, um dort Magnetongeräte zu bauen
- ²⁰⁴⁰ Naumann, N. N., Pressebericht – Exportmesse Hannover, 1949-04-27, DTMB AEG 03213
- ²⁰⁴¹ Westpfahl, Hans, Abschlussbericht [nach Kündigung seitens der AEG zum 1950-03-31], o.D., ca. 1950-01-31, Andenkenbuch "M / HW", S. 48a
- ²⁰⁴² Fakten, die aus dem Nachlaß von Hans Westpfahl hervorgehen
- ²⁰⁴³ N. N., AEG-Patentbüro, Briefe an Hans Joachim von Braunmühl, 1951-01-12 und 1951-06-18, DTMB AEG 04407
- ²⁰⁴⁴ Schüller, Eduard, Die Technik der Magnetongeräte, in: Winkel, Fritz (Hg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960, S. 162
- ²⁰⁴⁵ Köppler, Ernst, Vorrichtung zum Einstellen des Luftspaltes von Magnetkopf bei Magnetongeräten, Patent DE 712 825, angemeldet 1940-07-25
- ²⁰⁴⁶ Schießler, Hans, Untermann, Eduard, Halterung für Magnetköpfe von magnetischen Schallaufzeichnungsgeräten, Patent DE 676 810, angemeldet 1937-07-22
- ²⁰⁴⁷ Köppler, Ernst, Vorrichtung zum Einstellen des Luftspaltes von Magnetköpfen bei Magnetongeräten, Patent DE 712 825, angemeldet 1940-07-25
- ²⁰⁴⁸ N. N., OKH, Heereswaffenamt; Merkblatt zur Bedienung des Tonschreibers d, 1943-07-01, Smlg Klaus Dieter
- ²⁰⁴⁹ Military Government of Germany, Production Permit Industrial Plants: Allgemeine Elektrizitäts Ges., Magnetophongerätebau, Hamburg, 14 Krochmannstrasse, Building B, 1946-05-27, Smlg Schüller, KSS 0404
- ²⁰⁵⁰ *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- ²⁰⁵¹ Schießler, Hans, und Scheelje, K.H., [Brief an] Badische Anilin- und Sodafabrik , Herrn Dir. Dr. Pflaumer, Ludwigshafen, 1947-01-10, BASF SE UA P 916.2
- ²⁰⁵² so zum Beispiel: Schröder, Heinrich, Tonbandgeräte-Meßpraxis, Franck'sche Verlagshandlung Stuttgart 1961
- ²⁰⁵³ *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- Boden, Hans Constantin, und Matthias, Friedrich, Aktenvermerk: Besprechung in AEG-Zentrale Hamburg am 15.6.1946, BASF SE UA B4 / 1690 und DTMB AEG 03987
- ²⁰⁵⁴ *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- ²⁰⁵⁵ *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
- *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- ²⁰⁵⁶ *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- ²⁰⁵⁷ *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
- *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- ²⁰⁵⁸ Pawley, Edward, BBC Engineering 1922 1972, BBC Publications, 1972, p. 388
- ²⁰⁵⁹ *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
- ders., mehrere Gespräche und Telefonate mit J. Mathias Schüller (besonders am 11.1.2003, 6.01.2004, 26.01.2004)
- ²⁰⁶⁰ Kuper, Gerhard, Telefonate mit Elisabeth Samusch, ehemalige Eigentümerin von "Röntgen-Seifert", 2003 und 2007
- ²⁰⁶¹ *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
- *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- ²⁰⁶² *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- ²⁰⁶³ *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- ²⁰⁶⁴ *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult

- 2065 *Kuper, Gerhard, Interviews mit ehemaligen Servicetechnikern
 • *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 2066 N. N. (Schüller, Eduard), Tabelle: AEG-Umsätze der Jahre 1944 - 1954 unterteilt nach techn. und Konsum-Geräten. o.D. (ca. 1954), Smlg Schüller, KSS 0557
- 2067 N. N., AEG - Magnetophon - Type T 8, o.D., vermutlich November 1947 lt. Vermerk „Mgt/V 3, 1000, 11.47“, Seite 3
- 2068 N. N., AEG Magnetophon T8, zweiseitig bedrucktes Blatt DIN A4, datiert „Mai 1949“, DRA
- 2069 N. N. (website der Emile-Berliner-Studios Berlin), <http://www.emil-berliner-studios.com/de/chronik3.html> [2019-01-01]
- 2070 Junghans, Wolfgang, Magnetbandspieler-Praxis, Franzis München 1951, Legende zum Umschlagbild
- 2071 Junghans, Wolfgang, Magnetbandspieler-Praxis, Franzis München 1951, Seite 45, ale Magnetophon T 8 bezeichnet
- 2072 N. N. (Schüller, Eduard), Tabelle: AEG-Umsätze der Jahre 1944 - 1954 unterteilt nach techn. und Konsum-Geräten. o.D. (ca. 1954), Smlg Schüller, KSS 0557
- 2073 Abmessungen und Gewichte: K 8 Laufwerk: L 580 x B 370 x H 350 mm, 39 kg; T 8 Laufwerk: L 690 x B 460 x H 250 mm; 28 kg
- 2074 Seiberth, Hans, Besuchsbericht: AEG Hamburg, DI Schüller (in Ludwigshafen) am 24.7.1947, 1947-08-05, BASF SE UA P 916.2
- 2075 Braunbuch der Rundfunkanstalten (RRG, NWDR, NDR, ARD usw.) sowie IRT
 • *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 2076 Braunbuch der Rundfunkanstalten (RRG, NWDR, NDR, ARD usw.) sowie IRT
- 2077 Schießler, Hans, Neuere Untersuchungen und Betriebserfahrungen auf dem Gebiete der magnetischen Schallaufzeichnung, Rundfunktechnische Mitteilungen Nr. 1, Januar-Februar 1950
- 2078 Diskussionsbeitrag Gondesens, RTM 1951 Nr. 8 Seite 51, o.D. (vermutlich 1951-02)
- 2079 Braunbuch der Rundfunkanstalten (RRG, NWDR, NDR, ARD usw.) sowie IRT
- 2080 N. N., AEG-Magnetophon-Gerätebau Hamburg, Produktions-Notiz, 1954-08-07, DTMB AEG 03212
- 2081 Schüller, Eduard, Das „Magnetophon“, in: Forschen und Schaffen (AEG), Ausgabe 1957, S. 32 – 36
- 2082 Goebel, Gerhard, [Referat über die] Schallspeicherungs-Tagung im Femmeldetechnischen Zentralamt, FTZ 1951 Nr. 01 S. 38 ff., 1951-01-01
- 2083 *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 2084 Redlich, Horst, und Schepelmann, Hans, Zusatzgerät zur Schallwiedergabe und gegebenenfalls auch Schallaufzeichnung mittels band- oder draht-förmiger Phonogrammträger, insbesondere Magnetogrammmträger, für Plattensprechmaschinen, angemeldet 1949-07-21, ausgegeben 1958-02-06
- 2085 Reuber, Claus, Telefon-Nachrichten, Radio-Mentor 12, Seite 562, 1949
- 2086 Die Koordination der technischen Entwicklung (sozusagen die Westzonen-Erben der „Zentraleitung Technik“ der RRG) übernehmen
 • in der amerikanischen Zone die Rundfunktechnische Zentralstelle Bad Homburg (RTZ), seit 1949 Rundfunktechnisches Institut Nürnberg (RTI),
 • in der britischen Zone die Zentralentwicklung Technik des NWDR (zugleich finanzstärkste Rundfunkanstalt),
 • in der französischen Zone die Technische Direktion des Südwestfunks Baden-Baden.
 Diese Aufgaben wurden 1957-01-01 dem „Institut für Rundfunktechnik GmbH“ (IRT), München und Hamburg, übertragen. Seit 1976 ist München Sitz des IRT.
 – Quelle: Rindfleisch, Hans, Technik in Rundfunk – Ein Stück deutscher Rundfunkgeschichte von den Anfängen bis zum Beginn der achtziger Jahre, Mensing Verlag Norderstedt 1985
- 2087 Dies klingt bereits Anfang 1949 an: „Die Bänder werden grundsätzlich auf gleichen Wiedergabepegel ausgereicht, um Nachsteuerungen in Unkenntnis des zu erwartenden Wiedergabepegels zu vermeiden. Dieser Pegel ist definiert durch Abspielen des Pegeltonstückes des Testbandes. Die Verstärkung des Wiedergabeteiles ist hierbei so einzustellen, dass am Ausgang des Wiedergabekanals Normalpegel vorhanden ist.“ Sollte das Potenzial einer Magnetband-Neuentwicklung ausgenutzt werden, müsste auch dieser Normalpegel (in Richtung Vollaussteuerung) angehoben werden; damit war im Mischbetrieb mit „alten“ und neuen“ Bändern bei Sendungen die Gefahr gegeben, dass unbeabsichtigte Verfälschungen der Dynamik einer Aufnahme durch z.T. schnelles Nachsteuern entstanden. – Quelle: Schießler, Hans (RTZ Bad Homburg v.d.H.), Richtlinien zur Einstellung von Magnetofonanlagen, 1949-04-19, BASF SE UA P 916.2
- 2088 Schießler, Hans, Besprechung der Magnetophon-Sachbearbeiter ..., RTI Nürnberg, 1950-01-13
- 2089 Schießler, Hans, Neuere Untersuchungen und Betriebserfahrungen auf dem Gebiete der magnetischen Schallaufzeichnung, R.T.I. Mitteilungen des Rundfunk-Technischen Instituts Nr. 1 1950 (Januar – Februar);
- 2090 Rindfleisch, Hans, Technik in Rundfunk – Ein Stück deutscher Rundfunkgeschichte von den Anfängen bis zum Beginn der achtziger Jahre, Seite 119, Mensing Verlag Norderstedt 1985
- 2091 So der NWDR Köln 1950; siehe: Hack, Alexander (WDR-Pressestelle), WDR 2-Sendung „Zwischen Rhein und Weser“ feiert 50. Geburtstag, URL: <http://www.wdr.de/pressestelle/20000418d.html>, 2000-04-18
- 2092 Schießler, Hans (RTZ Bad Homburg v.d.H.), Richtlinien zur Einstellung von Magnetofonanlagen, 1949-04-19, BASF SE UA P 916.2
- 2093 Lindsay, Harold, Magnetic Recording, Parts I and II, db The Sound Engineering Magazine, 1977-12 und 1978-01, Model 200 vs. ATR-100: Comparative Performances
- 2094 Sperling, Joachim: Sonder-Magnetongeräte für den Rundfunkbetrieb, RTI Mitteilungen des Rundfunk-Technischen Instituts Nr. 8, Seite 34-38, 1951-01-16

AEG: Der Weg zum „Volkstonbandgerät“

- 2095 N. N. (Schoenemann, Karl?), Über das magnetische Tonaufzeichnungsverfahren der I.G. und der A.E.G., 4-seitiges Typoskript, 1934-07-10, BASF SE UA P 911 [Fabrikation Lu]
- 2096 Schüller, Eduard, Antriebsvorrichtung für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung, DE 702 345, angemeldet 1936-05-06, ausgegeben 1941-02-05
- 2097 Seiberth, Hans, Besuchsbericht: AEG Hamburg, DI Schüller (in Ludwigshafen) am 24.7.1947 [in Ludwigshafen], 1947-08-05, BASF SE UA P 916.2
- 2098 Redlich, Horst (Magnetophon G.m.b.H., Berlin), Notiz: Betr.: Volks-Magnetophon, 1947-10-22, DTMB AEG 03481
- 2099 Daragan, Nikolaus, Bericht über einen Besuch des Herrn Redlich von der Magnetophon G.m.b.H., Berlin, in der Zeit vom 23.-31.1.48, 1948-01-31, Archiv des Südwestfunks Baden-Baden
- 2100 Robl, Rudolf, Besuchsbericht AEG, Berlin, Schwedenstraße (22.11.49), 1949-12-12, BASF SE UA P 916.2
- 2101 N. N. (AEG), Prospekt "AEG Doppelspur-Magnetophon", 1949-06-09, DTMB AEG 03481
- 2102 N. N., AEG-Magnetophon-Gerätebau [Protokolle von Fabrikations- und technischen Besprechungen der AEG-Magnetophon-Gerätebau, Werk Hamburg], Einträge vom 1949-05-10 und 1949-08-25, DTMB AEG 03168
- 2103 N. N., AEG-Magnetophon-Gerätebau Hamburg, Prospekt „AEG Magnetophongerät Type FT 6“, datiert „5.49“ (1949-05?), DTMB AEG 03481
- 2104 Gondesens, Karl-Erik, Neue Magnetton-Aufnahmegeräte für Nachrichten, Konferenzen, Telefongespräche und dergleichen
 in: NWDR Technische Hausmitteilungen Nr. 2, 1949, Seite 31 f.
- 2105 Robl, Rudolf, Besuchsbericht AEG-Magnetophon-Gerätebau am 1949-11-25, 1949-12-05, BASF SE UA P 916.2
- 2106 Goebel, Gerhard, [Referat über die] Schallspeicherungs-Tagung im Femmeldetechnischen Zentralamt, FTZ 1951 Nr. 01 S. 38 ff., 1951-01-01; siehe auch:
 • Bormann, Rudolf, Magnetongerät mit blatt- oder scheibenförmigem Magnetogrammmträger, DE 972544, angemeldet 1950-09-23
- 2107 Jüncke, Hermann, Das „Magnetophon“, AEG Mitteilungen 42 (1952) Nr. 9/10 S. 215
- 2108 *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 2109 N. N. (AEG), AEG-Magnetophon / AW 1 / das neue, kleinere Gerät für alle Zwecke, Werbeprospekt, 1949-08, DTMB AEG 03481
- 2110 Quellen:
 a) AEG, Gebrauchsanweisung der AEG-Geräte AW 1 und AW1 z. o.D. (ca. 1949-08);
 b) AEG, Prospektblatt DIN A4 „AEG Magnetophon“, OK 57 / JW-Ffm. 104, April 1950
 c) AEG, Prospekt DIN A 5 „AEG Magnetophon – AW 1 das neue, kleinere Gerät für alle Zwecke“, Ex T 92 Nr. 7, August 1949; DTMB 03481

- ²¹¹¹ Goebel, Gerhard, [Referat über die] Schallspeicherungs-Tagung im Fernmeldetechnischen Zentralamt, FTZ 1951 Nr. 01 S. 38 ff., 1951-01-01
- ²¹¹² d.h., den nominell für die Versorgung eines Ortes zuständigen Sender, der auch am besten zu empfangen sein sollte
- ²¹¹³ Schüller, Eduard, Neue Magnetofongerädetypen und ihre Verwendung im Kinobetrieb, FOTO-KINO-TECHNIK Nr. 11/1949, S. 280-281
- ²¹¹⁴ N. N., Das Erich-Thienhaus-Institut der Detmolder Hochschule für Musik, URL: <http://www.hfm-detmold.de/texts/de/hfm/eti.html> [2002]
- ²¹¹⁵ Schüller, Eduard, Das stereophonische Magnetophon, Vortragsmanuskript, 1949-12-21, AEG-Archiv (aus Smlg Thiele)
- ²¹¹⁶ N. N., AEG-Patentbüro, Briefe an Hans Joachim von Braunmühl, 1951-01-12 und 1951-06-18, DTMB AEG 04407
- ²¹¹⁷ AEG Magnetophon, Einstellvorschrift für AEG Magnetophon Geräte Type AW 2 und Zusatzverstärker AW 22, Type MKV, Januar 1951
- ²¹¹⁸ Büscher, Gustav, Magnetton-Geräte, Elektrotechnische Zeitschrift Ausg. B, Band 4, Heft 11, S. 321 – 325, (Tabelle S. 323), 1952-11-21
- ²¹¹⁹ N. N., AEG, Prospekt „AW 2, das neue AEG-Magnetophon“ (DIN A 5, vier Seiten), o. D. (ca. 1950), aus Smlg Hans Westpfahl
- ²¹²⁰ Gooch, Beverley, Building on the Magnetophon, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999
- ²¹²¹ N. N., Magnetic tape recorders by The Ferrograph Company, URL: <http://www.ferrograph.org.uk/> [2003-05-04]
- ²¹²² AEG Magnetophon, Einstellvorschrift für AEG Magnetophon Geräte Type AW 2 und Zusatzverstärker AW 22, Type MKV, Januar 1951
- ²¹²³ N.N., [Braunbuchbeschreibung des RTI], Ü-Wagen-Magnetofon R 64 / Vorläufige Beschreibung, 1951-09-04
- ²¹²⁴ "Grundsätzliche Anforderungen an Magnetofonanlagen", herausgegeben von der Arbeitskommission Schallaufzeichnung der Rundfunkanstalten der Bundesrepublik, Unterzeichner NWDR (Gondesen), SWF (Daragan) RTI (Schießer), 1950-01-13
- ²¹²⁵ Sperling, Joachim: Sonder-Magnetongeräte für den Rundfunkbetrieb, RTI Mitteilungen des Rundfunk-Technischen Instituts Nr. 8, Seite 34-38, 1951-01-16
- ²¹²⁶ siehe beispielsweise Rankin, Allen: How Orr, Of Opelika, Changed U.S. Radio, TV, And Movies; Montgomery Advertiser - Alabama Journal Sunday, 1954-02-21
- ²¹²⁷ Ian Kershaws maßgebliche Biografie „Hitler (1936 – 1945)“ erwähnt für die Zeit zwischen Herbst 1943 und Januar 1945 ganze fünf Rundfunkreden Hitlers, darunter auch die „außerplanmäßige“ Rede nach dem gescheiterten Attentat vom 20. Juli 1944 (Kershaw, Ian, Hitler / 1936 – 1945, Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart, 2000)
- ²¹²⁸ beispielsweise Les Paul: The Legend Plays On, URL: <http://www.beacham.com/index.html> [Interview by Frank Beacham]: „If one of the reels on that machine broke it could have killed five people in the room ... it was going so fast. The tape that the Germans were using was made of paper. It was like fly paper. The Germans would just scratch some iron dust on it.“
- ²¹²⁹ beispielsweise Morton, David L., Jr., John Herbert Orr and the Building of the Magnetic Recording Industry, 1945 – 1960, Thesis, 1990-03-16, p. 9: *The Magnetophone ... became a German military secret.*
- ²¹³⁰ N. N., Der große Showdown, URL: <http://bildung.freepage.de/roosevelt/aspiegel.htm> [2006-06-16]
- ²¹³¹ N. N., Rundfunk auf Magnetophon umgestellt, Das Reich, 1944-04-30, BASF SE UA P 917; wikipedia „Das Reich“, https://de.wikipedia.org/wiki/Das_Reich [Zugriff 2019-08-05]
- ²¹³² Mullin, John T., Creating the Craft of Tape Recording, High Fidelity April 1976 p. 62, 1976-04-01

The Magnetophon goes to the USA

- ²¹³³ Schoenherr, Steve: Recording Technology History; URL: <http://www.mcmix.com/html/rectechis.htm> (Zugriff 2008)
- ²¹³⁴ Holmes, Lynn C.; Clark, Donald I.: Supersonic Bias for Magnetic Recording; Electronics 1945-07
- Winter, Carl E., Magnetic Tape recording, Radio News 55, June 1945, pp. 32
- ²¹³⁵ Mullin, John T., Creating the Craft of Tape Recording, High Fidelity, pp. 62 - 67, 1976-04-01
- ²¹³⁶ So die Beschreibung der website <https://americanradiohistory.com/index.htm#B> [2019-08-08]
- ²¹³⁷ Drenner, Don. V.R., Engineer Finds Magnetophon Superior, Broadcasting Magazine, 1945-11-19
- ²¹³⁸ Drenner, Don V.R., Letter to the Editor Broadcasting Magazine, 1948-05-10
- ²¹³⁹ Drenner, Don V.R., Letter to the Editor Broadcasting Magazine, 1945-11-05
- ²¹⁴⁰ N. N (Taishoff, Sol?), German's Tape Recorder, Magnetophon, Is Termed Superior to Other Methods, Broadcasting Magazine, 1945-09-03
- ²¹⁴¹ N. N., German's Tape Recorder, Magnetophon, Is Termed Superior to Other Methods, Broadcasting Magazine, 1945-09-03
- " Taishoff, Sol: American Radio Best, Europe Trip Shows; Broadcasting Magazine 1945-09-3
- ²¹⁴² Mullin, John T., Creating the Craft of Tape Recording, High Fidelity, pp. 62 - 67, 1976-04-01
- ²¹⁴³ Drenner, Don V. R., "The Magnetophon," Audio Eng., Vol. 31, No. 9 (Oct., 1947), pp. 7-11, 35
- ²¹⁴⁴ Begun, S. J. Magnetic Recording New York: Rinehart & Company, 1949, p. 181, nennt folgende Publikationen:
- German's Tape Recorder, Magnetophon, Is Termed Superior to Other Methods, Broadcasting, (Sept. 3, 1945), p. 24.
 - German Magnetic-Tape Recorder, Electronics, Vol. 18 (Nov., 1945), pp. 402, 403.
 - German Tape-Recording Equipment, Electronic Eng., Vol. 18 (Feb., 1946), p. 54.
 - Power, R. A., The German Magnetophon, Wireless World, Vol. 52 (June, 1946), pp. 195-198
- ²¹⁴⁵ Der folgende Abschnitt ist komprimiert aus dem Kapitel „The Allied Forces' Appropriation of German Technology: CIOS, BIOS, FIAT, and the OPB“ der Dissertationsschrift Lafferty, William Charles, Jr., The Early Development of Magnetic Sound Recording in Broadcasting And Motion Pictures, 1928-1950, Ph.D. Dissertation, Evanston, Illinois, August 1981, Seite 156 f.
- ²¹⁴⁶ Bower, Tom, Verschwörung Paperclip / NS-Wissenschaftler im Dienst der Siegermächte, deutsch 1988, Paul List Verlag, München, S. 223 ff.
- ²¹⁴⁷ Beispielsweise ist das Kapitel „Stereophonische Zweikanalübertragung mit dem Magnetofon“ in: Orlich, H.; Russisches Technisches Büro für Kinematographie in Deutschland: Bericht zum Thema Nr. 19 für 1948: Zusammenstellung der theoretischen und praktischen Erkenntnisse in der Stereophonie in der Kinematographie; Potsdam-Babelsberg 1948 die verkürzte Wiedergabe einiger Abschnitte aus der Publikation Lippert, Werner, Stereophonische Zweikanalübertragung mit dem Magnetophon (I und II), FUNK UND TON, Oktober 1947, Seiten 173 - 190, Seiten 236-250, November 1947, aus der auch alle Zeichnungen und Fotografien entnommen sind.
- ²¹⁴⁸ Siehe dazu Brock, G.C., Agfa Film Factory Wolfen, CIOS Item No. 9, File No. XXX-15, Combined Intelligence Objectives Sub-Committee, 1945, Seite 5:
- Dr. Miller - Manager of the photographic part of the factory. Has worked in America at Binghamton <sic> - speak very good English. Dr. Miller was at first very pleasant, but when manufacturing recipes were requested, refused and became obstructive, saying that to divulge them would ruin Agfa's chances of competition in the world market. After discussions with the Military Government, however, he agreed to release the information required, and no further obstruction was encountered.
- ²¹⁴⁹ DeBell, John, Gloor, Walter E., Goggin, William C., German Plastics Practice, PB 10279, o.D. (ca. 1945-11), BASF SE UA K 0/1, Paginierung GPP/MPD/II/34
- ²¹⁵⁰ Pflaumer, Karl, Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern, I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Farben-Gruppe, 1945-07-11
- ²¹⁵¹ Fikentscher, Hans, Notiz: Befragung durch Amerikaner am 11.7.1945 in Bau 176 [Gendorf], 1945-07-11; BASF SE UA A 866 „BASF-I.G. in Aufl. – 6.45 – 2.57“, Hülle 2
- ²¹⁵² Die Frage, für wen Pflaumers Bericht geschrieben wurde, ist ausführlicher behandelt, weil Orr in späteren Jahren fast ausschließlich als Adressat betrachtet wurde.
- ²¹⁵³ Hansell, C.W., De Bell, J.M., Goggin, W.C. und Gloor, W.E., Report On The Magnetophone / June - August 1945, CIOS Report C-59 (PB 1346), o.D. (ca. 1945-09)
- DeBell, John, Gloor, Walter E., Goggin, William C., German Plastics Practice, PB 10279, o.D. (ca. 1945-11), BASF SE UA K 0/1
- ²¹⁵⁴ Friedmann, Paul und Matthias, Friedrich, Ueber den derzeitigen Stand der Magnetband-Versuchsfabrikation, 1935-10-14, BASF SE UA P 917 und D 022/5
- ²¹⁵⁵ Matthias, Friedrich: Derzeitiger Stand der Magnetophonband-Fabrikation, 1940-04-19, BASF SE UA P 917
- ²¹⁵⁶ Pflaumer, Karl, Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern, I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Farben-Gruppe, 1945-07-11, BASF SE UA P 905 (als Abschrift einer Kopie aus dem Besitz von Dr. Hans Seiberth)
- Pflaumer, Karl, Entwicklung und Fabrikation der Magnetophon-Bänder; 1945 [In German], PB 97131, vermutlich die Originalfassung als „captured enemy document“ (Quelle: *Lafferty, William Charles Jr., Thesis 1981, Appendix B) – In Übersetzung in:
- [1] DeBell, J.M.; Gloor, W.E.; Goggin, W.C.; Hansell, C.W.: Report On The Magnetophone, CIOS Report C-59 (auch TIIC C 59 und PB 1346), June - August 1945
 - [2] DeBell, John, Gloor, Walter E., Goggin, William C., German Plastics Practice, PB 10279, o.D. (ca. 1945-11), BASF SE UA K 0/1 Besichtigungen und Befragungen im Werk Ludwigshafen am 1945-06-08 – 09 sowie am 1945-08-10 – 11 (App. 6, I/45)

- [3] Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01, Appendix A (*Übersetzung: Hans Joachim von Braunmühl*)
- [4] Ranger, Richard H., Further Studies In Magnetophones And Tapes, FIAT Final Report No. 923 (PB 79558), 1947-05-13
- 2157 N. N., How 3M revolutionized recording through magnetic tapes, <http://www.3m.com/about3m/pioneers/magnetic.html> [2004-11-26]
- 2158 Crawford, J.W.C., Wooler J. und Berth-Jones, E.W., „Plastics in German Sound Recording Systems“, BIOS Final Report No. 1379: o.D., (ca. 1946-07)
- 2159 Klein, Walter A., Lunn, John A., The Manufacture of Luvitherm Film, FIAT Final Report No. 866, 1946-08-22
- 2160 DeBell, John, Gloor, Walter E., Goggin, William C., German Plastics Practice, PB 10279, o.D. (ca. 1945-11), BASF SE UA K 0/1
- 2161 Menard, James Z., High Frequency Magnetophon Magnetic Sound Recorders, FIAT Final Report No. 705, January 1946
- 2162 Mullin, John T., The Birth Of The Recording Industry; Billboard, 1972-11-19, p. 58 ff. und 77
- 2163 Ranger, Richard H., Further Studies In Magnetophones And Tapes, FIAT Final Report No. 923 (PB 79558), 1947-05-13
- 2164 N. N., Richard Howland Ranger, historical vignette, URL: <http://www.theinstitute.ieee.org> [2005-06-19]
- 2165 *Augustin, Ernst, TBK-Bericht 16 / 1947 Teil 2
- 2166 Orlich, Heinz; Russisches Technisches Büro für Kinematographie in Deutschland: Bericht zum Thema Nr. 19 für 1948: Zusammenstellung der theoretischen und praktischen Erkenntnisse in der Stereophonie in der Kinematografie; Potsdam-Babelsberg 1948
- 2167 Lippert, Werner, Stereophonische Zweikanalübertragung mit dem Magnetophon (I und II), FUNK UND TON, Oktober 1947, Seiten 173-190, November 1947, Seiten 236-250
- 2168 N. N. (Raynor, C. Kenneth?); German Magnetic Tape Recorder Tonschreiber Models b und b1, Enemy Equipment Intelligence Service; PB 1027, 1944-12-21, Library of Congress, Washington D.C.
- 2169 Roizen, Joe, The John Herbert Orr Collection, undatierter Artikel aus unbekannter Quelle (ca. 1970), mit der hinreißend schönen Information „... but the one in the Orr collection comes from a secret storage depot in a salt mine between Hamburg and Berlin. Nine such machines were found ...“
- 2170 Ranger, Richard H., Design of Magnetic Tape Recorders, Tele-Tech, August 1947, p. 56, 57, 99, DTMB AEG 03551: „was designated the K-7. Only one of these machines has been introduced into this country, and it is located in the research laboratories at Ft. Monmouth, New Jersey“
- 2171 Robin, H.L., Magnetophone, Type K 7, FIAT Final Report No. 841, PB 60743, ca. 500 Seiten, 1947-01-15, Library of Congress, Washington D.C. Inhaltsbeschreibung lt. mündlicher Mitteilung von Stephen Temmer, ca. 1986
- 2172 Pawley, Edward, BBC Engineering 1922-1972, BBC Publications, 1972, pages 387 and 388
- 2173 Lane, Basil, The thin brown line, STUDIO SOUND, June 1977, pages 72 – 78
- 2174 Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01; RE 3 und Tonschreiber b bei British Army Signals „for monitoring purposes ... Small quantities .. have reached U.K. and are mostly in the hands of the Services and other Governmental organisations“
- 2175 Bauch, F.W.O., Schreiben an das Museum für Verkehr und Technik (heute Deutsches Technikmuseum Berlin), 1988-04-18
- 2176 Crawford, J.W.C., Wooler J. und Berth-Jones, E.W., Plastics in German Sound Recording Systems, BIOS Final Report No. 1379: o.D., (ca. 1946-07)
- 2177 Gilson, Ray, MMIS What's New Archives / In the Beginning; URL: <http://mmislueck.com/Archives/0201.htm> [2003-04-04]
- 2178 Leserbrief des Jamieson Studio an die Fachzeitschrift Studio Sound, 1985-08-01, Seite 46
- 2179 Lane, Basil, The thin brown line, STUDIO SOUND, June 1977, pages 72 – 78
- 2180 Pawley, Edward, BBC Engineering 1922-1972, BBC Publications, 1972, pages 387 and 388
- 2181 N. N., Stancil Corporation History, URL: <http://www.stancilcorp.com/history.html>, mit Bild Tonschreiber c / Wiedergabe: <http://www.stancilcorp.com/images/40s-1.jpg> [2005-06-13]
- 2182 Herman, Shelley A., The Right Place at the Right Time, dB Magazine 1991
- 2183 Heinzman, Jessie (verw. Lewis C. Heinzman), unveröffentlichtes Manuskript, Auszug in der Übersetzung von Bettina Mikhail, Lamsbheim
- 2184 Coopersmith, Jonathan, The Failure of Fax: When a Vision Is Not Enough; Texas A&M University; BUSINESS AND ECONOMIC HISTORY, Volume Twenty-three No. 1, Fall 1994
- 2185 Siehe z.B. die website der Firma Quantegy Inc., <http://www.quantegy.com/company history.htm>, auf der diese Geschichte in komprimierter Form auch noch Ende des Jahres 2004 zu lesen war.
- 2186 Rankin, Allen: How Orr, Of Opelika, Changed U.S. Radio, TV, And Movies; Montgomery Advertiser - Alabama Journal Sunday, 1954-02-21. Rankin hat offenbar genau wiedergegeben, was er von Orr gehört hat – vergleiche die Dissertation von Morton jr., David L., John Herbert Orr and the Building of the Magnetic Recording Industry, 1945 - 1960, Auburn, Alabama 1990-03-16, der für Orrs Schilderung laut Seite 20, footnote 20 als Quelle nennt: *John Herbert Orr, Narrative History of and by John Herbert Orr Relating to Information and Samples of Magnetic Oxide obtained in Germany in Summer 1945 ... on November 14, 1956 ... unpublished tape recording, six reels ...*
- 2187 Bernard, Birgit, Der Westdeutsche Rundfunk (1924-1942/1945), in: Internetportal Rheinische Geschichte, abgerufen unter: <http://rheinische-geschichte.lvr.de/Epochen-und-Themen/Themen/der-westdeutsche-rundfunk-1924-19421945/DE-2086/lido/5b72a458636ee7.33921573> (abgerufen am 20.06.2021). „Am 14.7.1941 wurde der Technikbetrieb (des WDR Köln) geschlossen. (...) Im Herbst 1941 befand sich der Reichssender in Abwicklung. (...) Das Ende des Reichssenders Köln nahte mit der offiziellen Stilllegung im Sommer 1942.“
- 2188 Engel, Friedrich; Schnittstelle Radio Luxembourg: Drei Ingenieurs-Porträts; FUNKGESCHICHTE April/Mai 2022, 45. Jahrgang, Nr. 262 www.gfgf.org, Seiten 56 bis 66. Hier auch ausführliche Schilderung der Vorgänge bei Radio Luxembourg zwischen 1941 und Ende 1945
- 2189 Braunmühl, Hans Joachim von, [Brief an] Direktor Braband, AEG Patentbüro, 1955-07-07, DTMB AEG 02292
- 2190 Payne, E.M. (EMI), Pulling, M.J.L. (BBC), Parker, H.E. (MSS), Sound Recording, Reproducing and Other Electro-Acoustic Targets, BIOS Final Report No. 1176, o.D. (ca. 1945-12-31)
- 2191 Die Identität der Herren war auch 1946 noch nicht geklärt, siehe Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01, S. 30: „This is derived from a paper written in German by Dr. Pflaumer (or Pfeumer) of IG Farben ...“.
- 2192 Diese Indizien sind:
- eine Dankesbezeugung an die Ludwigshafener Magnetbandspezialisten Robl, Matthias, Bergmann und Pflaumer von John Herbert Orr, geschrieben 1956, zitiert im Originaltext bei Zimmermann, Paul A., Magnetic Tapes - Magnetic Powders – Electrodes / New Communication Media, page 55; Badische Anilin- & Soda-Fabrik AG, 67 Ludwigshafen/Rhein, 1969 (englische Fassung von Zimmermann, Paul A., Magnetbänder - Magnetpulver – Elektroden, Schriftenreihe des Firmenarchivs der BASF Aktiengesellschaft, 1969);
 - ein Brief von Hans Joachim von Braunmühl, der Orrs Verdienste um den Wiederaufbau technischer Einrichtungen und Labors des Rundfunks würdigt [von Braunmühl, Hans Joachim, [Brief an] Direktor Braband, AEG Patentbüro, 1955-07-07, DTMB AEG 02292]
 - schließlich der Verzicht Orrs auf Lizenzzahlungen der BASF Aktiengesellschaft auf die Benutzung seiner Patente über gleitmittelbeschichtete Magnetbänder [Fuller, Graham (?), More on the History of the 8-Track: The John Herbert Orr Story, URL: <http://www.8trackheaven.com/orr.html> [2003-10-04]
- 2193 Robl, Rudolf, „Buch III: Kunststoff - Kapitel 4: Magnetophonband“, Typoskript, 24 Seiten, o.D. (handschr. Vermerk „erhalten 12.7.63“); BASF UA P 902
- 2194 Morton, David L., Jr., John Herbert Orr and the Building of the Magnetic Recording Industry, 1945 – 1960, Thesis, pages 19 – 23, 1990-03-16
- 2195 Carl A Snape, Quantum Jumps, Studio Sound, July, 1999
- 2196 Morton, David L., Jr., John Herbert Orr and the Building of the Magnetic Recording Industry, 1945 – 1960, Thesis, 1990-03-16, p. 41
- 2197 Seiberth, Hans, Aktenvermerk / Betreff: Informationen über Magnetophonband, 1956-10-16, BASF SE UA P 923. Seiberth beruft sich auf Informationen von Dr. Hans Schießler nach dessen Besichtigung der Orr-Fabrik; siehe auch:
- ders., Brief an Dr. Reichling (Unternehmensarchiv BASF), 1974-08-21, BASF SE UA P 902 mit übereinstimmender Beurteilung aus eigener Anschauung
- 2198 Bower, Tom, Verschwörung Paperclip / NS-Wissenschaftler im Dienst der Siegermächte, deutsch 1988, Paul List Verlag, München
- 2199 Auswahl:
- N. N., German Magnetic Tape Machine Brought to U.S., Science Newsletter, p. 399, 22. Dezember 1945,
 - Raynor, K.C., German Magnetic Tape Recorders, PB 1027 pp. 1-24, Washington, D.C.: Office of the Publication Board, U.S. Dept. of Commerce, 1945)
 - Camras, M., German Tape-Recording Equipment, Electronic Engineering, vol. 18, p. 54, Februar 1946

- Power, R. A., The German Magnetophone, Wireless World, pp. 195-197, Juni 1946
- Drenner, Don V. R., "The Magnetophone, Audio Engineerig., pp. 30-31, 44-45, Oktober 1947
- Camras, M., Magnetic Recording Tapes, Am. Inst. Elect. Eng. Trans. Tech. Paper 58-75, Dezember 1947
- 2200 Begun, Semi J. (Brush Developments), Magnetic Recording Now Possible in Every Home, Publikation in unbekannter Zeitschrift, 1946-02-01, Smlg Begun
- 2201 Morton, David L., Jr., John Herbert Orr and the Building of the Magnetic Recording Industry, 1945 – 1960, Thesis, p. 38, 1990-03-16
- 2202 Eilers, Delos, 3M Audio Open Reel Tapes, AES HC website, 2000
- 2203 Ranger, Richard H., Design of Magnetic Tape Recorders, Tele-Tech, August 1947, p. 56, 57, 99, DTMB AEG 03551
- 2204 Ranger, Richard H., Brief an Mr. Woelke, 1947-12-05, ex Smlg Stephen Temmer
- 2205 Die Darstellung fußt auf der Publikation von Mullin, John T., Creating the Craft of Tape Recording, High Fidelity, pp. 62 — 67, 1976-04-01
- 2206 Hansell, C.W.; DeBell, J.M.; Goggin, W.C.; Gloor, W.E., berichten in dem CIOS Report C-59 „Report On The Magnetophone“ (Juni - August 1945): „*Observation of the operation of this equipment at the Bad Nauheim studios of Radio Frankfurt, demonstrated that the recordings and reproduction made with the most modern of the magnetophone equipments were of excellent quality and had very low noise level.*“ Demnach könnte einer der Autoren der von Mullin namentlich nicht genannte „British army officer“ gewesen sein.
- 2207 Bartsch, Matthias: Rundfunk aus dem Badezimmer / 50 Jahre Radio Frankfurt, Frankfurter Rundschau, Samstag, 27.Mai 1995, Nr. 122, S 15 und 16. – Nach diesem Bericht war das Gebäude des Reichssenders Frankfurt im März 1944 von Bomben zerstört, der Betrieb in das Hotel „Terrassenhof“ Bad Nauheim verlagert worden.
- 2208 Mullin, John T., The Birth Of The Recording Industry; Billboard, 1972-11-19, p. 58 ff. and 77
- 2209 Mullin, John T., Creating the Craft of Tape Recording, High Fidelity April 1976 p. 62, 1976-04-01
- 2210 Ermittelt im Zug einer Korrespondenz zwischen Mr. Richard L. Hess, Glendale, California, USA, Stephen Raymer, Pavek Museum of Wireless, und F.E., 2001-11-13
- 2211 „The name Ampex is derived from the initials of the company's founder, Alexander M. Poniatoff, plus „ex“ for excellence. [This is the party line. An insider once told me that the „ex“ actually stood for „experimental.“] Quelle: Sanner, Howard, Chronology of Ampex Professional Products, 1999-11-04, URL: <http://recordist.com/ampex/docs/histapx/ampchrm.txt> [2005-06-19]
- 2212 Datierung „Oktober 1946“ nach: Sponable, E. I., Historical Development of Sound Films, presented oct. 22, 1946, at the SMPE Convention in Hollywood, Journal Of The Society Of Motion Picture Engineers, vol 48, april 1947, no. 4
- 2213 Herman, Shelley A., The Right Place at the Right Time, dB Magazine 1991, als Quelle diente das Manuskript des Verfassers
- 2214 N. N., PHILCO RADIO TIME – 1947-48, URL: <http://www.kcmetro.cc.mo.us/pennvalley/Biology/lewis/crosby/philco47.htm> [2006-03-09]
- 2215 Hammar, Peter: The Birth of Tape Recording in the U.S., AES Preprint 1928 (F-1), 1982 October 23-27
- 2216 Hammar, Peter, Editing The First Taped Bing Crosby Radio Show Broadcast on ABC on 10/1/47, unveröffentlichtes Manuskript, 2005-08-02
- 2217 Lindsay, Harold, Magnetic Recording, Parts I and II, db The Sound Engineering Magazine, 1977-12 und 1978-01
- 2218 Sanner, Howard, Chronology of Ampex Professional Products, 1999-11-04, URL: <http://recordist.com/ampex/docs/histapx/ampchrm.txt>
- 2219 Mullin, John T., Creating the Craft of Tape Recording, High Fidelity April 1976 p. 62, 1976-04-01
- 2220 Schießler, Hans, Die Normung in der Magnetspeichertechnik, in: Winckel, Fritz (Hrsg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960, Seite 548
- 2221 Lindsay, Harold, Magnetic Recording, Parts I and II, db The Sound Engineering Magazine, 1977-12 und 1978-01
- 2222 Berman, Bruce, Get Reel! The Classic Ampex Tape Recorders; URL: www.soundpractices.com/images/Ampex.pdf
- 2223 Lindsay, Harold, Magnetic Recording, Parts I and II, db The Sound Engineering Magazine, 1977-12 und 1978-01
- 2224 Ranger, Richard H., Design of Magnetic Tape Recorders, Tele-Tech, August 1947, p. 56, 57, 99, DTMB AEG 03551
- 2225 Fairchild Recording Equipment Co., Anzeige: Professional Tape Recorder „At 15 inches!“, Audio Engineering, p. 39, 1949-02-01
- 2226 Wallerstein, Edward, Narrative about the development of the LP record in 1948, Classical Music CD, <http://www.musicintheemail.com/audiohistoryLP.html> [2019-08-12]
- 2227 Pawley, Edward, BBC Engineering 1922 1972, BBC Publications, 1972, p. 388
- 2228 Schoenherr, Steve, Bing Crosby: The Technology of his Art; URL: <http://www.acusd.edu/~ses/>
- 2229 N. N., Quick Facts on Magnetic Tape Recorders, Audio Record (hg.: Audio Devices, Inc.), Vol. 6, No.7, August-September 1950
- 2230 Eilers, Delos, 3M Audio Open Reel Tapes, AES HC website, 2000

Magnetophon-Technik setzt sich in Europa durch

- 2231 Pawley, Edward, BBC Engineering 1922-1972, BBC Publications, 1972, p. 389 ... 392
- 2232 N. N., Katalog (20 Seiten DIN A 4), Tolana, Enregistreurs magnétiques a haute fréquence, o.D. (ca. 1953); der Firmensitz konnte bisher nicht festgestellt werden
- 2233 Palombini, Carlos, Musique Concrète Revisited, Electronic Musicological Review Vol. 4/June 1999, URL: <http://coe.ufr.br/~rem/REMr4/vol4/arti-palombini.htm> [2001]
- 2234 Häfner, Albrecht, Interview mit Dr. Walter Knöpfel und Oberingenieur Paul Send (alle Südwestfunk Baden-Baden), 1990-09-19 und 1991-04-09
- 2235 URL: <http://www.uc.pt/Teses/Medint.carvalho.html> und <http://www.cinefact.net/cinefact/matos.html> [2001]
- 2236 N. N., Philips Magnetbandschreiber Type 100 39/02, Studioausführung, zweiseitiges Prospektblatt, o.D. (ca. 1952)
- 2237 Slot, G., Vom Mikrofon zum Ohr, Philips Technische Bibliothek, 1955, S. 149
- 2238 Schneider, Harold T., A Servo Speed Controlled Recorder for Studio Applications, AES Preprint Number 780, 1971-03
- 2239 N. N. (Generaldirektion der PTT, Bern), Hundert Jahre elektrisches Nachrichtenwesen in der Schweiz / 1852 - 1952, Seiten 316 bis 323, 1962
- 2240 N. N., Ein Motor anstelle einer Werkzeugtasche, URL: <http://www.verkehrshaus.ch/de/museum/strassenverkehr/bestof.php> [2005-10-12], sowie <http://www.verkehrshaus.org/en/museum/highlights/12.htm>
- 2241 N. N., BBC Radiophonic Workshop Overview, URL: <http://www.glias.org.uk/glias/rws/pgs/r01.htm>
- 2242 N. N., Guy Tavernier: Soixante Ans De Passion, URL: <http://www.ifrance.com/guytavernier/> [2005-10-12]
- 2243 N. N., Inserat „Das Magnetphon von Perfectone“, NZZ, 1950-02-13, zitiert in: Patentabteilung ZIT, BASF Ludwigshafen, Auflistung „Einige Veröffentlichungen, ...“, BASF SE UA B4 / 1690, 1950-09-07
- 2244 Kieß, Günter (Wilhelm Albrecht GmbH Studiogeräte, Berlin), Schreiben an Heinz Thiele, Schwarzenbek, 1982-04-26

Eberhard Vollmers Magnettongeräte

- 2245 Es gehört zur guten Ordnung, den in früheren Ausgaben dargestellten Werdegang der „Technisch-Physikalischen Werkstätten Eberhard Vollmer“ zu revidieren. Lange waren verlässliche Dokumente im gebotenen Umfang nicht zugänglich, so dass sich die Darstellung weitgehend auf Patentschriften, vereinzelte Pressemeldungen und Werbeanzeigen stützen musste. Nachdem mittlerweile eine anhand von Dokumenten, Firmenunterlagen und Angaben aus dem Familienkreis ausgearbeitete Dokumentation vorliegt, kann die Historie dieses mittelständischen Unternehmens genauer nachgezeichnet werden.
Alle nicht eigens nachgewiesenen Informationen stammen aus: Vollmer, Ingrid und Zinsik, Karsten, Firmenchronik [Eberhard Vollmer, Technisch-physikalische Werkstätten]; <http://www.zinsik.de/NOISELAB/VOLLMER.html> und den dort aufgelisteten Firmendruckschriften
- 2246 Schießler, Hans, in: * Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981 – was u.a. für Vollmers physische Leistungsfähigkeit spricht
- 2247 Thiele, Heinz, Interview mit Dr. Hans Schießler, 1980-11-11, Tonbandmitschnitt
- 2248 Go/Ra (Gondesees, Karl-Erik), Magnetofon-Laufwerk R 22a und B-R 22a, 1948-06-05 („Hersteller: Fa. AEG., Berlin und Fa. Vollmer, Eßlingen (Lizenzbau der AEG.-Magnetofon, Hamburg; Baujahr: ... für die Vollmer-Laufwerke 1948“)
- 2249 N. N., AEG-interne Notiz: Unterlagen für Vollmer-Laufwerk werden erst nach Prüfung durch TD abgeschickt, 1949-03-07 und 1949-03-15, DTMB 03168
- 2250 Thiele, Heinz, Interview mit Dr. Hans Schießler, 1980-11-11, Tonbandmitschnitt

- 2251 Zimmermann, Paul, [BASF-internes Schreiben an] Drs. Pflaumer und Robl, 1948-10-15, BASF SE UA B4 / 1690
- 2252 Diltthey, Günther (Rechtsabteilg. BASF AG): Aktennotiz: Besuch Dr. Schepelmann und DI Schüller von AEG am 4.5. 1948, 1948-05-07, BASF SE UA B4 / 1690
- 2253 Seiberth, Hans (BASF AG), Besuchsbericht Fa. Vollmer, Esslingen, 1949-10-21, BASF SE UA P 916.2
- 2254 N. N. (Re/Bz, AEG), [Brief an] Dr. von Braunmühl, Baden-Baden, Jagdhausstrasse 28, 1951-06-18, DTMB AEG 04407
- 2255 Schmidt, N. N. (AEG Patentbüro), Aktennotiz: Besprechung mit Herrn Dr. von Braunmühl in Baden-Baden am 27. Mai 1952, 1952-06-06, DTMB AEG 04407
- 2256 Naumann, N. N. (AEG Patentbüro Frankfurt), Aktennotiz über eine Besprechung mit Herrn Dr. von Braunmühl am 26.2.1954 in Frankfurt a.M., DTMB AEG 04407
- 2257 N. N., Vollmer-Magnettonmaschinen, FUNKSCHAU Nr. 12/1954, S. 251 1954-06-15
- 2258 Schmidt, N. N. (AEG Patentbüro), Aktennotiz: Besprechung mit Herrn Dr. von Braunmühl in Baden-Baden am 27. Mai 1952, 1952-06-06, DTMB AEG 04407
- 2259 Vollmer, Anzeigen in der FUNKSCHAU 1954, Nr. 13, Seite V, 1954-07-01
- 2260 Vollmer, Anzeigen in der FUNKSCHAU 1955 Nr. 18, S. 412, 1955-09-15 und 1956, Nr. 2, S. 77
- 2261 Vollmer, Gerätebeschreibung „Professional Magnetic Sound Equipment / Type 007 U“, o.D. (ca. 1955)
- 2262 Kühne, Fritz, Vierspur-Studio-Magnetbandgerät, FUNKSCHAU 1963 Nr. 8, S. 198, 1963-04-15
- 2263 Gravesaner Blätter, Hg. Scherchen, Hermann, Ausgabe 27/28 (1966), Seiten 27 f.
- 2264 N. N., Anzeige „Vollmer vielen voraus“ mit Gerät M 10, FUNKSCHAU 1960 Nr. 22, S. 1166; zuletzt in FUNKSCHAU 1967 Nr. 01, S. 50, 1967-01-01
- 2265 Vollmer, Druckschrift „M 10“, o. D. (ca. 1962), Prospekte-Sammlung des Deutschen Rundfunk-Archivs Frankfurt
- 2266 Vollmer, Anzeige „Magnetbandgerät Typ 200“, FUNKSCHAU 1964 Nr. 24, S. 1848; Kurznotiz in FUNKSCHAU 1965 Nr. 17 S. 1305, 1965-09-01 sowie Anzeige in FUNKSCHAU 1966 Nr. 14, S. 1232
- 2267 Müller, Carl Heinrich Florenz, https://de.wikipedia.org/wiki/Carl_Heinrich_Florenz_M%C3%BCller, Zugriff [2018-08-01]
- 2268 Schießler, Hans, in: * Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981
- 2269 Persönliche Information Ingrid Vollmer, 2018, für den Verf.

BASF: Magnetophonband-Typen LG bis LGH

- 2270 N. N., Alizarinabteilung / Entwicklung und Jahresberichte 1869 – 1954 / Band 1, S. 10 f., 1956-12-03, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv J 1201/02
- 2271 Schuster, Curt, Die Geschichte des Hauptlaboratoriums 1938 – 1957, o.D. (ca. 1957), S. 23, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv D 101/3
- 2272 Robl, Rudolf, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26
- 2273 „... unsere Produktion von Magnettonbändern von unserer französischen Administration verfügt“; aus: Pflaumer, Karl, Brief an Magnetophon G.m.b.H., Berlin, 1947-07-18, DTM AEG 02292 (Original) und BASF SE UA B4 / 1690 (Durchschlag)
- 2274 Seiberth, Hans, Magnetophon – Grundlagen des Verfahrens zur magnetischen Schallaufzeichnung, 1946-11-12, BASF SE UA P 916.2
- 2275 Rund gerechnet, ergeben 6.000 Bänder eine Spielzeit von 2.000 Stunden; eine Sendezeit von 16 Stunden angenommen, hätte ein Sender monatlich „nur“ 500 Spielzeitstunden, mithin 1.500 Bänder, gebraucht. Die grobe Abschätzung zeigt, dass die französischen Behörden den Bedarf aller Sender zumindest der westlichen Besatzungszonen geordnet hatten.
- 2276 Die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft soll zu ihren besten Zeiten 5.000 Bänder pro Monat benötigt haben. – Quelle: Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01, Appendix IV: H.-J. von Braunmühl, „The Magnetophon, its properties and fields of use“, p. 3
- 2277 Robl, Rudolf, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26
- 2278 Pflaumer, Karl, Entwurf eines Briefes an Société Nobel Française, Paris, 1948-06-03, BASF SE UA B4 / 1686
- 2279 Crawford, J.W.C., Wooler J. und Berth-Jones, E.W., Plastics in German Sound Recording Systems, BIOS Final Report No. 1379: o.D., (ca. 1946-07), p. 4
- 2280 Crawford, J.W.C., Wooler J. und Berth-Jones, E.W., Plastics in German Sound Recording Systems, BIOS Final Report No. 1379: o.D., (ca. 1946-07)
- 2281 Robl, Rudolf, Aktenvermerk: Über den Einfluß der Koerzitivkraft auf den Frequenzgang von Magnetophonbändern des Typs LGH, 1952-04-28, BASF SE UA P 921
- 2282 Bergmann, Friedrich und Seiberth, Hans, Interview mit Friedrich Engel zur Magnetbandgeschichte, 1985-10-24
- 2283 Jacqué, Heinrich, Brief an I.G. LU, Dr. Fikentscher, 1946-01-23, BASF SE UA A 866
- 2284 Schießler, Hans, und Scheelje, K.H., Rundfunktechnische Zentralstelle des Süddeutschen Rundfunks Radio Frankfurt <sic>, Brief an] Badische Anilin- und Sodafabrik, Herrn Dir. Dr. Pflaumer, Ludwigshafen, 1947-01-10, BASF SE UA P 916.2
- 2285 Rheude, Franz G., Wirtschaftssachverständiger (Neustadt a.d. Haardt), Preisbildung für Magnetophonband LGN und LGP, 1948-01-09, Staatsarchiv Speyer, H 13 Nr. 2727 Blätter 76 – 79; hier ist eine Rechnung der Folienfabrik Forchheim vom 1947-08-06 zitiert
- 2286 Robl, Rudolf, „Buch III: Kunststoff - Kapitel 4: Magnetophonband“, Typoskript, 24 Seiten, o.D. (handschr. Vermerk „erhalten 12.7.63“)
- 2287 Jacqué, Heinrich, Gendorf, Bericht über den Besuch verschiedener Lieferfirmen von Maschinen und Apparate[n] für die Luvitherm-Anlage, 1945-10-18, BASF SE UA A 866
- 2288 Pflaumer, Karl, Grebe, N. N., Brief an Anorgana, Gendorf, 1947-01-10, BASF SE UA B4 / 1690, B4 / 1749 und B 4 / 1779
- 2289 Jacqué, Heinrich, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26
- 2290 Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, 1946-03-01, p. 30
- 2291 Jacqué, Heinrich, Rothstein, Arthur, Verfahren zur Herstellung von dünnen Schichten aus flüssigen Stoffen, DE 804 554, angemeldet 1948-10-02, Priorität der Anmeldung in Frankreich vom 1947-12-01
- 2292 N. N., Die Alizarin-Abteilung in den Jahren 1948 – 1950, o.D. (ca. 1951), Seite 105, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv J 1201/02 (Ordner Alizarinabteilung, Entwicklung und Jahresberichte 1939 – 1950, Band 3)
- 2293 Fikentscher, Hans, Arbeiten der Gruppe Fikentscher, 1948-07-19, BASF SE UA D 102/1c Berichte Hauptlabor
- 2294 Fikentscher, Hans, Tätigkeitsbericht der Kunststoffgruppe Hptlb. über die letzten Wochen, 1949-11-21, BASF SE UA D 102/1c (Berichte Hauptlabor)
- 2295 Schuster, Curt, Die Geschichte des Hauptlaboratoriums 1938 – 1957, o.D. (ca. 1957), Seite 197, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv D 101/3
- 2296 Singhoff, Werner, Das Magnetband bei der AGFA, Geschichte und Geschichten, Privatdruck, München 2008
- 2297 Stransky, Reinhard, Modulationsrauschen ist wichtiges Qualitätsmerkmal, in: Technische Beiträge anlässlich eines Audio-Seminars der BASF Magnetics GmbH, 1991-06-13, überarbeitet und gekürzt
- 2298 Pflaumer, Karl, [Brief an] Direktion AEG, Berlin-Grunewald, Hohenzollerndamm 155, 1946-06-24; AEG-Bestand Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin 04710
- 2299 N. N., Lexikon-Eintrag „I.G. Farben“, https://de.wikipedia.org/wiki/I.G._Farben [2018-11-04]
- 2300 N. N., Die Alizarin-Abteilung im Jahre 1947, o.D. (ca. 1948), Seite 34, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv J 1201/02 (Ordner Alizarinabteilung, Entwicklung und Jahresberichte 1939 – 1950, Band 3)
- 2301 N. N., Die Alizarin-Abteilung im Jahre 1947, o.D. (ca. 1948), BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv J 1201/02 (Ordner Alizarinabteilung, Entwicklung und Jahresberichte 1939 – 1950, Band 3)
- 2302 Pflaumer, Karl, Entwurf eines Briefes an Société Nobel Française, Paris, 1948-06-03, BASF SE UA B4 / 1686
- 2303 Robl, Rudolf, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26
- 2304 Seiberth, Hans, Notizen zum Besuch Dr. Lübeck, Magnetophon G.m.b.H. Berlin, am 26.3.47, 1947-03-28, BASF SE UA P 916.2
- 2305 Die Besprechungsniederschrift nennt keinen Preis für Type LG, der in der Größenordnung von RM 18.- anzusiedeln wäre. Leider ist nirgendwo dokumentiert, wie sich der Anwen- derkreis für LGD zusammensetzt. In der Magnetband-Folklore wurde LGD oft zu „LGT“ verbalhornt, da sich das Material vor allem zum Anbinden von Tomatenpflanzen an Stütz- pfeuten geeignet haben soll.

- ²³⁰⁶ N. N., Anlagenabrechnung / Versicherung der BASF Lu, Brief an Rechtsabteilung, 1947-03-28, BASF SE UA
- ²³⁰⁷ N. N. (RTI Nürnberg oder Zentraltechnik NWDR), Magnetophonbänder R 49, Braunbuch-Beschreibung, 1947-12-12
- ²³⁰⁸ Seiberth, Hans, Aktennotiz: Besuchsbericht SWF 14. und 15. 1.1948, 1948-03-01, BASF SE UA P 916.1
- ²³⁰⁹ Robl, Rudolf, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26
- ²³¹⁰ Seiberth, Hans, 20 Jahre Magnetophonband, FUNK-Technik 1954 Nr. 08, S. 219 – 223, BASF SE UA P 905
- ²³¹¹ Robl, Rudolf, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26
- ²³¹² Robl, Rudolf, „Buch III: Kunststoff - Kapitel 4: Magnetophonband“, Typoskript, 24 Seiten, o.D. (handschr. Vermerk „erhalten 12.7.63“); BASF SE UA P 902
- ²³¹³ Eine in ihrer Knappheit beeindruckende Schilderung der Lebensumstände im Nachkriegsdeutschland findet sich in Thomes, Paul u.a., Der Hungerwinter 1946/47, Institut für Wirtschafts- und Sozialgeschichte an der RWTH Aachen, 1997-01-26, URL: <http://www.rwth-aachen.de/lwsg/Ww/lehre/ws97-98/schulzthe.html>
- ²³¹⁴ Schuster, Curt, Die Geschichte des Hauptlaboratoriums 1938 – 1957, o.D. (ca. 1957), S. 25, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv D 101/3
- ²³¹⁵ Seiberth, Hans, Beitrag zur Informationsveranstaltung der Sparte M + N am 1973-10-24 (Maschinenabschrift eines handschriftlichen Manuskripts), BASF SE UA P 902
- ²³¹⁶ Robl, Rudolf, Ansprache anlässlich einer „Familienfeier“ der Magnetophonband-Fabrik im Feierabendhaus der BASF Ludwigshafen, 1959-11-26
- Stokes, Raymond G., Von der I.G. Farbenindustrie AG bis zur Neugründung der BASF (1925–1952), in: Abelshauser, Werner (Hrsg.), Die BASF, Eine Unternehmensgeschichte, S. 348, C.H. Beck, München 2002;
 - Harant-Müller, Sabine, Der schwarze Mittwoch, Mannheimer Morgen, 1988-07-21
- ²³¹⁷ Pflaumer, Karl, Aktennotiz: Besprechung über die allgemeine Fabrikations- und Lieferlage der Magnetophonbänder, 1947-01-15, BASF UA P 916.2
- ²³¹⁸ Seiberth, Hans, Aktennotiz: Zusammenstellung von vergleichenden Messungen an Magnetophonbändern auf verschiedenen Messplätzen, 1948-12-09, BASF SE UA P 917
- Robl, Rudolf, und Seiberth, Hans, Aktennotiz: Besuch Gondesen (NWDR) und Enkel (Sender Köln), 1949-03-24, BASF SE UA P 916.2
- ²³¹⁹ Trageser, Georg; Schlecht, Leo, Verfahren zur Herstellung von magnetischen Eisenoxiden, DE 830 946 [O.Z. 15687], 1949-12-30
- ²³²⁰ Die naheliegende Vermutung, Magnetophonband Typ L sei eine vorläufige Bezeichnung für den Typ L-extra, widerlegt u.a.: N. N., Magnetophonband BASF, vierseitige Produktbeschreibung (DIN A 5), datiert „5208 September 1949“, BASF SE UA P 974, in der die Typen LGN, LGD, L und L extra (dieses am ausführlichsten) dargestellt sind. – Die Produktion des Typs L (2. Auflage) dürfte 1951 ausgelaufen sein.
- ²³²¹ Bergmann, Friedrich, Verfahren zur Herstellung magnetisierbarer Eisenoxyde, Patent-Anmeldung O.Z. 15571, angemeldet 1949-09-01, zurückgewiesen 1957-02-22, BASF SE UA E 05/3. Nach einer persönlichen Mitteilung Dr. Bergmanns fiel die Schutzrechtserteilung mehrfach wechselnden Patentierungs-Kriterien zum Opfer (Bergmann, Friedrich und Seiberth, Hans, in: Interview zur Magnetbandgeschichte mit Friedrich Engel, 1985-10-24)
- ²³²² Robl, Rudolf, „Buch III: Kunststoff - Kapitel 4: Magnetophonband“, Typoskript, 24 Seiten, o.D. (handschr. Vermerk „erhalten 12.7.63“)
- ²³²³ Robl, Rudolf, Fortsetzung der Geschichte der Magnetophonband-Fabrik, 1956-08-24
- ²³²⁴ Robl, Rudolf, „Buch III: Kunststoff - Kapitel 4: Magnetophonband“, Typoskript, 24 Seiten, o.D. (handschr. Vermerk „erhalten 12.7.63“)
- ²³²⁵ Braunbuchbeschreibungen I / R 77 / 1, 1951-11-14, „Archivbandprüfgerät R 77“ sowie I / R 78 / I, 1951-10-24, „Schmierbandsuchgerät R 78“
- ²³²⁶ Rindfleisch, Hans, Technik in Rundfunk – Ein Stück deutscher Rundfunkgeschichte von den Anfängen bis zum Beginn der achtziger Jahre, Seite 119, Mensing Verlag Nordstedt 1985
- ²³²⁷ Leubner, Adolf, Geschichte der Magnetophon-Herstellung in Leverkusen, Agfa Aktiengesellschaft, Band II b. S. 220 bis 227; o.D. (ca. 1959/1960)
- ²³²⁸ Seiberth, Hans, Magnetophonbandprüfung [Brief an Rechtsabt., Dr. Diltthey], 1947-03-06, BASF SE UA B4 / 1690
- ²³²⁹ Seiberth, Hans, Beitrag zur Informationsveranstaltung der Sparte M + N am 1973-10-24 (Maschinenabschrift eines handschriftlichen Manuskripts), BASF SE UA P 902
- ²³³⁰ Weber, W., Brief an I.G. Farbenindustrie A.G., Herrn Dir. Dr. Pflaumer, Ludwigshafen, BASF SE UA P 916.2, 1946-04-11
- ²³³¹ Seiberth, Hans, Bericht Nr. 101/47, Lochsuchanlage für Magnetophonbänder, 1947-07-11, BASF SE UA P 916.2
- ²³³² Seiberth, Hans, Interview mit Friedrich Engel zum Thema Magnetbandtechnologie bei BASF, 1985-11-12
- ²³³³ Seiberth, Hans, Bericht Nr. 102/48: „Umspaltische für Magnetophonbänder mit automatischer Lochsuchanlage“, 1948-05-05, BASF SE UA P 916.2
- ²³³⁴ Seiberth, Hans, Bericht Nr. 101/47, Lochsuchanlage für Magnetophonbänder, 1947-07-11, BASF SE UA P 916.2
- ²³³⁵ Lübeck, Heinz (AEG), Entwurf: Garantievorschrift für Magnetophon-Sprechbänder, 1946-08-26, BASF SE UA P 916.2
- ²³³⁶ Robl, Rudolf, Aktennotiz: Besuch bei RTZ Bad Homburg 27. und 28. 11.47, 1947-12-18, BASF SE UA P 916.2
- Bergmann, Friedrich und Seiberth, Hans, Interview mit Friedrich Engel zur Magnetbandgeschichte, 1985-10-24
- ²³³⁷ N. N., Übersicht über die Kopftypen für Magnetofongeräte, Mitteilungen (des RTI) Nr. 2, 1950, S. 40
- ²³³⁸ Robl, Rudolf, Aktennotiz: Besuch bei RTZ Bad Homburg 27. und 28. 11.47, 1947-12-18, BASF SE UA P 916.2;
- Seiberth, Hans, Aktenvermerk: Vergleichende Messungen an zwei Magnetophonbändern, 1948-08-18, BASF SE UA P 916.2
- ²³³⁹ Schüller, Eduard, Neues Magnetophon-Laufwerk T 9, RTI Mitteilungen des Rundfunk-Technischen Instituts Nr. 8, Seite 49-51, 1951-01-16
- ²³⁴⁰ Seiberth, Hans, Notiz Prüfung der Bänder, 1948-02-13, BASF SE UA P 916.2
- ²³⁴¹ Seiberth, Hans, Beitrag zur Informationsveranstaltung der Sparte M + N am 1973-10-24 (Maschinenabschrift eines handschriftlichen Manuskripts), BASF SE UA P 902
- ²³⁴² Seiberth, Hans, Magnetophonband-Prüfanlage (Bericht Nr. 104/49 des Elektrolaboratoriums), 1949-05-03, BASF SE UA P 916.2
- ²³⁴³ N. N. (Friedmann, Paul?), Aktennotiz: Inbetriebnahme des K 7-Geräts (Magnetophongerät), BASF SE UA P 916.1, 1943-06-22
- ²³⁴⁴ Seiberth, Hans, Besuchsbericht: RTZ-Bad Homburg; Dr. Schießler, AEG HH; DI Schüller (in Ludwigshafen) am 25.7.47, 1947-08-08, BASF SE UA P 916.2
- ²³⁴⁵ Seiberth, Hans, Magnetophonbandprüfung [Brief an Rechtsabt., Dr. Diltthey], 1947-03-06, BASF SE UA B4 / 1690
- ²³⁴⁶ Böhner, Georg, Zusammenhänge zwischen Herstellungsbedingungen und Messergebnissen des Magnetophonbandes (Bänder 780 – 960), 1942-07-25, BASF SE UA P 916.1
- ²³⁴⁷ N. N. (Kuro-Dr. O/Dri., BASF Aweta), Aktennotiz Besprechung am 20.2.1953 betr. Magnetophonband BASF, 1953-03-10, BASF SE UA P 917
- ²³⁴⁸ Auslieferung der AW 1 ab Oktober 1949: N. N., [Notiz und Zusammenstellung von Erstauslieferungsdaten von Magnetophon-Geräten], 1954-08-07, DTMB AEG 03212
- ²³⁴⁹ Berman, Bruce, Get Reel! The Classic Ampex Tape Reorders; URL: www.soundpractices.com/images/Ampex.pdf
- ²³⁵⁰ Gooch, Beverley, Building on the Magnetophon, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999
- ²³⁵¹ Bergmann, Friedrich, Verfahren zur Herstellung magnetisierbarer Eisenoxyde, Patent-Anmeldung O.Z. 15571, angemeldet 1949-09-01, zurückgewiesen 1957-02-22, BASF SE UA E 05/3.
- ²³⁵² Robl, Rudolf, „Buch III: Kunststoff - Kapitel 4: Magnetophonband“, Typoskript, 24 Seiten, o.D. (handschr. Vermerk „erhalten 12.7.63“); BASF SE UA P 902
- ²³⁵³ Robl, Rudolf, Jacqué, Heinrich, Verfahren zur Beseitigung der Hohlkrümmung von bandförmigen Magnetogrammträgern, DE 973 081, angemeldet 1953-07-01
- ²³⁵⁴ N. N. (Dr. La), Entwicklung und Jahresberichte 1869 – 1954 der Alizarinabteilung, Band 4, Jahresbericht 1951, Seite 24, 1960-06-09, BASF SE UA J 1201/02
- ²³⁵⁵ Robl, Rudolf, Verbesserungen des Magnetophonbandes Typ LGH, Vortragsmanuskript (?), 1951-11-07, BASF SE UA P 921
- ²³⁵⁶ Grebe, Dobritz, Trainer, Besuchsbericht AEG Magnetophongerätebau, Hamburg 27, Billhorner Canalstr. 13, 1952-04-08, BASF SE UA B4 / 1690
- ²³⁵⁷ N. N. (Kuro-Dr. O/Dri., BASF Aweta), Aktennotiz Besprechung am 20.2.1953 betr. Magnetophonband BASF, 1953-03-10, BASF SE UA P 917
- ²³⁵⁸ Hühn, Werner (I.G. Farben Ludwigshafen, Anorganische Abteilung), [Interner Brief an] Dir. Dr. Gaus, Ludwigshafen, 1935-12-23; BASF SE UA P 916.1
- ²³⁵⁹ Zimmermann, Paul A., Magnetbänder - Magnetpulver – Elektroden, Schriftenreihe des Firmenarchivs der BASF Aktiengesellschaft, 1969
- ²³⁶⁰ Bergmann, Friedrich, Magnetkopf für ein Magnetongerät, Schweizerisches Patent 287606, angemeldet 1951-02-01 [O.Z. 15724 vom 1950-02-06], BASF SE UA E 1/12
- ²³⁶¹ Bergmann, Friedrich, Verfahren zur Herstellung von Ferriten, Patente DE 872 203 [O.Z. 16239], angemeldet 1951-03-05
- ²³⁶² Dobritz, Walter (BASF, Verkauf Abt. KL), Besuchsbericht AEG Magnetophongerätebau, Hamburg 27, Billhorner Canalstr. 13 (Dr. Schepelmann), 1952-04-08, BASF SE UA B4 / 1690

- 2363 N. N. (Dr. La), Entwicklung und Jahresberichte 1869 – 1954 der Alizarinabteilung, Band 4, Jahresberichte 1951 bis 1954, 1960-06-09, BASF SE UA J 1201/02
- 2364 Diese zweite Karriere (eine Parallele zu Jack Mullins K 4-Magnetophonen) deckte erst ein Interview auf, das die Fachzeitschrift ONE to ONE 1995 mit Terry Wherlock führte, damals als Ingenieur bei MSS angestellt. Die folgende Korrespondenz mit Wherlock ergab, dass die „exportierte“ Gießmaschine gemeinsame Konstruktionsmerkmale der Aschbacher und 1946er-Gießmaschinen aufwies. Nachdem die Aschbacher Gießmaschine 1948 nach Gendorf gelangt war und dort um 1956 verschrottet wurde, muss es sich bei der MSS-Maschine um eine der 1952 / 1953 ausgemusterten Maschinen handeln. Quellen:
De Lancie, Phil, A rare and wondrous new technology, Interview with Terry Wherlock, ONE to ONE 1995-10-01, p. 32 ff.
Korrespondenz zwischen Mr. T. Wherlock und F.E., 1998-11 bis 1998-12 (Smlg Engel)
N. N., BASF Lu, Patentabteilung, Besprechungsbericht mit Minnesota Mining & Manufacturing Company Ltd., St. Paul, 1956-07-19, BASF SE UA B4 / 1795

AEG: Magnetophon-Gerätebau 1949 – 1955

- 2365 N. N. AEG-Magnetophon-Gerätebau Hamburg, Produktions-Notiz, 1954-08-07, DTMB AEG 03212
- 2366 Ullrich, Katrin (Tochter Eduard Schüllers), Informationen per e-mail an Gerhard Kuper
• Schüller, Johann Mathias (Sohn Eduard Schüllers), pers. Mitteilungen an Gerhard Kuper
- 2367 Schüller, Eduard, Neues Magnetophon-Laufwerk T 9, RTI Mitteilungen des Rundfunk-Technischen Instituts Nr. 8, Seite 49-51, 1951-01-16
• N. N., AEG-Magnetophon-Gerätebau Hamburg, Produktions-Notiz, 1954-08-07, DTMB AEG 03212
- 2368 N. N., Fünf Millionen Grundig-Geräte, FUNKSCHAU 1957 H. 22 S. 1008, 1957-11-15
- 2369 Bach, Franz, Tonbandgeräte, FUNKSCHAU 1955 Heft 9 Seite 182, 1955-05-01
- 2370 Radio-Kataloge 1952 bis 1959, Radio-Verlag Ing. H. Zimmermann, Hamburg 13
- 2371 Bruch, Walter: Von der Tonwalze zur Bildplatte, Ein Jahrhundert Ton- und Bildspeicherung, 2. Teil: Tonbandaufzeichnung; Sonderdruck der FUNKSCHAU, Franzis-Verlag München 1983, Fortsetzung 59
- 2372 Kuper, Gerhard, Gespräche mit Rainer Besch (letzter kaufmännischer Geschäftsführer von Telefunken Wedel), sowie Einblick in dessen Aufzeichnungen
- 2373 Kuper, Gerhard, Gespräche mit Harry Willmanns, ehemaligem AEG-Telefunken-Mitarbeiter
- 2374 *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
• *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 2375 *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 2376 Ullrich, Katrin (Tochter Eduard Schüllers), E-Mail zusammen mit Peter Gerke an Gerhard Kuper, 2007-01-27
- 2377 N. N., Niederschrift über eine Besprechung betr. Zusammenarbeit AEG / Telefunken (gez. u.a. Spenrath, Friedrich), 1953-07-03, DTMB AEG 02149
- 2378 Koehn, N. N. (Vorstandsmitglied der AEG), Aktennotiz über eine Besprechung in der AEG-Fabriken-Leitung Frankfurt am 27.11.53 betr. Telefunken, 1953-11-27, DTMB AEG 02149
• N. N., Telefunken Ru/Ela Hannover, Rundschreiben Nr. 1/54 zur Organisation des Magnetophongeschäfts nach Übergang von AEG auf Telefunken, 1954-10-01; technische Leitung ab 1954-10-01 Eduard Schüller, kaufmännische Leitung Georg Binternagel
- 2379 *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 2380 So erschienen zwei nahezu identische Prospekte „STUDIOGERÄT Magnetophon M 5“ einmal mit der Herstellerangabe „AEG“ (Code 4.58. Schr) und „Telefunken / Fachgebiet Technisches Magnetophon“ (Code 9.59. Schr)
- 2381 N. N., Interne Notiz anlässlich eines Besuches von Hans Heyne bei AEG Mgt H 1953-12-04 (warnt vor Verzettelung der Entwicklungskapazität durch Umsetzung von Mitarbeitern)
- 2382 In der Produktionsaufstellung 1956/57 für G/W- Hmb (Gerätewerk Hamburg) wurden abgerechnet 37.709 Hörsprechköpfe für das Berliner KL 65 im Wert von 292.600 DM, plus 42.136 Löschköpfe, ebenfalls für das KL 65, mit einem Wert von 143.300 DM. Diesen Zahlen gegenüber standen 787 abgerechnete Wedeler Magnetophone KL 35 mit einem Gesamtwert von 393.500 DM. (Wertangaben ab Produktion)
- 2383 Thiele, Erdmann, Telefunken nach 100 Jahren, ISBN 3-87584-961-2
- 2384 Gipp, Dietrich (Mitarbeiter von Telefunken von 1958 bis 1992), Interview mit Friedrich Engel, 2004-03-17
• Kuper, Gerhard, Gespräche mit Heinz Neumann (ehemaliger Mitarbeiter aus Wedel, vom Service Hamburg, Konstanz)
- 2385 N. N., ARD, Schreiben an den Vorstandsvorsitzenden der Telefunken GmbH, Berlin, Dr.-Ing Hans Heyne, 1959-09-25
- 2386 Schüller, Johann Mathias (Sohn Eduard Schüllers), Fernsehinterview des NDR SH, 2004-02-28, nur teilweise im Regionalprogramm Schleswig-Holstein Magazin ausgestrahlt
• Ullrich, Katrin (Tochter Eduard Schüllers), E-Mails an Gerhard Kuper
• Kuper, Gerhard, Gespräche mit Heinz Neumann (ehemaliger Mitarbeiter aus Wedel, vom Service Hamburg, Konstanz)
- 2387 N. N., RTI Nürnberg, Beschluß (Vorläufige Fassung) – VI. Vollversammlung CCIR – Dokument Nr. 428, 1951-06-25, BASF SE UA P 916.2 ex Archiv Agfa
- 2388 Anschrift lt. Brief von AEG Magnetophon-Gerätebau an BASF AG, 1949-04-29, BASF SE UA B4
- 2389 *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 2390 *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
• *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 2391 N. N., Olympiasieg des Magnetophons, AEG-Pressmitteilung KL 15 Ex 2028, 1952-07; DTMB 03212
- 2392 N. N. (Deutsches Rundfunk-Archiv), Auflistung A 43 Rundfunktechnische Unterlagen (Braunbücher), 52-seitige Aufstellung, Stand 2/2007
- 2393 *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 2394 Schüller, Eduard, und Schießer, Hans (AEG), Spule zum Aufwickeln von Aufzeichnungsträgern, wie Filmen oder Magnetogrammträgern, Patent DE 696 068, angemeldet 1938-06-19
- 2395 *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
• CVMA (Conservation, Materials and Methods), Conservation Menue, Tabelle Overview of the most important synthetic binders; URL: <http://www.cvma.ac.uk/content/conserv/conservation.htm> [2007-05-15]
- 2396 N. N., AEG bzw. Telefunken, Einstellvorschriften für die Magnetophone KL 15, KL 25 und KL 35
- 2397 N. N., AEG bzw. Telefunken, Einstellvorschriften für die Magnetophone KL 15, KL 25 und KL 35
- 2398 Behrendsen, Eberhard, Tonbandaustausch, FUNKSCHAU 1956 H. 8 S. 304, 1956-04-15
- 2399 Raison, G. von, Heim-Magnetophon Telefunken KL 35 - ein Studio im Kofferformat, FUNKSCHAU 1957 H. 5 S. 198, 1957-03-01
- 2400 N. N., [Notiz und Zusammenstellung von Erstauslieferungsdaten von AEG-Magnetophon-Geräten], 1954-08-07, DTMB AEG 03212
- 2401 Radio-Kataloge 1952 bis 1959, Radio-Verlag Ing. H. Zimmermann, Hamburg 13
- 2402 Grebe, Dobritz, Trainer, Besuchsbericht AEG Magnetophongerätebau, Hamburg 27, Billhorner Canalstr. 13, 1952-04-08, BASF SE UA B4 / 1690
- 2403 Dobritz, Walter (BASF Verkauf K), Besuchsbericht bei AEG Zentralverwaltung Westzonen, FFm, am 31. Juli 1953, 1953-08-03, BASF SE UA B4 / 1691
- 2404 Löwenberg, Gustav, Aktennotiz: Magnetongeräte, 1953-10-20, BASF SE UA P 929
- 2405 N. N., Magnetophon KL 65 für Musiktruhen, FUNKSCHAU 1955, Heft 22, Seite 490
• N. N., Anzeige „Jetzt ist es da“, FUNKSCHAU 1956, 1. April-Heft, unpaginierte Seite
- 2406 N. N., Telefunken, Prospekt „Für jedes Büro das vollendet tonklare Diktiergerät (= KL 65), o.D. (ca. 1955 / 1956)
- 2407 N. N., Telefunken, Werkstattanleitung für die Tonbandgeräte Magnetophon 75-15 und Magnetophon 76, 1959
- 2408 N. N., Telefunken, Werkstattanleitung für die Tonbandgeräte Magnetophon 75-15 und Magnetophon 76, 1959
- 2409 N. N., Telefunken, Prospekt „Für jedes Büro das vollendet tonklare Diktiergerät (= KL 65), o.D. (ca. 1955 / 1956)

- ²⁴¹⁰ N. N., Telefonken, Werkstattanleitung für die Tonbandgeräte Magnetophon 75-15 und Magnetophon 76, 1959
- ²⁴¹¹ Müller, W., Telefonken-Traveller, ein Universal-Diktiergerät mit magnetischer Rillenplatte, FUNKSCHAU 1959 Heft 2, S. 37 – 39
- ²⁴¹² N. N., „Magnetophon“ 85 – Das Tonbandgerät für hohe Ansprüche, Prospekt der AEG, September 1958
- ²⁴¹³ N. N., Vom Ton zum Trick, Tonbandgeräte-Katalog der Telefonken, o.D. (ca. 1964 / 1965), Seite 13
- ²⁴¹⁴ N. N., Werkstattanleitung und Ersatzteilverzeichnis AEG Tonbandgerät Magnetophon 85, Seite 2, datiert „9.58“ (1958-09?)
- ²⁴¹⁵ Schüller, Eduard, Entwurf für Entwicklungssatz Oktober 1954 bis März 1955, 1954-03-25 (In diesem Etat ist die laufende Verbesserung der R 65, die ja schon im Einsatz war, in einem gesonderten Posten berücksichtigt)
- ²⁴¹⁶ Adebahr, Günter (ehemaliger Leiter der Tonkopffertigung), pers. Mitteilung an Gerhard Kuper
- ²⁴¹⁷ Schießler, Hans, Neuere Untersuchungen und Betriebserfahrungen auf dem Gebiete der magnetischen Schallaufzeichnung, R.T.I. Mitteilungen des Rundfunk-Technischen Instituts Nr. 1 1950 (Januar - Februar)
- ²⁴¹⁸ N. N., AEG-Magnetophon-Gerätebau, Protokolle von Fabrikations- und technischen Besprechungen der AEG-Magnetophon-Gerätebau, Werk Hamburg, Notiz vom 1949-08-06, DTMB AEG 03168
- ²⁴¹⁹ Schüller, Eduard, Neues Magnetophon-Laufwerk T 9, RTI Mitteilungen des Rundfunk-Technischen Instituts Nr. 8, Seite 49-51, 1951-01-16
- ²⁴²⁰ N. N., RTI Nürnberg, Beschluß (Vorläufige Fassung) - VI. Vollversammlung CCIR - Dokument Nr. 428, 1951-06-25, BASF SE UA
- ²⁴²¹ Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- ²⁴²² Brandt, Hans und Schüller, Eduard, Filterhebelanordnung bei den Laufwerken von Magnetbandgeräten, Patent DE 946 014, angemeldet 1952-10-26
- ²⁴²³ N. N., Arbeitsmappe des NWDR zum R 69, mehrere Briefe, Meßprotokolle, Konstruktionsvorschläge, Besprechungsprotokolle, AST (Arbeitsgruppe Sammlung Technikgeschichte des NDR)
- ²⁴²⁴ Queda, Gerhard (Radio Bremen), Umbau von T 8u-Laufwerken, 1956-02-24
- ²⁴²⁵ N. N., Arbeitsmappe des NWDR zum R 69, mehrere Briefe, Meßprotokolle, Konstruktionsvorschläge, Besprechungsprotokolle, AST (Arbeitsgruppe Sammlung Technikgeschichte des NDR)
- ²⁴²⁶ N. N., Arbeitsmappe des NWDR zum R 69, mehrere Briefe, Meßprotokolle, Konstruktionsvorschläge, Besprechungsprotokolle, AST (Arbeitsgruppe Sammlung Technikgeschichte des NDR)
- ²⁴²⁷ N. N., Arbeitsmappe des NWDR zum R 69, mehrere Briefe, Meßprotokolle, Konstruktionsvorschläge, Besprechungsprotokolle, AST (Arbeitsgruppe Sammlung Technikgeschichte des NDR)
- ²⁴²⁸ Kuper, Gerhard, Gespräche mit Heinz Neumann (ehemaliger Mitarbeiter aus Wedel, vom Service Hamburg, Konstanz)
- ²⁴²⁹ T 9-Prospekt der AEG sowie Prospektblatt der AEG, April 1953
- ²⁴³⁰ Neumann, Heinz, Kursus M 10, Notizensammlung für die Kundensschulung, o.D.
- ²⁴³¹ Gipp, Dietrich (Mitarbeiter von Telefonken von 1958 bis 1992), Interview mit Friedrich Engel, 2004-03-17

Nationale und internationale Magnetton-Märkte

- ²⁴³² Leubner, Adolf, Geschichte der Magnetton-Herstellung in Leverkusen, Agfa Aktiengesellschaft, Band II b. S. 220 bis 227; o.D. (ca. 1959/1960)
- ²⁴³³ Jarczyk, Franz Christian, Herstellung und Verkauf der Genotonbänder und –Folien vom 1.1.1949 bis zum 31.12.1955, 1955-12-14
Hauptquelle für die Darstellung in den folgenden beiden Absätzen sind die Abschluss-Berichte, die Dipl.-Ing. Franz Christian Jarczyk Ende 1955, kurz vor der Einstellung der Magnetbandfertigung bei Anorgana Gendorf, geschrieben und F.E. in Kopie zugänglich gemacht hat. Diese Dokumente erlauben, zusammen mit dem geringen Bestand des Unternehmensarchivs in Sachen Gendorf, die wichtigsten Etappen der Fertigung in der vierten Magnetbandfabrik (nach Ludwigshafen, Aschbach und Wolfen) umfassend zu belegen.
- ²⁴³⁴ Kleber, Hermann (BASF Patentabteilung), Niederschrift über die Rücksprache mit Anorgana Gendorf vom 13. September 1948, 1948-09-16, BASF SE UA A 866 und B4 1749
- ²⁴³⁵ Pflaumer, Karl, Grebe, N. N., Brief an Anorgana, Gendorf, 1947-01-10, BASF SE UA B4 / 1690, B4 / 1749 und B 4 / 1779
- ²⁴³⁶ Hauptquelle für diesen Abschnitt ist der (mit Anlagen achtseitige) Brief von Dilthey, Günther, an M. Bouvot, Francfort, via Administration Française de la BASF, 1951-01-25, BASF SE UA B4 1690
- ²⁴³⁷ Dilthey, Günther, Aktennotiz: Verhandlungen mit Anorgana Gendorf am 29. Oktober 1948, 1948-11-02, BASF SE UA B4 / 1749 und A 866
- ²⁴³⁸ BASF, Rechtsabteilung (?), Brief an Mr. Mopin, Control-Officer of IG-Farben ..., Frankfurt, 1948-09-30, BASF SE UA B4 1779
- ²⁴³⁹ Seiberth, Hans, Aktennotiz: Prüfung eines amerikanischen Magnetophonbandes, 1948-02-23, BASF SE UA P 916.2
- ²⁴⁴⁰ Jarczyk, Franz Christian, Herstellung und Verkauf der Genotonbänder und –Folien vom 1.1.1949 bis zum 31.12.1955, 1955-12-14
- ²⁴⁴¹ N. N., Anorgana Gendorf, Prospekt „Genoton – der Tonträger für die magnetische Schallaufzeichnung“, o.D. (ca. 1952), Smlg Engel
- ²⁴⁴² Jarczyk, Franz Christian, Notiz: Herstellung und Verkauf der Genotonbänder und –Folien vom 1.1.1949 bis zum 31.12.1955, 1955-12-14
- ²⁴⁴³ Kleber, N. N., Niederschrift über die Besprechung mit Anorgana Gendorf vom 5. August 1953, 1953-08-18, BASF SE UA P 919 [Mgphbd]
- ²⁴⁴⁴ N. N., Anorgana Gendorf, [Offizielle Mitteilung über Verkauf der Anorgana an den Bayerischen Staat], 1953-04-22, BASF SE UA B4 / 1749
- ²⁴⁴⁵ Jähne, Friedrich, Dr.-Ing. Dipl.-Ing., Brief an Prof. Dr. Wurster, Ludwigshafen, 1953-04-27, BASF SE UA B4 / 1749
- ²⁴⁴⁶ Kleber, Hermann (BASF Patentabteilung), Aktennotiz: Betr. Anorgana Gendorf / Besprechung vom 30. September 1953, 1953-10-01, BASF SE UA P 919 [Mgphbd]
- ²⁴⁴⁷ Kleber, Hermann, Aktennotiz: Anorgana Gendorf / Besprechung vom 24. September 1953, 1953-09-25, BASF SE UA P 919 [Mgphbd]
- ²⁴⁴⁸ BASF (Rechtsabteilung?), Hauptvertrag zwischen BASF und Anorgana [Entwurf], 1953-10-08, BASF SE UA P 919 [Mgphbd]
- ²⁴⁴⁹ Pflaumer, Karl, [Interner Brief an] Dir. Dr. [Herrmann] Kleber, 1954-02-02, BASF SE UA B4 / 1691 und P 919 [Mgphbd]
- ²⁴⁵⁰ Kleber, Hermann und Wurster, Carl, Brief an Anorgana Gendorf (Dir. Dr. Huttner), 1954-02-15, BASF SE UA B4 / 1691 und 1749 sowie P 919 [Mgphbd]
- ²⁴⁵¹ Kühn, N. N. (BASF, Patentabteilung), Protokoll über eine Besprechung am 19. Oktober 1954 betr. Magnetophonband / ANORGANA, Gendorf, 1954-10-22, BASF SE UA P 919 [Mgphbd]. Teilnehmer: Wurster, Timm, Bülow, Freisenhner, Grebe, Kollek, Krieger, Ludwig, Fikentscher, Pistor, Saftien, Kühn
- ²⁴⁵² So bezog z.B. 1954 EMI (Electrical Musical Instruments Ltd., Hayes, Middlesex, GB) seit etwa 1953 (Quelle: N. N. (EMI), Urgent Recommendation from Magnetic Tape Development Committee, 1953-02-05, BASF SE UA B4 / 1691) laufend Luvitherm-Folien für ihre eigene Magnetbandproduktion (Quelle: N. N. (Kü/Tg, BASF Lu, Patentabteilung), Protokoll über eine Besprechung am 19. Oktober 1954 betr. Magnetophonband / ANORGANA, Gendorf, 1954-10-22, BASF SE UA P 919 [Mgphbd]). Die englische Firma MASTER'S SOUND soll 1956 Genotherm-Folie für Magnetband verwendet haben, das Grundig-England abnahm (Quelle: N. N. (Kü/Gü), BASF Lu, Patentabteilung, Besprechungsbericht mit Minnesota Mining & Manufacturing Company Ltd., St. Paul, 1956-07-19, BASF SE UA B4 / 1795)
- ²⁴⁵³ Krieger, N. N. (Direktor bei BASF), Brief an Dir. Thies, Farbwerke Hoechst, 1954-11-11, BASF SE UA P 919 [Mgphbd]
- ²⁴⁵⁴ Der folgende Abschnitt basiert (außer auf den in Einzelnachweisen genannten Dokumenten) auf folgenden Quellen:
- Krones, Friedrich, Agfa Magnetton-Abteilung, in: Berger, Heinz (Hrsg.), Geschichte der Agfa Aktiengesellschaft in Leverkusen, o.D. (ca. 1966)
 - Leubner, Adolf, Geschichte der Magnetton-Herstellung in Leverkusen, Agfa Aktiengesellschaft, Band II b. S. 220 bis 227; o.D. (ca. 1959/1960), Firmenarchiv Bayer, Leverkusen
 - Müller, Rudolf, On improvements of magnetic tape shown by measurements on early and newer tapes, JAES Volume 36 Number 10 pp. 802 ff., October 1988
 - Müller, Rudolf; History of Magnetic Film Transports, Magnetic Films and First Measuring Results of a New Type of Magnetic Film; Agfa-Gevaert Magnetbandwerk München, November 1987
 - Thiele, Heinz; Historie der Magnetbandtechnologie im Hause Agfa, Interview mit Drs. Eichler, Brück, Krones und Harz, Leverkusen, 1983-10-14 (Umschrift der Tonbandaufzeichnung von F.E.)
 - Vogelsang, Hans-Jochen, In Memoriam Friedrich Krones, JAES No. 9, 1986 September, p. 763
- ²⁴⁵⁵ Braband, AEG Hamburg, Aktennotiz [Besuch Engelhardt und Stand Magnetbandfertigung Leverkusen], 1947-10-01, AEG-Archiv / Smlg Thiele

- ²⁴⁵⁶ Zimmermann, Paul (BASF Lu, Patentabteilung), Aktennotiz: Verhandlung am 8.4.49 mit Leverkusen betreffend die Rechts- und Patentlage auf dem Magnetophongebiet gegenüber der AEG auf Grund der bisher bestehenden Abmachungen, 1949-04-12, BASF SE UA B4 / 1690
- ²⁴⁵⁷ Thiele, Heinz; Historie der Magnetbandtechnologie im Hause Agfa, Interview mit Drs. Eichler, Brück, Krones und Harz, Leverkusen, 1983-10-14
- ²⁴⁵⁸ Arledter, Hanns, Tonträger, DE 814 225, angemeldet 1948-11-30, ausgegeben 1951-09-20: Ferromagnetische Pulver in Filmbildner (PVC, Acetylcellulose) einzurühren erfordert Lösungen niedriger Viskosität und dementsprechend große Mengen Lösungsmittel. Die erfindungsgemäßen Bindemittel sind niedrigviskos, reagieren aber miteinander und liefern „hochmolekulare Stoffe von ausgezeichneten mechanischen und elektrischen Eigenschaften (1-30 ff.) sowie hohe Haftfestigkeit „auf jeder in Frage kommenden Unterlage“ (2-10 f.). Die Folie muss nicht angequollen werden, denn „hierbei ergaben sich bei der Verdampfung des Lösungsmittels und der Entquellung der Gele unerwünschte Schrumpfungen und Flächenveränderungen der Trägerfolien“ (2-34 ff.). Die erfindungsgemäßen Bänder sind „spannungsfrei und (ergeben) somit vollkommen flachliegende Bänder“ (2-91 ff.). Das Patent beschreibt somit aus Leverkusener Sicht diverse Probleme des Ludwigshafener Gießverfahrens und Ursache möglicher Qualitätsschwankungen.
- ²⁴⁵⁹ Singhoff, Werner, Die Geschichte des Agfa-Magnetbandes, unveröff. Manuskript, Mai 2006
- ²⁴⁶⁰ Robl, Rudolf, Aktennotiz [Reiseberichte: NWDR Köln, Film-Union Remagen], 1949-08-08, BASF SE UA P 916.2
- ²⁴⁶¹ Leubner, N. N., Geschichte der Magneton-Herstellung in Leverkusen, Agfa Aktiengesellschaft, Band II b. S. 220 bis 227; o.D. (ca. 1959/1960)
- ²⁴⁶² Robl, Rudolf, und Seiberth, Hans, Aktennotiz: Besuch Gondesens (NWDR) und Enkel (Sender Köln), 1949-03-24, BASF SE UA P 916.2
- ²⁴⁶³ Zimmermann, Paul (BASF Lu, Patentabteilung), Aktenvermerk: Besuch Dr. Schmidt, AEG-Patentbüro, 1949-03-28, BASF SE UA B4 / 1690
- ²⁴⁶⁴ Rundfunktechnisches Institut, seit 1949 in Nürnberg, Nachfolger der Rundfunktechnischen Zentrale Bad Homburg v.d.H.
- ²⁴⁶⁵ N. N., Normal- und Testband 1950 R 71, Braunbuchbeschreibung, 1950-10-16
- ²⁴⁶⁶ Diltthey, Günther, Aktennotiz: Magnetophon – Verhandlungen mit AEG am 28.2.1950, 1950-03-01, BASF SE UA B4 / 1690
- ²⁴⁶⁷ Die Schreibweise „Magneton“ statt „Magnet-ton“ findet sich als Schreibfehler bereits in frühen Dokumenten, z.B.
- AEG (Theo Volk), Notiz „Brauchbarkeit der von I.G. versuchsweise hergestellten Magnetonbänder“, 1932-12-22
 - Ambros, Otto (I.G. Lu), Notiz „Zusammenarbeit mit der AEG auf dem neuen Gebiete der Herstellung von Magnetonbändern“, 1932-12-30
 - Ambros, Otto, Notiz an Patent-Abteilung Ludwigshafen, 1933-10-31, BASF SE UA P 911 [Fabrikation Lu]
 - Popp, NN, Notiz Besprechung am 29. Juni 1934 über Magnetonbänder, 1934-07-02, BASF SE UA P 912 [5502]
 - Matthias, Friedrich, Aktennotiz betr. Alterung der Magnetophonbänder, 1935-05-23, BASF SE UA P 911 [Fabrikation Lu]
- Vergleiche die beiden Drucksachen
- N. N., Farbenfabriken Bayer / Agfa-Photoverkauf, Broschüre „Agfa Magnetophonband“, o.D. (gestempelt 1950-07-29), Bayer-Archiv Leverkusen
- N. N., Farbenfabriken Bayer / Agfa-Magnetonverkauf, Broschüre „Agfa Magnetonband“, o.D. (1951-04?), gestempelt „9. Aug. 1951“, Bayer-Archiv Leverkusen
- ²⁴⁶⁸ Orlich, Heinz (Universum Film), Brief an Dr.-Ing. Martin Ulner, 1951-07-16, Smlg Orlich
- ²⁴⁶⁹ N. N., Agfa Magnetonband, Verkaufsprospekt der Farbenfabriken Bayer / Agfa-Magnetonverkauf, o.D. (1951-04?), gestempelt „9. Aug. 1951“, Bayer-Archiv Leverkusen (betrifft Magnetonband FS)
- ²⁴⁷⁰ N. N., Anzeige „Agfa Magnetonband FSP / Nun ist es da ...“, FUNKSCHAU 1954, Heft 10, Seite 207
- ²⁴⁷¹ Pflaumer, Karl, [Interner Brief an] Dir. Dr. Kleber, 1954-02-02, BASF SE UA B4 / 1691 und P 919 [Mgphbd]
- ²⁴⁷² Krones, Friedrich, Die magnetische Schallaufzeichnung in Theorie und Praxis (Sonderausgabe der Monatsschrift Radiotechnik / Radio-Amateur), Technischer Zeitschriftenverlag B. Erb, Wien, 1952-01
- ²⁴⁷³ Thiele, Heinz: Interview mit Drs. Friedrich Bergmann und Hans Seiberth, Ludwigshafen, 1982-07-22
- ²⁴⁷⁴ Winkel, Fritz (Hrsg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960
- ²⁴⁷⁵ Der Neubeginn 1946 und die Entwicklung der Magnetbandfabrikation in Wolfen sind erstmals von Ehrhard Finger dokumentiert worden (Finger, Ehrhard, *Die Geschichte des Magnetbandes und die Filmfabrik Wolfen* in: Die Filmfabrik Wolfen, Hrsg. Industrie- und Filmmuseum Wolfen e.V., 2000-05-01). Die hier gegebene Darstellung folgt weitgehend dem Abschnitt *Die Produktion magnetischer Informationsmaterialien in Wolfen und Dessau nach dem 2. Weltkrieg*.
- ²⁴⁷⁶ Mullin, John T., The Birth Of The Recording Industry; Billboard, 1972-11-18, p. 58 ff., 77, 79; bestätigt auch in:
- Pflaumer, Karl, Brief an Bruno Woelke, Gefrees, 1946-06-27, BASF UA P 916.2 („Wir beziehen uns auf den Besuch Ihres Herrn Dipl. Ing. Wölke mit Herrn Oberst Ranger bei dem Linksunterzeichneten in Hartenrod am 22.6.46...“)
- ²⁴⁷⁷ White, D. R. und Rose, C. E., Report on Interviews with Technical Personnel From the AGFA Plant At Wolfen, FIAT Final Report No 355 (PB 1312), 1945-08-08...11
- ²⁴⁷⁸ N. N., Magnetbänder von ORWO, Funkamateure Nr. 8, 1970, S. 373
- Schulze, Hajo, Magnetbänder aus Wolfen, Typ CPR 50, <http://hajoschulze.de/orwo/typ/cpr50.htm> [2007-08-06]
- ²⁴⁷⁹ N. N., VWD-Video-Ticker, News 0109 29, 1991-09-01, BASF SE UA Lektoratsordner 41
- ²⁴⁸⁰ Weinkopf, Ruth, Schatten der Vergangenheit, Mannheimer Morgen, 1996-08-21;
- Schubarth, Kay-Oliver, BASF-Magnetics-Käufer Raks: Desaster in Dessau, Mittelbadische Presse, 1996-08-20;
 - Mulke, Wolfgang, Enttäuschung in Dessau: Mit Raks kam der Konkurs, Badische Zeitung, 1996-08-23
- ²⁴⁸¹ Koeppel, Eberhard, Abriss der MBF Dessau, URL: <http://www.eberhard-koeppe.de/edv/mbf1.html> [2005-07-07]
- ²⁴⁸² Finger, Ehrhard, Die Produktion magnetischer Informationsmaterialien in Wolfen und Dessau nach dem 2. Weltkrieg, in: Die Filmfabrik Wolfen, Hrsg. Industrie- und Filmmuseum Wolfen e.V., 2000-05-01
- ²⁴⁸³ White, D. R. und Rose, C. E., Report on Interviews with Technical Personnel From the Agfa Plant At Wolfen, FIAT Final Report No 355 (PB 1312), 1945-08-08 – 11
- ²⁴⁸⁴ Gill, Manfred und Löhnert, Peter, The Relationship of IG Farben's Agfa Filmfabrik Wolfen to its Jewish Scientists and to the Scientists married to Jews between 1933 and 1939 [Center for German and European Studies, University of California at Berkeley], URL: <http://www.ciaonet.org/wps/gim01/> [Google Archive, 2003-02-09]
- ²⁴⁸⁵ Meyer, K., Dokumentation 31 vom 1963-10-17: Geschichte der Magnetbandfabrikation in der Filmfabrik 1943 – 1963, Wissenschaftliche Bücherei der Filmfabrik (Wolfen)
- ²⁴⁸⁶ Lübeck, Heinz, Auszüge aus einem Reisebericht vom 23.3. bis 9.4.1947, 1947-04-29, DTMB AEG 03551
- ²⁴⁸⁷ Zimmermann, Paul (Patentabteilung), Brief an Herrn Direktor Renault (?), 1948-12-10, BASF SE UA B4 / 1690
- Seiberth, Hans und Robl, Rudolf, Aktenvermerk: Magnetophonbandlieferungen an die Radiodiffusion Paris, 1949-10-27, BASF SE UA P 916.2
- ²⁴⁸⁸ Die entsprechenden Dokumente finden sich in Konvolut BASF SE UA B4 / 1686
- ²⁴⁸⁹ N. N. (BASF Patentabteilung), Aktenvermerk [Auslandspatentierung Magnetogramme], 1950-08-31, BASF SE UA B4 / 1690
- ²⁴⁹⁰ Weber, P. H., Untersuchung von Magnetbändern, die für eine Bandgeschwindigkeit von 15"/sec. (38 cm/sec.) geeignet sind Technische Mitteilungen der PTT, Bern, Heft 10, Seite 382 (1950), BASF SE UA P 916.2
- ²⁴⁹¹ Gilson, Ray, MMIS What's New Archives / In the Beginning; URL: <http://mmislueck.com/Archives/0201.htm> [2003-04-04]
- ²⁴⁹² Crawford, J.W.C., Wooler J. und Berth-Jones, E.W., Plastics in German Sound Recording Systems, BIOS Final Report No. 1379: o.D., (ca. 1946-07)
- ²⁴⁹³ N. N. (EMI), Urgent Recommendation from Magnetic Tape Development Committee, 1953-02-05, BASF SE UA B4 / 1691
- N. N. (Ku/Tg, BASF Lu, Patentabteilung), Protokoll über eine Besprechung am 19. Oktober 1954 betr. Magnetophonband / ANORGANA, Gendorf, 1954-10-22, BASF SE UA P 919 [Mgphbd]
- ²⁴⁹⁴ Dobritz, Walter, Magnetophonband BASF [Gesichtspunkte für Export], 1951-11-09, BASF SE UA P 917
- ²⁴⁹⁵ Erpe sen., Bandopname ein bandopname apparatur, U.M. de Muiderkring, Bussum-Holland, o.D. (ca. 1952)
- ²⁴⁹⁶ Trainer, Ludwig, Die Tonbandindustrie in Deutschland und in der Welt, 1962-11-27, BASF SE UA P 909.1
- ²⁴⁹⁷ N. N. (Kuro-Dr. OI/Dri., BASF Aweta), Aktennotiz Besprechung am 20.2.1953 betr. Magnetophonband BASF, 1953-03-10, BASF SE UA P 917
- ²⁴⁹⁸ N. N. (Verkaufsabteilung K / Magnetophonband-Gebiet), Vertreter-Konferenz / Magnetophonband-Gebiet / Verkaufsabteilung K / Ludwigshafen/Rhein, 22. und 23. März 1955, 1955-03-22, BASF SE UA P 907.5
- ²⁴⁹⁹ Trainer, Ludwig, Die Tonbandindustrie in Deutschland und in der Welt, 1962-11-27, BASF SE UA P 909.1

- ²⁵⁰⁰ Archiv F.E. (Magnetband aus der Sammlung von Sean Davies, Aylesbury, GB)
- ²⁵⁰¹ N. N. (BASF Lu, Patentabteilung), Aktenvermerk: Magnetophonband BASF; Armour Research ... contra Grundig, 1956-06-19, BASF SE UA B4 / 1691
- ²⁵⁰² McCumber, Robert E., „Scotch“ Sound Recording Tape, Prospekt der 3M, 1947-08-26
- ²⁵⁰³ Eilers, Delos, 3M Audio Open Reel Tapes, AES Historical Committee Website, URL: <http://www.aes.org/aeshc/3mtapedoc.html> [2008-05-13]
- ²⁵⁰⁴ N. N. (Löwenberg, Gustav?), Notiz [Magnetische Messungen an Magnetbändern mit Hilfe eines Magnetometers], 1952-08-29, BASF SE UA P 923
- ²⁵⁰⁵ Dobritz, Walter (BASF, Verkauf Abtl. KL), Besuchsbericht AEG Magnetophongerätebau, Hamburg 27, Billhorner Canalstr. 13 (Dr. Schepelmann), 1952-04-08, BASF SE UA B4 / 1690
- ²⁵⁰⁶ Krones, Friedrich (Wiener Radiowerke AG.), Brief an Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen, 1952-10-23, BASF SE UA P 924
- ²⁵⁰⁷ Ranger, Richard H., Further Studies In Magnetophones And Tapes, FIAT Final Report No. 923 (PB 79558), p. 2, 1947-05-13
- ²⁵⁰⁸ Pflaumer, Karl, Brief an D.I. Wölke <sic>, (13a) Gefrees, 1946-06-27, BASF SE UA P 916.2 („Wir beziehen uns auf den Besuch Ihres Herrn Dipl. Ing. Wölke mit Herrn Oberst Ranger bei dem Linksunterzeichneten in Hartenrod am 22.6.46“ ...)
- ²⁵⁰⁹ Thiele, Heinz, Vom Ursprung der Amateur-Tonbandgeräte, FUNKSCHAU 1979 H. 22 S. 1306, 1979-11-15
- ²⁵¹⁰ Woelke, Bruno, Verfahren und Einrichtung zur Erweiterung der Dynamik bei magnetischer Schallaufzeichnung und Wiedergabe, Patent DE 877 203, angemeldet 1944-02-22, ausgegeben 1953-05-21 (siehe insbes. 1-15)
- ²⁵¹¹ Woelke, Bruno, Magnetkopf zur Aufnahme und Wiedergabe von Magnetogrammen, DE 973 764, angemeldet 1948-11-06, ausgegeben 1960-06-02. Mit diesem Patent weitgehend inhaltsgleich ist das am 1948-11-12 eingereichte Schweizer Patent 274 288, das als Erfinder jedoch Karl Alexander Egerer in Österreich und André Dewald und Sohn AG., Zürich, nennt. Diese Patentschrift wurde übrigens schon am 1951-06-16 veröffentlicht. Ein Karl Alexander Egerer erscheint zuvor auf mehreren Patenten als Miterfinder, die die Firma Loewe-Opta angemeldet hat. Der evtl. Zusammenhang war nicht aufzuklären.
- ²⁵¹² Woelke, Bruno, Laufwerksanordnung für den Transport von Tonaufzeichnungsträgern, DE 864 930, angemeldet 1949-10-18, Anmelder: Loewe Opta A.G., Berlin-Steglitz
- ²⁵¹³ Ihle, Max, Woelke, Bruno et al., Magnetkopf für bandförmige Magnettonträger, DE 899 564, Anmelder Max Ihle, angemeldet 1951-10-28, ausgegeben 1953-12-14 (eine besonders fertigungsfreundliche Ausführungsform des Magnetkopfs nach DE 973 764)
- ²⁵¹⁴ N. N., Phono-Rex von Max Ihle 2, URL: www.tobandwelt.de/big/86.htm [2003-05-06]
- ²⁵¹⁵ Goebel, Gerhard, [Referat über die] Schallspeicherungs-Tagung im Femmeldetechnischen Zentralamt, FTZ 1951 Nr. 01 S. 39. Lfd. Nr. 5, 1951-01-01
- ²⁵¹⁶ Pers. Mitteilung Hans Joachim Röhrs, München, Juli 2004
- ²⁵¹⁷ Austerlitz, Irene (Austerlitz Electronic GmbH, Nürnberg), Mitteilungen an Hans Joachim Röhrs, München, vom 2002-10-08 und 2002-10-15. – Im gleichen Sinn: Naumann, N. N. (AEG Patentbüro), Brief an Hans Joachim von Braunmühl, 1951-01-09, DTMB AEG 04407: „Firma Max Ihle, Apparatebau, ist quasi die verlängerte Werkbank von Opta ... baut Ferrophongeräte nach unseren Informationen ... im Werklieferungsvertrag für die Loewe-Opta ...“
- ²⁵¹⁸ Pers. Mitteilung von Fritz Lösche, Bayreuth, an Hans-Joachim Röhrs, München, Juli 2003
- ²⁵¹⁹ N. N., Zum Tode Max Grundigs [1989-12], Fono-Forum 2/1990, 1990-02-01, Seite 110 f.
- ²⁵²⁰ N. N., Fünf Millionen Grundig-Geräte, FUNKSCHAU 1957 H. 22 S. 1008, 1957-11-15
- ²⁵²¹ Bier, Kurt, Patent DE 971 215 "Tonbandgerät", pat. 1951-06-09, ausg. 1959-01-29
- ²⁵²² BASF Ludwigshafen, Patentabteilung Z/T (gez. Pflaumer, Freisenheiner), Aktenvermerk: Besprechung mit der Firma Grundig, Fürth, ... am 31. Mai 1951 in Ludwigshafen, 1951-06-04, BASF SE UA B4 / 1690
- ²⁵²³ Kirchner, Alfred, Die ersten Geräte aus „der Welt größten Tonbandgeräte-Fabrik“, Funkgeschichte Nr. 113 (1997), S. 133 bis 138
ders., persönl. Mitteilungen, 2003-05-05 ff.
Büschler, Gustav, Magnetton-Geräte, Elektrotechnische Zeitschrift Ausg. B, Band 4, Heft 11, S. 321 – 325, 1952-11-21
- ²⁵²⁴ N. N. (Grundig), Stellungnahme zu einem Beitrag „Duobänder auf älteren Tonbandgeräten“, FUNKSCHAU 1963, Heft 5, Seite 129, 1963-03-01
- ²⁵²⁵ N. N., Die neuen Größen, DER SPIEGEL, 1958-01-15 Seite 18 ff.
- ²⁵²⁶ Dobritz, Walter (BASF, Verkauf Abtl. KL), Besuchsbericht AEG Magnetophongerätebau, Hamburg 27, Billhorner Canalstr. 13 (Dr. Schepelmann), 1952-04-08, BASF SE UA B4 / 1690
- ²⁵²⁷ Beispiele und Hinweise:
Zimmermann, Paul, Aktenvermerk: Magnetophon; Besprechungen mit AEG am 14. und 15. Juni 1949, BASF SE UA B4 / 1690, 1949-06-20
BASF Ludwigshafen, Patentabteilung Z/T (gez. Pflaumer, Freisenheiner), Aktenvermerk: Besprechung mit der Firma Grundig, Fürth, ... am 31. Mai 1951 in Ludwigshafen, 1951-06-04, BASF SE UA B4 / 1690
- ²⁵²⁸ Dobritz, Walter, AEG und Telefunken auf dem Tonbandgebiet, 1957-01-16, BASF SE UA P 923
- ²⁵²⁹ N. N., Kurznotiz in FUNKSCHAU 1954, Heft 24, Seite 512
- ²⁵³⁰ Bach, Franz, Tonbandgeräte, FUNKSCHAU 1955 Heft 9 Seite 182, 1955-05-01
- ²⁵³¹ N. N., Fünf Millionen Grundig-Geräte, FUNKSCHAU 1957 H. 22 S. 1008, 1957-11-15
- ²⁵³² Röhrs, Hans Joachim, pers. Mitteilungen auf Basis ausführlicher Gespräche mit ehemaligen Ihle-Mitarbeitern
- ²⁵³³ Fischelmayer, Heinrich (Grundig AG), Interview mit Heinz Thiele, 22.06.1982-06-22, SDTMB, Nachlass Heinz Thiele (Transkription einer Tonbandaufzeichnung in TAK_001_602_Dokumentation.pdf)
- ²⁵³⁴ Pieplow, Hanswerner (Grundig AG), Magnetic Recording Standards and Signal-to-Noise-Ratio, Kurzbiographie des Autors, JAES Volume 18 Issue 6 pp. 648-650; December 1970
- ²⁵³⁵ N. N., Neue Tonbandgeräte-Spezialfabrik von Grundig, FUNKSCHAU 1962 / Heft 7 Seite 359, 1962-04-01
- ²⁵³⁶ Trainer, Ludwig und Seiberth, Hans, Magnetophonband BASF, Entwicklungsstand und Aussichten / Magneto-phonband BASF im Wandel der Zeit, Pressemitteilungen der BASF AG, 1961-06-24
- ²⁵³⁷ N. N., BASF Verkauf K 3, Bericht über die Arbeitstagung für MAGNETOPHONBAND BASF Ludwigshafen am Rhein, 22. bis 25.4.1958, Referat Löwenberg, S. 70 ff., BASF SE UA P 907.5
- ²⁵³⁸ Tape Recording and HiFi Year Book, Print & Press Services, London, 1961
- ²⁵³⁹ Seiberth, Hans, M-Gruppe Prüfung und Anwendungstechnik, Technische Information Nr. 43: Tabellarische Zusammenfassung der wichtigsten Heimtonbandgeräte, Stand Jahresende 1967, 1968-01-30
• BASF Aktiengesellschaft (M-Verkauf + AT), avi / audio- und video-information Nr. 30 / Tonbandgeräte-Übersicht, BASF SE UA P 929
- ²⁵⁴⁰ N. N., Kampfansage, Stuttgarter Zeitung, 1972-10-31, BASF SE UA Lektoratsordner 6
- ²⁵⁴¹ N. N., BASF Aktiengesellschaft, Jahresbericht Verkauf 1965, o.D. (angen. 1965-12-31), BASF SE UA T 002
- ²⁵⁴² Quellen:
[A] Trainer, Ludwig, Das Magnetophonband und sein Markt, Pressemitteilungen / Manuskripte „Magnetophonband-Jubiläum“, 1959-09-09, BASF P 909.61
[B] Warnke, E. F., Magnetophon 74, Radio Fernseh Phono Praxis (Vogel, Würzburg), undatierter Sonderdruck, ca. 1960-07-15
[C] Mooney, Mark Jr., The History Of Magnetic Recording, HiFi Tape Recording, Vol. 5 No. 4, Feb., 1958 pp 21-37
[D] N. N., Viel Neues für den Tonbandamateure, Südkurier, 1961-09-06, BASF SE UA P 909.5
[E] N. N., BASF Aktiengesellschaft, Informationsbrief des Verkaufs Nr. 12, 1963-12-01, BASF SE UA T 06
[F] N. N., BASF Aktiengesellschaft, Informationsbrief des Verkaufs Nr. 27 (Heft 3 – 1967), o.D. (ca. 1967-09-01), BASF SE UA T 06

BASF: Heimtonbänder (1953 bis 1969)

- ²⁵⁴³ Robl, Rudolf, [Internes Schreiben an] Verkauf K, 1953-01-13, BASF SE UA P 917
- ²⁵⁴⁴ N. N. (Dr. D/S, Rechtsabteilung), [Notiz für] Herrn Dr. Heintzeler: Magnetophonband-Besprechung am 29.12.1954, 1954-12-31, BASF SE UA B4 / 1692
- ²⁵⁴⁵ N. N. (Kuro-Dr. O/Dri., BASF Aweta), Aktennotiz Besprechung am 20.2.1953 betr. Magnetophonband BASF, 1953-03-10, BASF SE UA P 917
- ²⁵⁴⁶ Krones, Friedrich (Wiener Radiowerke AG.), Brief an Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen, 1952-10-23, BASF SE UA P 924
- ²⁵⁴⁷ Bergmann, Friedrich und Seiberth, Hans, Interview mit Friedrich Engel zur Magnetbandgeschichte, 1985-10-24
- ²⁵⁴⁸ Robl, Rudolf, [Internes Schreiben an] Verkauf K, 1953-01-13, BASF SE UA P 917
- ²⁵⁴⁹ N. N. (BASF, Verkaufsabteilung K), Protokolle: Vertreter-Konferenz, 1953-06-03, BASF SE UA T 03
- ²⁵⁵⁰ Löwenberg, Gustav, Aktennotiz: Magnetongeräte, 1953-10-20, BASF SE UA P 929
- ²⁵⁵¹ N. N., BASF Verkauf K 3, [Bericht über die] Arbeitstagung für MAGNETOPHONBAND BASF Ludwigshafen am Rhein, 22. bis 25.4.1958, Referat Merkel, S. 90 ff., 1958-04-22, BASF SE UA P 907.5
- ²⁵⁵² N.N. (BASF Pressestelle), BASF entwickelte tropfenfestes Magnetophonband, BASF SE UA Lektoratsordner 3, 1953-08-28
- ²⁵⁵³ N. N. BASF [Presseabteilung], Das tönende Band – Eine Pionierleistung der BASF, 1953-11-11, BASF SE UA Lektoratsordner 3
- ²⁵⁵⁴ Camras, Marvin (Armour Research Foundation), Magnetic Impulse Record Member, Magnetic Material and Method of Making Magnetic Material, U.S. Patent 2,694,656, 1947-07-25
- ²⁵⁵⁵ Löwenberg, Gustav, Aktennotiz: Magnetische Messungen an Magnettonbändern, 1952-10-29, BASF SE UA P 923
- ²⁵⁵⁶ Languepin, Jacques Emile Jules, Improved Sound Records, britisches Patent GB 355,669, angemeldet 1930-05-23, in Frankreich 1929-07-24
- ²⁵⁵⁷ N.N. (Siemens & Halske AG, Berlin), Verfahren zur Herstellung von Lautschriftträgern, Patent DE 587 916, angemeldet 1931-01-10
- ²⁵⁵⁸ N. N. (BASF Lu, Patentabteilung), Aktenvermerk: Magnetophonband BASF; Armour Research ... contra Grundig, 1956-06-19, BASF SE UA B4 / 1691
- ²⁵⁵⁹ Pflaumer, Karl, [Internes Schreiben an] Dir. Dr. Kleber, 1954-02-02, BASF SE UA B4 / 1691 und P 919 [Mgphbd]
- ²⁵⁶⁰ N. N., Jahresproduktion der Magnetophonband- und Luvitherm-Fabrik (1937 – 1949; 1950 – 1963, maschinen- und handschriftliche Tabelle o.D., ca. 1960, BASF SE UA P 923)
- ²⁵⁶¹ N. N., Jahresbericht der Verkaufsabteilung 1953, 1953-12-31, BASF SE UA T 002 Jahresberichte
- ²⁵⁶² N. N., Notiz „Das Typenprogramm der MAGNETOPHON-Bänder ist durch die Neuentwicklung: „Magnetophon-Langspielband BASF / Typ LGS“ erweitert worden ...“, „Die BASF“, 2/1954, 1954-02-01
- ²⁵⁶³ Pflaumer, Karl, [Internes Schreiben an] Dir. Dr. Kleber, 1954-02-02, BASF SE UA B4 / 1691 und P 919 [Mgphbd]
- ²⁵⁶⁴ Eilers, Delos, 3M Audio Open Reel Tapes, AES HC website, 2000
- ²⁵⁶⁵ N. N., Bericht über die Arbeitsbesprechung / Magnetophonband BASFam 27. und 28. 1.1960 in Frankfurt am Main, 1960-01-27, BASF SE UA P 907.5
- N. N., [Werbeanzeige] BASF – Ein neuer Tonträger für Fernsehen und Film / Magnetfilm PB, Rundfunktechnische Mitteilungen Heft 1/1960, Februar, 1960-02-01
- ²⁵⁶⁶ Krieger, N. N., [Internes Schreiben an] Dir. Dr. Kleber, 1954-02-02, BASF SE UA B4 / 1691 und P 919 [Mgphbd]
- ²⁵⁶⁷ Jacqué, Heinrich, [Internes Schreiben an] Hauptlabor / Luvithermlieferungen, 1954-05-20, BASF P 957
- ²⁵⁶⁸ N. N., BASF Verkauf K 3, [Bericht über die] Arbeitstagung für MAGNETOPHONBAND BASF Ludwigshafen am Rhein, 22. bis 25.4.1958, Referat Jacqué, Seite 97; 1958-04-22, BASF SE UA P 907.5
- ²⁵⁶⁹ Dobritz, Walter [Internes Schreiben an] Dir. Krieger (mit handschriftlicher Notiz Wurster), 1954-08-18, BASF SE UA P 920
- ²⁵⁷⁰ Knobloch, Hans, Entwurf / Besprechungsbericht am 2.9.1954 bei AWETA, 1954-09-08, BASF SE UA B4 / 1691. Terylen, heute als Markenname für Textilfasern bekannt, wurde seinerzeit auch als Bezeichnung für Folien verwendet. Die PE-Folie der Farbwerke Hoechst war später als Hostaphan bekannt.
- ²⁵⁷¹ Die Quellen gebrauchen z.T. den Markennamen Terylen, der jedoch eine von ICI gefertigte Faser bezeichnet; die ICI-Folie hieß Melinex. Hoechst fertigte Fasern als Trevira, Folien als Hostaphan. Du Pont benutzte Dacron für Fasern, Mylar für Folien. (N. N., BASF Verkauf K 3, [Bericht über die] Arbeitstagung für MAGNETOPHONBAND BASF Ludwigshafen am Rhein, 22. bis 25.4.1958, Referat Merkel, S. 90 ff., 1958-04-22, BASF SE UA P 907.5)
- ²⁵⁷² Winnacker, Thies, Farbwerke Hoechst, Brief an pp. Dr. Carl Wurster, Ludwigshafen, 1954-12-14, BASF SE UA P 919 [Mgphbd]
- ²⁵⁷³ Kühn, N. N. (BASF, Patentabteilung), Protokoll über eine Besprechung am 19. Oktober 1954 betr. Magnetophonband / ANORGANA, Gendorf, 1954-10-22, BASF SE UA P 919 [Mgphbd]. Teilnehmer: Wurster, Timm, Bülow, Freisenhner, Grebe, Kollek, Krieger, Ludewig, Fikentscher, Pistor, Saftien, Kühn
- ²⁵⁷⁴ N. N., Agreement between Minnesota Mining & Manufacturing Company and Badische Anilin- und Sodafabrik, 1957-03-29, BASF SE UA B4 / 1795
- ²⁵⁷⁵ Kleber, Herrmann (Direktor der BASF-Patentabteilung), Aktennotiz: Minnesota Mining & Manufacturing Company (MMM) ..., 1956-04-09, BASF SE UA B4 / 1795
- ²⁵⁷⁶ Eilers, Delos, 3M Audio Open Reel Tapes, AES HC website, 2000
- ²⁵⁷⁷ Pyzik, Friedrich, BASF-Magnetophonband G.m.b.H., 1954-12-15, BASF SE UA B4 / 1692
- ²⁵⁷⁸ N. N. (Dr. D/S, Rechtsabteilung), [Notiz für] Herrn Dr. Heintzeler: Magnetophonband-Besprechung am 29.12.1954, 1954-12-31, BASF SE UA B4 / 1692
- ²⁵⁷⁹ Dobritz, Walter, Notiz: Maßnahmen zur Vergrößerung des Tonband-Absatzes, 1954-12-28, BASF SE UA P 920
- ²⁵⁸⁰ N. N., [Protokolle der Referate anlässlich der] Vertreter-Konferenz / Magnetophonband-Gebiet / Verkaufsabteilung K / Ludwigshafen/Rhein, 22. und 23. März 1955, Referat Scharff, S. 45; 1955-03-22, BASF SE UA P 907.5
- ²⁵⁸¹ N. N., Tätigkeitsbericht des Baubetriebs Süd für das Jahr 1955, BASF SE UA R 102
- ²⁵⁸² Scharff, Helmut, Die neue Magnetophonband-Fabrik / Planung und Fabrikation, Die BASF, Heft 4, Oktober 1957, Seiten 162 und 167
- ²⁵⁸³ Thum, Helmut, [Internes Schreiben an] Magnetophonbandfabrik, 1964-07-31, BASF SE UA P 900
- ²⁵⁸⁴ N. N. (M-Gruppe / Magnetband-Fabrik Willstätt), Erweiterung der Produktionskapazität für Tonband, 1968-07-12, BASF SE UA P 920
- ²⁵⁸⁵ Schwan, N. N. (Verkaufsabteilung K 3), Luvitherm-Situation, 1955-06-15, BASF P 957
- ²⁵⁸⁶ Lange, Fritz, Chronik der Farben-Abteilung 1939 - 1960, S. 72 und 90, o.D. (ca. 1960), BASF SE UA J 1201
- ²⁵⁸⁷ K.T. (Tetzner, Karl), Vier Tonspuren auf Normalband, FUNKSCHAU 1958 Heft 19 Seite 483, 1958-10-01
- N. N., A brief history / Production detail of recorders (Zeittafel), http://sportsbil.com/tandberg/tandberg_Story.htm (Zugriff 2019-07-07)
- ²⁵⁸⁸ vergleiche dazu die Leserbrief-Diskussion in der FUNKSCHAU, beispielsweise FUNKSCHAU 1959, Heft 18, Seite 892: „Stampft scheunigst die Stereo-Schallplatten ein!“, wo gleichzeitig von Qualitäts-Wiedergabe von Magnetbändern der RCA berichtet wird
- ²⁵⁸⁹ N.N. (Siemens & Halske AG, Berlin), Verfahren zur Herstellung von Lautschriftträgern, Patent DE 587 916, angemeldet 1931-01-10,
- ²⁵⁹⁰ Lathman, William S., A Full Track, Stereophonic, Magnetic Record-Reproduce Head, AES preprint No. 113, presented at the 11th Annual Meeting, October 5-9, 1959
- ²⁵⁹¹ Tetzner, Karl, Vier Spuren auf Normalband, FUNKSCHAU 1958, Heft 19, Seite 438.
- Heidt, Gary M., The Museum Of Sound Recording Timetable, URL: <http://www.lovesphere.org/mosr/timetable.shtml> [2003-12-01]
- ²⁵⁹² Schießler, Hans, Vergleich der Schallaufzeichnungsverfahren, ETZ 1952 Nr. 11 S. 366, 1952-06-01
- ²⁵⁹³ N. N., Werbeanzeige der BASF: Sein Typ ist LGS ...; FUNKSCHAU 1954, Heft 19, Seite III, 1954-10-01, ebenso FUNKSCHAU 1954, Heft 23, Seite III, 1954-12-01
- ²⁵⁹⁴ N. N., Technische Daten von Magnetton-Heimgeräten, FUNKSCHAU 1957, Heft 13, Seite 358-359 (nur Heimtongeräte)
- ²⁵⁹⁵ N. N., Das neue Telefunken-Magnetophon KL 65 X, FUNKSCHAU 1958, Heft 5, Seite 123. Der Bericht nennt bezeichnender Weise weder Gleichlaufschwankungs- noch Dynamikwerte
- ²⁵⁹⁶ Pade, K., Tonstudio-Technik Ausstellung in Berlin (Magnetkopf der Firma Wolfgang Bogen, Berlin), FUNKSCHAU 1957 H. 9 S. 226, 1957-05-01
- ²⁵⁹⁷ Tetzner, Karl, Halbte Bandgeschwindigkeit?, FUNKSCHAU 1957 H. 5 S. 175, 1957-03-01

- 2598 N. N., Eine halbe Million Tonbandgeräte in Großbritannien, FUNKSCHAU 1957, Heft 9, Seite 226
- 2599 Friedrich, H., Schallaufzeichnung und Elektroakustik, FUNKSCHAU 1957, Heft 11, Seite 283
- 2600 N. N., Bandkosten abermals halbiert!, Anzeige der Telefunken G.m.b.H., FUNKSCHAU 1959, Heft 11, Seite 510, 1959-06-01
- 2601 N. N., Tabelle „Technische Daten von Magnetton-Heimtongeräten“, FUNKSCHAU 1959, Heft 20, Seite 499, 1959-10-01
- 2602 N. N., Die Ela-Technik, FUNKSCHAU 1960, Heft 11, Seite 281, 1960-06-01
- 2603 Roth, Wilhelm, Probleme und Neuerungen, Funk-Technik Nr. 14/1960, 1960-07-15
- 2604 Eilers, Delos, 3M Audio Open Reel Tapes, AES HC website, 2000
- 2605 -ne (Kühne, Fritz?), Band- und Filmmaterial für den Magnetton, FUNKSCHAU 1957 Nr. 12 S. 324, 1957-06-15
- 2606 Das Doppelspielband Telefunken DS war vermutlich von dem US-amerikanischen Hersteller Audio Devices zugekauft. Wann und warum Telefunken und / oder die AEG BASF als „Hausmarkenlieferant“ aufgaben, war bisher nicht zu klären. Seit 1959 verwendeten Telefunken und Grundig anstelle US-amerikanischer Bänder wieder BASF-Produkte zur Erstbestückung
- 2607 Kreimes, Norbert, Notiz "Historische Daten", 1980-08-19, BASF SE UA P 903
- 2608 BASF Aktiengesellschaft, Mitteilungen für alle Tonbandfreunde, Ausg. 16, o.D. (ca. 1958-08 lt. Ankündigung in Ausg. 15)
- 2609 Lange, Fritz, Chronik der Farben-Abteilung 1939 – 1960, o.D. (ca. 1960), Seite 91, BASF SE UA J 1201
- 2610 N. N., Rundbrief [Mitteilungen an die Verkäufer von BASF-Magnetophonband], 1959-03-15, BASF SE UA T 181
- 2611 Merkel, Erich, Störungen bei Magnettongeräten und ihre Behebung, 1955-02-04, BASF SE UA. Genannt sind die Grundig-Geräte TK 8 und TK 819 und Varianten
- 2612 N. N. (BASF Aktiengesellschaft), Jahresbericht der Verkaufsabteilung 1959, BASF SE UA T 002, o.D. (ang. 1959-12-31)
- 2613 Lange, Fritz, Chronik der Farben-Abteilung 1939 – 1960, o.D. (ca. 1960), Seite 92, BASF SE UA J 1201
- 2614 N. N., Jahresproduktion der Magnetophonband- und Luvietherm-Fabrik (1937 – 1949; 1950 – 1963, maschinen- und handschriftliche Tabelle o.D., ca. 1960, BASF SE UA P 923)
- 2615 Andriessen, Wilhelmus, The Winner: Compact-Cassette; Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 193 (1999) 11-16, Elsevier Science B.V.
- 2616 Andriessen, Wilhelmus, Interview „Zeitzeugen der Magnetband-Geschichte“ mit Friedrich Engel, 2002-10-17 (CD in Smlg Engel)
- 2617 BASF AG, ton + band Heft 47, Seite 8; o.D. (ca. 1969-11-30) und ohne Werbemittelnummer, BASF SE UA P 908.2
- 2618 Vergl. dazu den in der Verbraucherzeitschrift DM (Ausgabe 1965-07-15; BASF SE UA Lektoratsordner 03) abgedruckten Briefwechsel zwischen einem verärgerten Anwender und BASF Aktiengesellschaft, insbesondere den redaktionellen Vorspann.
- 2619 Die Tiefenanhebung entsprechend der Zeitkonstanten 3180 µs hilft, Brummeinstreuungen mit der Netzfrequenz (50 Hz bzw. 60 Hz) zu mindern
- 2620 Deutsche Normen DIN 45 513 Batt 4, Ausgaben 1955 und 1962, Beuth-Verlag, Berlin
- 2621 Auf die Nennung des Herstellers und des jeweils aktuellen Typs der Referenzleerbänder und seine Bezugsquellen hat DIN bewußt verzichtet. Ursprünglich sollten in den Normen keine Firmennamen erscheinen. Die federführende Geschäftsstelle des FNE, später DKE, hätte Interessenten allerdings Auskunft erteilt. – Erst die Übernahme der deutschen Messmethodik in IEC Publication 94 und damit die weltweite Nutzung einheitlicher Referenzleerbänder machte die Typ- und Lieferquellenangabe notwendig, zumal sich IEC nicht auskunftspflichtig und auskunftsfähig sah. (Pers. Mitteilung Werner Singhoff, 2003-07-13)
- 2622 N. N., Frankfurter Zeitung, Tonband-Gesellschaft mbh gegründet, 1942-11-15, Unternehmensarchiv der BASF Aktiengesellschaft
- Lübeck, Heinz, Entwicklungskosten der Tonband GmbH, AEG-Archivbestand im Historischen Archiv des Deutschen Technik Museums Berlin, Aktenband 02242
 - Lübeck, Heinz, Bericht der Geschäftsführung der Tonband GmbH, 1943-12-10, AEG-Archivbestand im Historischen Archiv des Deutschen Technik Museums Berlin, Aktenband 02242
- 2623 Mooney, M. jr., The History of Magnetic Recording, HiFi Tape Recording, Vol. 5 No. 4, Feb, 1958 pp 21-37
- 2624 K.T. (Tetzner, Karl), Vier Tonspuren auf Normalband, FUNKSCHAU 1958 Heft 19 Seite 483, 1958-10-01
- N. N., A brief history / Production detail of recorders (Zeittafel), http://sportsbil.com/tandberg/tandberg_story.htm (Zugriff 2019-07-07)
- 2625 Tinkham, R.J.; Isberg, R.A., High Speed Tape Duplication Up-To-Date, Journal Of The Audio Engineering Society July 1959, Volume 7, Number 3, 195907-01
- Isberg, R.A., The 120-ips Tape Duplicator for Four-Track Commercial Stereo Tapes, Journal Of The Audio Engineering Society April 1960, Volume 8, Number 2, 1960-04-01
- 2626 N. N. Bespielte Vierspur-Stereo-Tonbänder, FUNKSCHAU 1960, Heft 1, Seite 7, 1960-01-01
- 2627 N. N. Bespielte Stereo-Tonbänder, FUNKSCHAU 1960, Heft 11, Seite 36, 1960-06-01
- 2628 N. N., Bespielte Tonbänder der Deutschen Grammophon-Gesellschaft, FUNKSCHAU 1961 Heft 18 / Seite 970, 1961-09-15
- 2629 Hickman, R.E.B., Magnetic Recording Handbook, George Newnes Ltd, London, 1956 (1958?, 1962?), p. 169
- 2630 N. N., Vervielfältigung von Magnettonbändern, FUNKSCHAU 1955 H. 3 S. 42, 1955-02-01
- 2631 N. N., Tangle in Tapes, New York Times, 1970-02-23, BASF SE UA Lektoratsordner 05
- 2632 Clark, Mark H., Product Diversifikation: Consumer Audio Recording, in: Daniel, E., Mee, D., Clark, M., Magnetic Recording - The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ / ISBN 0-7803-4709-9, 1998

Tonband im Büro: Diktiergeräte und Speichermedien

- 2633 Brauns, H., Neuerungen beim Magnetton-Diktiergerät, FUNKSCHAU 1955/08, S. 155 – 157, 1955-04-15
- 2634 N. N., in Notiz „100.000 Grundig-Tonbandkoffer TK 5 ...“, FUNKSCHAU 1956/23, S. 1008, 1956-12-01
- 2635 N. N., Die neuen Größen, DER SPIEGEL, 1958-01-15, Seite 28
- 2636 N. N., Notiz „Stenorette C“, FUNKSCHAU 1957/15, S. 442, 1957-08-01
- 2637 N. N., Neues vom Magnetton, FUNKSCHAU 1959/11 S. 262, 1959-06-01
- 2638 N. N., Die „Stenoretten“ bleiben bei Grundig, FUNKSCHAU 1969 Heft 4 Seite 91, 1969-02-15
- 2639 Die Neue Zürcher Zeitung (NZZ) erhebt die Stenorette sogar zu nostalgisch-literarischen Ehren:
- Sie hatte die Ausmasse und ungefähr die Form eines Campingkochers. Aber wo man auf dem Campingkocher zwei eher kleine Töpfe mit Erbsenwurstsuppe oder Gulasch aufs Propanagas gestellt hätte, da wurden bei der Stenorette die beiden Spulen der glänzend braunen Tonbänder eingelassen, welche sich zu nicht mehr als zwei Zentimetern Dicke aufrollten und dann wie schlanke Reifen das leere Spulenninnere umgaben. Was außerdem die Stenorette von den Campingkochern ihrer Zeit unterschied, waren das beige-braune, leicht vulpudrös geschnittene Chassis und die fünf Tasten auf der Vorderseite. Besonders die eine der Tasten, mit einem kelchförmigen Symbol in Rot gekennzeichnet, war strikt zu vermeiden ... – Gumbrecht, Hans Ulrich, Stenorette, © NZZ, 2002-03-04, URL: <http://www.nzz.ch/2002/03/04/fe/page-article7W1TA.html> [2003-05-08]*
- 2640 N. N. (Verkaufsabteilung K / Magnetophonband-Gebiet), Vertreter-Konferenz / Magnetophonband-Gebiet / Verkaufsabteilung K / Ludwigshafen/Rhein, 22. und 23. März 1955, Seite 32 f., 1955-03-22, BASF SE UA P 907.5

Drahtiges: Magnetdraht konkurriert mit Magnetband

- 2641 Clark, Mark, Suppressing Innovation: Bell Laboratories and Magnetic Recording, Technology and Culture, 34 (3), 1993
- 2642 Ridley, Bob, Magnetic Wire Recording Machines, Radio Bygones (UK), Christmas 1990
- 2643 Vonaburg, Barbara, „Achtung... sprechen Sie bitte jetzt!“, in: Zürcher Pioniergeist, Porträts von Menschen mit Ideen, Hg.: Beat Glogger, Fee Anabelle Riebeling, Lehrmittelverlag Zürich, 300 Seiten, ISBN 978-3-0313-677-5 / [sd742987c3953df15.jimcontent.com/download/version/.../Zuercher%20Pioniergeist.pdf](https://www.telecom-milestones.com/telephone-answering-history) [2018-10-30]
- 2644 N. N., Telephone-answering History, <https://www.telecom-milestones.com/telephone-answering-history> [2018]
- 2645 Kursh, Harry, Modern Mechanix, Self-Answering Telephone Thinks and Talks, 1950-03
- 2646 Knauth, Percy, The Ipsophone / This new gadget answers for you, LIFE, 1946-08-12, p. 13 f.
- 2647 Begun, Semi J., Magnetic Recording: The Ups and Downs of a Pioneer / The Memoirs of Semi Joseph Begun, Edited by Mark Clark, AES 2000, ISBN No. 0-937803-42-1

ZEITSCHICHTEN: MAGNETBANDTECHNIK

Vierte Ausgabe: 2020 – Seite 739

NACHSPANN
Endnotenverzeichnis

- ²⁶⁴⁸ Begun, S. J. Magnetic Recording New York: Rinehart & Company, 1949 und 5. Auflage, 1954
- ²⁶⁴⁹ Küpfmüller Karl (G. Schaub Apparatebau Pforzheim), Magnettonträger aus Stahldraht, Patent DE 869 128, angemeldet 1951-03-30, veröffentlicht 1953-03-02
- ²⁶⁵⁰ N. N., Magnettoneinrichtung nach Dr. Stille, 1950 - 1951; Archivalie Nr. 123 im Bestand 30981 VEB Messgerätekwerk Zwönitz und Vorgänger, 1929 - 1992, Findbuch S. 87; Sächsisches Staatsarchiv / Staatsarchiv Chemnitz, STAC, Bestand 30981, Nr. 149
- ²⁶⁵¹ Vinzelberg, Bernhard, RFT-Magnetton-Gerät mit band- bzw. drahtförmigem Tonträger, Nachrichtentechnik, 2. Jg., Heft 7, Juli 1952
- Vinzelberg, Bernhard, und Knochenhauer Fritz, Verfahren und Vorrichtung zur Aufzeichnung und Wiedergabe von zeitweilig unterbrochenen Schallschwingungen, Patent DE 1 025 168, angemeldet 1952-05-02, veröffentlicht 1958-02-27
- ²⁶⁵² Genning, Ernst, Draheim, Willi, Monske, Nikolaus, Kleinst-Tonaufnahme- und wiedergabegerät, DE 970 710, angemeldet 1951-10-28, ausgegeben 1958-10-16 und zahlreiche weitere Patente
- ²⁶⁵³ Schellin, Roland, Minifon – Der Spion in der Tasche, Hg: Gesellschaft der Freunde der Geschichte des Funkwesens, Verlag Rüdiger Walz, 2001
- ²⁶⁵⁴ Radiomuseum Bocket, Tabelle Protona Minifon RC, http://www.radiomuseum-bocket.de/wiki/index.php/Protona_Minifon_RC [Zugriff 2019-07-12]
- N. N., Magnetongeräte (Messeberichte Hannover), FUNKSCHAU Heft 8/1960, S. 364
- ²⁶⁵⁵ Duckwitz, Carl August, Grundlagen und Stand des Tondrahtverfahrens, FUNKSCHAU 1953 Nr. 09 S. 163 – 164, 1953-05-01. Diese Arbeit ist als Referenzpublikation zum Thema Magnet-Tondraht anzusehen. Duckwitz hat im Stahlwerk Ergste, Ergste /Ruhr, Tondrähte entwickelt; vergl.
- Duckwitz, Carl August und May, Erwin, Tonträger mit zwei oder mehreren Stahldrähten oder -bändern für verschiedene Frequenzbereiche, die auf einem Träger zusammengefasst werden, DE 886 081;
 - diess., Verfahren zur Herstellung von Magnetogrammmträgern, DE 859 822,
 - diess., Verfahren zur Herstellung von Magnetogrammmträgern, DE 891 626, alle angemeldet 1951-06-02. Weitere einschlägige Patente des Stahlwerks Ergste: DE 859 823 und DE 860 113
- ²⁶⁵⁶ May, Erwin, Stahlwerk Ergste AG, Verfahren und Vorrichtung zum Verknüpfen zweier Drahtenden o. dgl. mittels eines Kreuzknotens, Patente DE 937 097, angemeldet 1953-11-19, veröffentlicht 1955-12-29
- ²⁶⁵⁷ Lübeck, Heinz, Magnetisierungskopf, DE 817 532, angemeldet 1948-10-02, ausgegeben 1951-10-18
- ²⁶⁵⁸ N. N., Jahresberichte der Polyamid-Abteilung, BASF SE UA D 102/1c
- ²⁶⁵⁹ Polyamid, Handelsname Perlon, erfunden 1938 von dem Chemiker Dr. Paul Schlack in der I.G. Farben-Fabrik Aceta Lichtenberg, kam 1948 / 1949 in Deutschland auf den Markt
- ²⁶⁶⁰ Engelhardt, Rudolf, Arledter, Hans, Magnetischer Tonträger, DE 846 023, angemeldet 1949-03-29, 1949-07-08
- ²⁶⁶¹ Robl, Rudolf, Seiberth, Hans, Verfahren zur Herstellung von Magnetogrammmträgern, Patent DE 811 508, angemeldet 1949-09-30, ausgegeben 1951-08-20
- ²⁶⁶² Robl, Rudolf, Aktenvermerk / über einen Besuch der Herren Mussi, Mailand, und Marsal, Paris am 2.11.1949, 1949-11-07, BASF SE UA P 916.2
- ²⁶⁶³ Robl, Rudolf, Verfahren zur Herstellung von Magnetogrammmträgern, DE 828 920, angemeldet 1949-12-28, ausgegeben 1952-01-2; ders., Verfahren zur Herstellung von Magnetogrammmträgern, DE 831 459, angemeldet 1949-12-28, ausgegeben 1949-07-08
- ²⁶⁶⁴ Hinkelmann, Edeltraud, Ein chemisches Unternehmen in Rummelsburg, URL: <http://www.berlinische-monatsschrift.de/bms/bmsxt99/9907proe.htm> [2003-02-09]
- ²⁶⁶⁵ N. N., Magnetofon-Wiedergabeverstärker V 5, Braunbuch-Beschreibung, 1942-05-01

Träger der Normung: Referenzbänder

- ²⁶⁶⁶ Weber, Walter (Zentralleitung Technik der RRG), Rundschreiben: Vorläufige Messanweisung für Hochfrequenz-Magnetophone, 1943-10-13, Smlg Strokens im Deutschen Technikmuseum Berlin
- ²⁶⁶⁷ N. N., Braunbuchbeschreibung XV / R 122a / 1, März 1948 „Anweisung zur Betriebsüberwachung der Magnetofonschallaufnahme R122a unter Verwendung der Verstärker V 46 und V 47 sowie des Messkopfes R 48“ (Smlg Engel)
- ²⁶⁶⁸ N. N., Normal- und Testband 1950, Braunbuchbezeichnung R 71, 1950-10-16
- ²⁶⁶⁹ Gondesen, Karl-Erik, Normung der Pegel und Frequenzgänge bei Magnetofon-Schallaufnahmen, NWDR, Zentraltechnik, Tonträgerlabor, 1948-10-30
- ²⁶⁷⁰ Rindfleisch, Hans, Technik in Rundfunk – Ein Stück deutscher Rundfunkgeschichte von den Anfängen bis zum Beginn der achtziger Jahre, Mensing Verlag Norderstedt 1985
- ²⁶⁷¹ Schießler, Hans, Beitrag zur Normung der Magnetontechnik, Frequenz 1952 Nr. 06 S. 222, 1952-06-01
- ders., Vereinheitlichung der Schallaufzeichnungsverfahren für den Rundfunk, Elektrotechnische Zeitschrift Ausg. A, Band 73, Heft 23, 1952-12-01
 - Arbeitskommission Schallaufzeichnung der Rundfunkanstalten der Bundesrepublik, Grundsätzliche Anforderungen an Magnettonanlagen und Richtlinien zu deren Einstellung, 1955-06-29
- ²⁶⁷² Limpert, Wolfgang D., Die Bezugsbänder nach DIN 45 513, FUNKSCHAU 1957 H. 7 S. 173, 1957-04-01
- ²⁶⁷³ Harcken, Hans (Physikalisch-Technische Bundesanstalt), Signalspeichertechnik / Referenzmaterial für magnetische Datenträger, URL: <http://www.ptb.de/de/org/2/22/224/224drm.htm> [2004-03-23]
- ²⁶⁷⁴ Die erste Veröffentlichung zur Berechnung war vermutlich McKnight, J. G., The Fringing Response of Magnetic Reproducers at Long Wavelength, AES Preprint No. 800 (A-4), 1971-04-27
- ²⁶⁷⁵ Pfefferkorn, Dietmar, Magnetbänder zur Einstellung von Magnettonanlagen, radio mentor 1965 H. 6. S. 491 - 495, Sonderdruck in BASF SE UA P 905
- ²⁶⁷⁶ Dankerl, Johann und Singhoff, Werner, A New Playback Head Azimuth Test, Typoskript, 1990-01-25
- ²⁶⁷⁷ Normblatt DIN 45 513, Magnetbandgeräte, Blätter 1 – 5, Leerteil, zitiert in der seit Oktober 1966 gültigen Fassung
- ²⁶⁷⁸ Schmidt, Heinz, Low noise – High Output Tonbänder für die HiFi-Technik, "tonband" 3/69, Juni 1969 Sonderdruck, 1969-06-01, BASF SE UA P 905
- ²⁶⁷⁹ Westmijze, Willem Klaes, Studies on Magnetic Recording, Philips Res. Rep., vol. 8, 1953 (kompletter Abdruck in Camras, M., Magnetic Tape Recording, New York 1985)
- ²⁶⁸⁰ Schmidbauer, Otto, Das Feld des harmonisch magnetisierten Tonbandes / Die Abstimmung im Leerlauf, bei idealem Hörkopf und bei extremer Spaltbreite, Frequenz 1952; 1. Teil Nr. 10 S. 01, 2. Teil Nr. 11 S. 319
- ²⁶⁸¹ Schmidbauer, Otto, "Beitrag zur Analyse des Aufsprechvorgangs beim HF-Magnetofon"; Funk und Ton 1954, S. 341
- ²⁶⁸² Greiner, Joachim, Feldstärke und Spaltverteilungsfunktion beim Sprechkopf mit und ohne Band", Nachrichtentechnik 1956, S. 63
- ²⁶⁸³ Greiner, Joachim, Die Lage der Extremwerte der Feldstärkekomponenten des Sprechkopffeldes. Nachrichtentechnik 6 (1956) Nr. 6, S. 266-273
- ²⁶⁸⁴ Greiner, Joachim, Der Aufzeichnungsvorgang beim Magnettonverfahren mit Wechselstromvormagnetisierung, VEB Verlag Technik, Berlin, 1953
- ²⁶⁸⁵ Belger, Ernst, Über die Messung und Bewertung von Störgeräuschen, Siemens & Halske AG, 1953-01-20
- ²⁶⁸⁶ Belger, Ernst, Zur Messung von Tonhörschwankungen, Rundfunktechnische Mitteilungen 1958 S. 168, 1958-05-30

Magnetontechnik im RGW-Bereich

- ²⁶⁸⁷ RGW = Rat für gegenseitige Wirtschaftshilfe, wurde am 25. Januar 1949 als sozialistisches Gegengewicht zum Marshallplan und zur OEEC in Moskau gegründet. Näheres siehe z.B. http://de.wikipedia.org/wiki/Rat_f%C3%BCr_gegenseitige_Wirtschaftshilfe
- ²⁶⁸⁸ N. N., [Berlin, Chronik und Daten], URL: <http://www.berliner-untergrundbahn.de/die40erbln.htm> [2004-12-19]
- ²⁶⁸⁹ Schüller, Eduard, Aktennotiz über die Besprechung beim Berliner Rundfunk am 13. Juni 1945, 1945-06-14. Smlg Schüller Korr Intern AEG TELEF/ Berliner Rundfunk 19450613.JPG
- ²⁶⁹⁰ Schüller, Eduard, Reisebericht / Reise der Herren Dr. Schießler und Schüller nach Berlin am 30. März 1946, Smlg Schüller (Reisebericht 19460424)
- ²⁶⁹¹ Schießler, Hans, Aktenvermerk / Betr. Untersuchung am K 7-Gerät, 1946-04-24, Smlg Schüller [Korr Intern AEG TELEF/K7 Untersuchung 19460424 01.JPG]
- ²⁶⁹² Orlich, Heinz und N. N., Kinostudio Babelsberg, Notiz "Abnahme von 3 Magnetophon-Geräte, Type „K 8“, 1949-11-28; Archiv Ulrich Illing
- N. N., Beschreibung Laufwerk für Magnetbandgerät, DEFA-Studio für Spielfilme, Potsdam-Babelsberg, o.D. (ca. 1948), Archiv Ulrich Illing

- ²⁶⁹³ N. N., Betriebslaboratorium für Rundfunk und Fernsehen des Deutschen Demokratischen Rundfunks, Handbuch der Studiotechnik Ton, Teil I + II (R), im Folgenden ***DDR-Blaubuch**, Beschreibung Kopfräger R 8b, 1954-01-04
- ²⁶⁹⁴ N. N., Berliner Rundfunk, URL: <http://www.chronik-der-wende.de/lexikon/glossar/glossar.jsp?key=br/mem=7.10.1989.html> [2004-12-19]
- ²⁶⁹⁵ Hermann, Siegfried, Kahle, Wolf und Kniestedt, Joachim, Der deutsche Rundfunk / Faszination einer technischen Entwicklung, (Rundfunk-Studiotechnik bei der Deutschen Post / Kapitel 48: Der Qualitätssprung zum UKW-Rundfunk), R. v. Decker's Verlag Heidelberg, 1994
- ²⁶⁹⁶ Guttwein, G., Die Weiterentwicklung des Schallfolienverfahrens, in: *Kurzberichte 1943
- ²⁶⁹⁷ Janzen, Otto, Brief an AEG, Abt. Magnetofon, 1945-05-31, Smlg Eduard Schüller, KSS 0405
- ²⁶⁹⁸ *Thiele, Heinz, Schwarzenbeker Interview 1981 (Beiträge von Hans Schießler)
- Janzen, Otto, Brief an AEG, Abt. Magnetofon (Schüller), 1945-05-31, Smlg Schüller, KSS 0405
- ²⁶⁹⁹ N. N., Firmenbroschüre der Sander & Janzen OHG, Berlin NW 87ca. 1957; Archiv der GFGF
- ²⁷⁰⁰ Pötschke, Ingo, Geschichte der Fonoiindustrie der DDR, 1945 – 1990; Vom Plattenspieler über das Tonband zur Kassette; 2006; ISBN-10: 3936124191
- ²⁷⁰¹ Erschlossen aus den Patentschriften DE 850 993, Einrichtung an Tonmotoren ..., angemeldet 1948-10-02, ausgegeben 1952-09-29; Erfinder Otto Janzen; DE 873 585, Ständer für vielpolige Kleinmotoren ..., angemeldet 1943-01-31, ausgegeben 1953-04-10; Erfinder Otto Janzen †, außerdem DE 900 721, Verfahren und Vorrichtung ..., angemeldet 1943-01-01, ausgegeben 1954-01-04; Erfinder Otto Janzen †
- ²⁷⁰² *DDR-Blaubuch, Beschreibung Magnetband-Transportwerk R29a, 1965-03-03
- ²⁷⁰³ Pötschke, Ingo, Geschichte der Fonoiindustrie der DDR, 1945 – 1990; Vom Plattenspieler über das Tonband zur Kassette; 2006; ISBN-10: 3936124191
- ²⁷⁰⁴ N. N., Notiz der AEG vom 1953-06-22, DTMB AEG 04407
- ²⁷⁰⁵ siehe die oben aufgeführten Patentschriften Otto Janzens
- ²⁷⁰⁶ N. N. (del Service), Beitrag ohne Titel zur Geschichte der Firma Graetz, URL: www.del-service.de/graetzradio.htm [2005-12-19]
- ²⁷⁰⁷ *DDR-Blaubuch, Beschreibung Kopfräger R 8b, Zeichnungsblatt, 1954-01-04
- ²⁷⁰⁸ *DDR-Blaubuch, Beschreibung Laufwerk R 28. Bilder 2 und 5, o.D. (ca. 1949)
- ²⁷⁰⁹ Schüller, Eduard, Die Technik der Magnettongeräte (S. 139 und 142), in: Winckel, Fritz (Hg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960
- ²⁷¹⁰ *DDR-Blaubuch, Dr. Mei/Vck/Ur, Magnettonlaufwerk R 28/2, 1959-01-24
- ²⁷¹¹ Hohmuth, Gerhard, Übersicht über die vom RFT-Zentrallabor und seinen Nachfolgeeinrichtungen auf dem Gebiet der magnetischen Signalspeicherung zwischen 1950 und 1965 durchgeführten Entwicklungsarbeiten, unveröffentlichtes Manuskript, 2006-052
- ²⁷¹² N. N., VEB AGFA Wolfen, Protokoll einer Wissenschaftlichen Beratung der Abteilung Magnetton, 1963-08-29, zitiert in: Schindler, Harald (Stadtverwaltung Zwickau), Tonbandgeräteproduktion im VEB Messgerätekombi Zwickau, FUNKGESCHICHTE (GFGF), drei Teile, 2007
- ²⁷¹³ Pötschke, Ingo, Geschichte der Fonoiindustrie der DDR, 1945 – 1990; Vom Plattenspieler über das Tonband zur Kassette; 2006; ISBN-10: 3936124191
- Hohmuth, Gerhard, Anmerkungen zur Literaturzusammenstellung "Magnettontechnik in der DDR", unveröffentlichtes Manuskript, 2006-03
 - Schindler, Harald (Stadtverwaltung Zwickau), Tonbandgeräteproduktion im VEB Messgerätekombi Zwickau, FUNKGESCHICHTE (GFGF), drei Teile, 2007
- ²⁷¹⁴ Hohmuth, Gerhard, Anmerkungen zur Literaturzusammenstellung „Magnettontechnik in der DDR“, unveröffentlichtes Manuskript, 2006-03
- ²⁷¹⁵ Baumann, Bernd, Beitrag im Forum www.tonbandwelt.de, 2005-03-31;
- *DDR-Blaubuch, Wf/Neu/Wi, Magnetband-Transportwerk R 29, 1963-10-16
- ²⁷¹⁶ WF/WJ/BR (RFZ), Magnetband-Transportwerk R 29a sowie Wf/WJ/Sch, Magnetband-Transportwerk R 29b, *DDR-Blaubuch, 1965-03-03 bzw. 1965-07-01
- ²⁷¹⁷ Schindler, Harald (Stadtverwaltung Zwickau), Tonbandgeräteproduktion im VEB Messgerätekombi Zwickau, FUNKGESCHICHTE (GFGF), drei Teile, 2007
- ²⁷¹⁸ Persönliche Mitteilung von Gerhard Hohmuth [2008-02-20]
- ²⁷¹⁹ N. N., Prospekt ohne Titel der VEB Tonmechanik, Berlin-Hohenschönhausen, o.D., ca. 1961 (Drucknummer III 971 Ag 71/295/61)
- ²⁷²⁰ Hohmuth, Gerhard, Anmerkungen zur Literaturzusammenstellung „Magnettontechnik in der DDR“, unveröffentlichtes Manuskript, 2006-03
- ²⁷²¹ Hermann, Siegfried, Kahle, Wolf und Kniestedt, Joachim, Der deutsche Rundfunk / Faszination einer technischen Entwicklung, Kapitel 49: Die Entwicklung der stationären Ton-technik; R. v. Decker's Verlag Heidelberg, 1994;
- ²⁷²² N. N., Anzeige „Studio-Magnetbandlaufwerk T 103 M“ der Thurow KG, DDR 1058 Berlin, o.D.; Archiv der GFGF
- ²⁷²³ Winter, K., Kinotechnische Erzeugnisse auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1968, Kino-Technik 1968 Nr. 4 (April), Seite 94
- ²⁷²⁴ Hohmuth, Gerhard, Anmerkungen zur Literaturzusammenstellung „Magnettontechnik in der DDR“, unveröffentlichtes Manuskript, 2006-03
- ²⁷²⁵ capstan (Bernd Baumann), Beitrag im Forum <http://www.tonbandinfo.com/forum2>, 2004-11-19, URL: <http://mb.abovenet.de/forum2/showtopic.php?threadid=920&pagenum=1> [2007-06-11]
- ²⁷²⁶ N. N., Studio-Magnetbandgerät R 722/1, Anlagentechnischer Katalog des Rundfunk- und Fernsehtechnischen Zentralamts, inhaltsgleiche Ausgaben „Mai 1984“ und „Oktober 1985“
- ²⁷²⁷ N. N., VEB Tontechnik Berlin, Druckschrift "Technische Information - Studio-Magnetbandanlage T 4223", o.D. (ca. 1985)
- ²⁷²⁸ Zinsik, Karsten, website „13 JAHRE NOISELAB MASTERING 1996 – 2009“, URL: <http://www.zinsik.de/NOISELAB/Technik.html> [2009-07-19] und pers. Mitteilungen an den Verf.
- ²⁷²⁹ N. N., Deutsche Funk-Technik Nr. 9/1953, Seite 279
- ²⁷³⁰ Hohmuth, Gerhard, Anmerkungen zur Literaturzusammenstellung „Magnettontechnik in der DDR“, unveröffentlichtes Manuskript, 2006-03
- ²⁷³¹ N. N., Mechanikai Laboratórium Híradástechnikai Kísérleti Vállalat, https://hu.wikipedia.org/wiki/Mechanikai_Laborat%C3%B3rium_H%C3%ADrad%C3%A1stechnikai_K%C3%ADs%C3%A9rleti_V%C3%A1llalat [2019-10-01]
- N. N., A Mechlaborról, <http://mechlabor.infostream.hu/a-mechlaborrol> [2019-10-01]
- ²⁷³² Szvatek, Ferenc (ferry48), Beitrag in einem Internet-Forum, URL: <http://mb.abovenet.de/forum/index.php?topic,1223.0.html>, 2005-10-28
- ²⁷³³ Bäcker, Karl Otto, The Talking Machines, URL: http://www.studio-sound.com/archive/oct99/celeb_studer.html (ca. 2003)
- ²⁷³⁴ Vajda, Zoltan, A Studio Tape Recorder of Novel Design, JAES, December 1969, pp. 634 – 643. – Als Quelle wird u.a. genannt: Heckenast, Gabor und Vajda, Zoltan, Fully transistorized studio tape recorder, Proceedings of the Conference on Signal Recording on Moving Magnetic Media, Budapest, 15-18 October, 1962
- ²⁷³⁵ N. N., website "Mechlabor STM 610", URL: <http://unites.webpark.cz/asc/mechlabor/mechlaborstm610.htm> [2006-02-08]
- ²⁷³⁶ Pers. Information von DI Gerhard Steinke, Februar 2006
- ²⁷³⁷ Hohmuth, Gerhard, Anmerkungen zur Literaturzusammenstellung „Magnettontechnik in der DDR“, unveröffentlichtes Manuskript, 2006-03
- ²⁷³⁸ N. N., „Blaubuch“ des RFZ, Tornister-Magnettonlaufwerk mit Hochfrequenzvormagnetisierung (Tonschreiber „Dora-Hochfrequenz“), Beschreibung I/R 23c/1, 28. April 1950
- ²⁷³⁹ Pötschke, Ingo, Geschichte der Fonoiindustrie der DDR, 1945 – 1990; Vom Plattenspieler über das Tonband zur Kassette; 2006; ISBN-10: 3936124191
- ²⁷⁴⁰ Hohmuth, Gerhard, Anmerkungen zur Literaturzusammenstellung „Magnettontechnik in der DDR“, unveröffentlichtes Manuskript, 2006-03
- ²⁷⁴¹ Hermann, Siegfried, Kahle, Wolf und Kniestedt, Joachim, Der deutsche Rundfunk / Faszination einer technischen Entwicklung, R. v. Decker's Verlag Heidelberg, 1994
- ²⁷⁴² N. N., Firmendruckschrift „SAJA synchron“ (Beschreibung und Technische Daten für Magnetton-Laufwerke SJ 105 und SJ 100), o.D., ca. 1958; Archiv der GFGF
- ²⁷⁴³ N. N., Ein Besuch im Funkhaus des Deutschen Demokratischen Rundfunks, Radio und Fernsehen Nr. 14/1955, Seiten 416 bis 419
- ²⁷⁴⁴ Ein regelrechter „Magnetband-Schneidetisch“ ist bereits 1942 vorgeschlagen worden: „Für die Ausstattung des Schneidetisches wird ein rotierender Abhörkopf als notwendig erachtet, sowie zwei Hilfsteller auf der rechten Maschinenseite und ein Hilfsteller auf der linken. Diese Hilfsteller sollen mit einer Handkurbel angetrieben werden können. Es wird angestrebt, durch höchste Rücklauf- und Vorlaufgeschwindigkeit mit verlangsamen Geschwindigkeitsübergängen Zeitgewinn zu erzielen. Zu den gleichen Zweck soll ein Zählwerk zur Anzeige des Filmweges entwickelt werden. Erörterungen über die Markierung führten zu der Anregung, ein einfaches Farbaufspritzverfahren auszuarbeiten, welches an der Oberkante in 1 mm Breite eine Markierung aufträgt.“ (v.d.V. (van den Valentyn, Eduard), Neuanschaffungen und Änderungen an den Betriebseinrichtungen, RRG, 1942-02-

- 20). Ein Schnittstellen-Suchgerät mit rotierendem Kopf ist in der Tat verwirklicht worden (Gunka, H., und Lippert, W., Einrichtung zum Auffinden von Tonstellen auf dem Magnetonband, Funk und Ton, Monatsheft für Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, 1948, H. 3, S. 125)
- 2745 N. N., Legende zu einem Ausstellungsstück im NDR-Funkhaus in Schwerin; URL: <http://www.orwo.de.ms> [2009-03-03]
- 2746 Handwerck, Christian, Cutter Arbeitsplatz T 5234, URL: <http://www.posaunenchor-weimar.de/sender/page/cutter.htm> [2006-01-14]
- 2747 Handbuch der Studioteknik / Ton, Teil I+II: R; Deutscher Demokratischer Rundfunk, Betriebslaboratorium für Rundfunk und Fernsehen, Zweibandlaufwerk für schnittlose Tonmontage, I/R 35/1...9; I/A/R 35/1; II/R 35/1...5, 1956 /1957
- 2748 N. N., Magnettonanlage für schnittlose Tonmontage, Firmenbroschüre Saja Synchron, o.D. (ca. 1955)
- 2749 N. N. („radiowaves“), Beitrag im Forum www.radioforen.de vom 2006-01-14
- 2750 Pers. Information von Dipl.-Ing. Hagen Pfau, Leipzig, Mai 2006
- 2751 Pötschke, Ingo, Geschichte der Fonoindustrie der DDR, 1945 – 1990; Vom Plattenspieler über das Tonband zur Kassette; 2006; ISBN-10: 3936124191
- 2752 N. N., Das VEB Funkwerk Köpenick, URL: <http://www.qsl.net/dl7ut/fwk.htm> [2006-02-26]
- 2753 O. St., Dr. Curt Stille, Pionier des Magnettons, verstorben, Kino-Technik Nr. 10/1957, S. 368
- 2754 Brandt, Walter, pers. Mitteilung an den Verf., 2005-02-10
- 2755 Hohmuth, Gerhard, Anmerkungen zur Literaturzusammenstellung „Magnettontechnik in der DDR“, unveröffentlichtes Manuskript, 2006-03
- 2756 Braun, Jutta; Klawitter, Nils; Werentin, Falco, Die Hinterbühne politischer Strafjustiz in den frühen Jahren der SBZ/DDR, Berlin 2002; Schriftenreihe des Berliner Landesbeauftragten für die Unterlagen des Staatssicherheitsdienstes der ehemaligen DDR, Band 4; URL: www.stasi-landesbeauftragter-berlin.de/stuweb/VEROEFF/braun.pdf [2006-02-27]
- 2757 Pers. Mitteilung Dr. Falco Werentin, Berlin, 2004
- 2758 Hohmuth, Gerhard, Übersicht über die vom RFT-Zentrallabor und seinen Nachfolgeeinrichtungen auf dem Gebiet der magnetischen Signalspeicherung zwischen 1950 und 1965 durchgeführten Entwicklungsarbeiten, unveröffentlichtes Manuskript, 2006-05
- 2759 Smith, Peter L., Interviews with Inventors: Kurt Senglaub; URL: <http://www.ilove-schaub-lorenz-music-centers.com/interview-senglaub.php> [2008-11-22]
- 2760 Knochenhauer, F., „Music-Center“ – ein neuartiges Heimtongerät, FUNK-TECHNIK 1965 Nr. 9, S. 337 – 340, 1965-09-01
- N. N., Die Musik-Walze kommt wieder, Das ton-Magazin, München, Mai 1965, S. 16 ... 18
 - Knochenhauer, Friedrich und Abitz, Siegfried, Anordnung für Vielspurtonbandgeräte zur Verstärkung der Mikrophonspannung, Auslegeschrift DE 1198083 A, angemeldet 1963-07-26;
 - Knochenhauer, Friedrich, Magnetbandgerät zum pausenlosen bzw. wahlweisen Abspielen von Informationen ..., Patent DE 1187823, angemeldet 1963-07-26 sowie diverse Auslandspatentierungen (USA, CH, CA, FR)
 - Handbuch VDRG 1965, music-center 5001, URL: http://www.radiomuseum.org/r/schaub_music_center_5001_1.html
 - Zwei Anzeigen der Firma Csengery, Limburg, FUNKSCHAU 1968/07-537 (1968-04-01) und 1968/08-618 (1968-04-15)
- 2761 N. N., Firmengeschichte Funkwerk Leipzig, VEB; URL: http://www.radiomuseum.org/dsp/hersteller_detail.cfm?company_id=548 [2006-02-26]
- 2762 N. N., History of the radio maker Körting-Radio; Leipzig, später Grassau, URL: http://www.radiomuseum.org/dsp/hersteller_detail.cfm?company_id=11 [2006-02-27]
- 2763 Pfau, Hagen, Hg. Lieberwirth, Steffen, Radio-Geschichte(n) / Mitteldeutscher Rundfunk, Verlag Hans-Jürgen Kamrad, Altenburg 2000 und pers. Mitteilung des Verf., Mai 2006
- 2764 N. N. [website der Gemeinde Zwönitz], URL: <http://www.zwoenitz.de/inhalt/wirtschaft/wirtschaft/wirtsch.htm> [2006-02-26]
- Schindler, Harald (Stadtverwaltung Zwönitz), Tonbandgeräteproduktion im VEB Messgerätewerk Zwönitz (1), FUNKGESCHICHTE (GFGF), 2007-02, Seiten 4 ... 8
- 2765 Vinzelberg, Bernhard, RFT-Magnetton-Gerät mit band- bzw. drahtförmigem Tonträger, Nachrichtentechnik, 2. Jg., Heft 7, Juli 1952
- 2766 Smith, Peter L., Interviews with Inventors: Kurt Senglaub; URL: <http://www.ilove-schaub-lorenz-music-centers.com/interview-senglaub.php> [2008-11-22]
- 2767 Hohmuth, Gerhard, Anmerkungen zur Literaturzusammenstellung „Magnettontechnik in der DDR“, unveröffentlichtes Manuskript, 2006-03
- 2768 *DDR-Blaubuch, Magnetton-Abspielgerät R 80, 18.01.1955
- 2769 Forumsteilnehmer capstan in einem Beitrag vom 2005-04-14, URL: <http://www.tonbandwelt.de/>
- 2770 MGW51 (Michael Zirke), Geschichte und Technik der BG19-Familie, URL: <http://www.tonbandwelt.de/> [2005-04-12]
- 2771 Pers. Mitteilung von Dipl.-Ing. Hagen Pfau, Leipzig, Mai 2006
- 2772 Labudde Gerald (snzgl), Vorstellung der BG 20-Reihe, URL: <http://www.sabinebendlin.de/tonbandwelt/thwb/showtopic.php?threadid=198> [2005-02-01]
- 2773 Schindler, Harald (Stadtverwaltung Zwönitz), Tonbandgeräteproduktion im VEB Messgerätewerk Zwönitz, FUNKGESCHICHTE (GFGF), drei Teile, 2007
- 2774 N. N., VEB Funkwerk, Köpenick, zitiert o.D. in: Schindler, Harald (Stadtverwaltung Zwönitz), Tonbandgeräteproduktion im VEB Messgerätewerk Zwönitz, FUNKGESCHICHTE (GFGF), drei Teile, 2007
- 2775 Hohmuth, Gerhard, Übersicht über die vom RFT-Zentrallabor und seinen Nachfolgeeinrichtungen auf dem Gebiet der magnetischen Signalspeicherung zwischen 1950 und 1965 durchgeführten Entwicklungsarbeiten, unveröffentlichtes Manuskript, 2006-05
- 2776 Die Designer Hans Gugelot und Dieter Rams schufen 1956 mit dem „Schneewittchensarg“ Radio-Plattenspieler-Kombination Phonosuper SK 4 eine radikal neugestaltete Produktreihe, die nach und nach das dominierende „Gelsenkirchener Barock“ bei Radio- und Fernsehgeräten verdrängte. URL: <http://www.baulinks.de/webplugin/2004/1130.php4>
- 2777 Schindler, Harald (Stadtverwaltung Zwönitz), Tonbandgeräteproduktion im VEB Messgerätewerk Zwönitz, FUNKGESCHICHTE (GFGF), drei Teile, 2007
- 2778 Dietsch, Helmut, Originelle Tonbandgeräte aus DDR-Fertigung, Fördergesellschaft Rundfunk- und Tonbandmuseum Köln e.V., URL: <http://museum.sindwir.de/article.php?opnparams=AHUAbQBpUWxSag> [2006-03-02]
- 2779 Labudde, Gerald (snzgl), Vorstellung des KB 100, URL: www.tonbandinfo.com:Forum; <http://mb.abovenet.de/forum/index.php/topic,93.0.html>, 2004-05-30
- 2780 N. N., Artikel „Zeiss-Ikon“, Ezyklopädie wikipedia, URL <http://de.wikipedia.org/wiki/Zeiss-Ikon> [2006-03-22]
- 2781 Grabau, Rudolf, Tonaufzeichnungsgeräte in der Funkaufklärung der Bundeswehr, Funkgeschichte 27 (2004, GFGF), Seiten 74 ... 78; URL: http://www.radiomuseum.org/forum/tonaufzeichnungsgeraete_fernmeldeaufklrung_der_bundeswehr.html [2006-03-05]
- 2782 N. N., Data Modul, https://de.wikipedia.org/wiki/Data_Modul [2019-09-27]
- 2783 N. N., OLIMP – Russische Tonbandgeräte der Spitzenklasse, URL: <http://www.olband.narod.ru/files/1/historie.html> [2005-02-03]
- 2784 N. N., Russisches Tonbandgerät Olimp 004, URL: <http://www.sabinebendlin.de/tonbandwelt/thwb/showtopic.php?threadid=26&replyto=67&time=&pagenum=lastpage> [2005-02-03]

Typklassen: Heim-Tonbandgeräte 1950 ... 1960

- 2785 N. N., Nur Tonband- und Diktiergeräte zufriedenstellend, FUNKSCHAU 1968, Heft 8, Seite 26 (1968-04-15)
- 2786 Ratheiser, L., Neues Transistor-Tonbandgerät für Batteriebetrieb, FUNKSCHAU 1958 H. 14 S. 343, 1958-07-15
- N. N., Rundfunk, Fernsehen und Elektronik in Österreich, FUNKSCHAU 1961 Nr. 9, S. 222, 1961-05-01
- 2787 N. N., Neues vom Magnetton, FUNKSCHAU 1959 Heft 11 Seite 262, 1959-06-01
- 2788 N. N., Fortschritte der Elektroakustik, FUNKSCHAU 1961 Heft 19 Seite 419, 1961-10-01
- 2789 Hickman, R.E.B., Magnetic Recording Handbook, George Newnes Ltd, London, 1956 (1958?, 1962?) S. 88-92
- 2790 Beier, Hans-Georg, Ein Batterie-Magnetbandgerät für professionelle Zwecke / UHER 1000 Pilot Report, FUNKSCHAU 1966, H. 21 S. 667, 1966-11-01
- 2791 Dobsch, Franz, Ein Hi-Fi- Studiotonbandgerät / Saba 600 SH, FUNKSCHAU 1967 Nr. 10 S. 313 ff., 1967-05-15
- 2792 Kühne, Fritz, Farbiges Ela-Angebot in Berlin, FUNKSCHAU 1967, Heft 19, Seite 599 bis 601, 1967-10-01
- 2793 Bäcker, Karl Otto, The Talking Machines, URL: http://www.studio-sound.com/archive/oct99/celeb_studer.html
- Bild aus Holenstein, Peter: Die sprechenden Maschinen – Studer-Revox, das Lebenswerk des Audiopioniers Willi Studer, Schweizer Verlagshaus Zürich, 1996

- ²⁷⁹⁴ Agfa-Gevaert (Inst. f. Absatzforschung Ketels, Tonbandgeräte / Tonbänder / Eine Untersuchung bei 1000 Gerätebesitzern, o.D., ca. 1970-09
 • Trainer, Ludwig, Die Tonbandindustrie in Deutschland und in der Welt, 1962-11-27, BASF SE UA P 909.1
- ²⁷⁹⁵ Rehm, Margarete, Information und Kommunikation in Geschichte und Gegenwart, <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm9.html> [2004-11-25]
- ²⁷⁹⁶ Als Beispiel für die Berichterstattung zu diesem Thema:
 • Strehl, Carl, Sprechendes Buch und Hörbücherei für Blinde, Marburger Beiträge zum Blindenbildungswesen (Hrsg. Blindenstudienanstalt Marburg/Lahn), 1955-09, BASF SE UA B4 / 1691
 • N. N., Blinde hören Weltliteratur, FUNKSCHAU 1960 Heft 23 Seite 570, 1960-12-01
- ²⁷⁹⁷ N. N., Eine "Tonbandzeitung", Schweizerische Bauzeitung; Band (Jahr): 77 (1959), Heft 48, sbz-002_1959_77__653_d-1.pdf
 • N. N., Tonband-Zeitung / Herzgeräusche im Auto, DER SPIEGEL 41/1959, <https://www.spiegel.de/spiegel/print/d-42622846.html> [2019-10-02]
 • N. N., Gesprochene Tonbandzeitung, FUNKSCHAU 1960, Heft 11, Seite 36
- ²⁷⁹⁸ Schmidt, Heinz, Schmalfilmvertonung, Technische Wege zum Synchronlauf zwischen Bild und Ton, BASF Aktiengesellschaft, Verkauf M, o.D. (Ende 1963 - Anfang 1964); auch in "tonband" 3 /Aug. 1965, S. 38 ... 53
- ²⁷⁹⁹ Völz, Horst, Entwicklung der Magnetspeichertechnik; Kapitel 5.5.9, Schmalfilmtechnik; URL: <http://rosw.cs.tu-berlin.de/voelz/PDF/Entwicklung%20der%20Magnetspeichertechnik.pdf>
- ²⁸⁰⁰ Den Ausdruck „kreative Überforderung ..." hat Wilhelm A. Noll in einem Leserbrief an das Industriemagazin vom 15. August 1981 geprägt
- ²⁸⁰¹ Völz, Horst, Entwicklung der Magnetspeichertechnik; Kapitel 5.5.9, Schmalfilmtechnik; URL: <http://rosw.cs.tu-berlin.de/voelz/PDF/Entwicklung%20der%20Magnetspeichertechnik.pdf>
- ²⁸⁰² N. N., Cutter-Set für Tonbandamateure, FUNKSCHAU 1971, Heft 12, Seite 389
- ²⁸⁰³ Kü. (Kühne, Erich), FUNKSCHAU 1964 Heft 13, Seite 920, 1964-07-01

Heim-Magnettonbänder: Reife Produkte

- ²⁸⁰⁴ N. N., Nur Tonband- und Diktiergeräte zufriedenstellend, FUNKSCHAU 1968, Heft 8, Seite 26 (1968-04-15); hier werden für die Tonbandgeräteproduktion 1968 ff. etwa gleichbleibende Stückzahlen genannt
- ²⁸⁰⁵ Moris, Alfred H. (3M, St. Paul), A New Magnetic Tape with Greater Dynamic Range, AES Preprint No. 290, 1962-10-14
 • Eilers, Delos, Development of a New Magnetic Tape for Music Mastering, Jour. Audio Engng. Soc., Oct. 1970, Vol. 18 No. 5, p. 540 – 544
- ²⁸⁰⁶ Schmiedekind, N. N., Technische Informationen Nr. 36 der M-Gruppe Prüfung und Anwendungstechnik Nr. 36; Konkurrenzblätter / Scotch 201, 202 und 203, „im Januar 1966" (1966-01-01), BASF SE UA P 924
- ²⁸⁰⁷ Andriessen, Wilhelmus; Offer, Hans, Ein neues Bandmaterial für Amateure, Funkschau 1967 Heft. 17 S. 523, 1967-09-01
- ²⁸⁰⁸ Schmiedekind, Lutz, [Internes Schreiben an] M-Gruppe / Verkauf, 1968-07-12, BASF SE UA P 924
- ²⁸⁰⁹ Grau, Werner [Leiter der Entwicklung / M-Gruppe], Protokoll Nr. 17/68 M-Gruppen-Gespräch vom 8.7.68, 1968-07-08, BASF SE UA P 923
- ²⁸¹⁰ Kühne, Fritz, Farbige Ela-Angebot in Berlin, FUNKSCHAU 1967, Heft 19, Seite 599 bis 601, 1967-10-01
- ²⁸¹¹ Schmidt, Heinz (BASF), PES 35 LH – Ein neuer Tonbandtyp für den Amateursektor, FUNK-TECHNIK 22/1967, Nr. 19, S. 741. 1967-10-30, BASF SE UA P 905
 • ders., Ein rauscharmes Hochpegelband, Funkschau 1968 Nr. 03 S. 75, 1968-02-01 (Sonderdruck), BASF SE UA P 905
- ²⁸¹² Verseemann, Hans Jochen, Rundbrief an alle Verkaufsbüros / Messe-Information Hannover-Messe 1968, 1968-05-08, BASF SE UA P 904
- ²⁸¹³ Wiegel, Wolfgang, Akten-Notiz: BASF Tonband / Zeitliche Durchführung der Umstellung auf neue Produkt-Kurz-Bezeichnungen, Einführung der neuen Spulen mit „technical look" und Umstellung auf Low-Noise-Qualität, 1968-03-15, BASF SE UA P 924
- ²⁸¹⁴ Harnisch, Wolfgang, BASF Tonband – Anlage zum Einzelhandelssammelbericht für Mai 1968, 1968-06-05, BASF SE UA P 907.3
- ²⁸¹⁵ Schmidt, Heinz (BASF), PES 35 LH – Ein neuer Tonbandtyp für den Amateursektor, FUNK-TECHNIK 22/1967, Nr. 19, S. 741. 1967-10-30, BASF SE UA P 905
 • ders., Ein rauscharmes Hochpegelband, Funkschau 1968 Nr. 03 S. 75, 1968-02-01 (Sonderdruck), BASF SE UA P 905
- ²⁸¹⁶ N. N. (BASF M-Gruppe/Verkauf), [Internes Schreiben an] M-Gruppe / Fabrikation, 1968-07-15, BASF SE UA P 924
- ²⁸¹⁷ Schmiedekind, Lutz, [Internes Schreiben an] M-Gruppe / Verkauf, 1968-07-12, BASF SE UA P 924
- ²⁸¹⁸ Bornhauser, Lothar, Kaufm. Reisebericht: Grundig-Werke Bayreuth, 1968-12-30, BASF SE UA P 929
- ²⁸¹⁹ N. N., Situationsbericht Juli 1968 / BASF-Verkaufsbüro Wuppertal, 1968-08-05, BASF SE UA P 907.3
- ²⁸²⁰ Quelle: Seiberth, Hans, Neue Entwicklungen auf dem Magnetbandgebiet, in: Die BASF (Hauszeitschrift des Unternehmens), Ausgabe Oktober 1971, 21. Jhg, Seite 79 (Auszüge und Überarbeitung von F.E.)
- ²⁸²¹ Schmidt, Heinz (BASF), PES 35 LH – Ein neuer Tonbandtyp für den Amateursektor, FUNK-TECHNIK 22/1967, Nr. 19, S. 741. 1967-10-30, BASF SE UA P 905
 • ders., Ein rauscharmes Hochpegelband, Funkschau 1968 Nr. 03 S. 75, 1968-02-01 (Sonderdruck), BASF SE UA P 905
- ²⁸²² Eigner, Thomas (BASF VB Hamburg), Kaufm. Reisebericht: AEG/Telefunken, Kundendienst, Bremen [über Reklamationen in 1968], 1969-03-17, BASF SE UA P 924
- ²⁸²³ Fahrig, N. N. (BASF Verkaufsbüro Frankfurt), Kaufm. Reisebericht: AEG/Telefunken, 1969-02-14, BASF SE UA P 924
 • Traut, N. N. (BASF Verkaufsbüro Hannover), Kaufm. Reisebericht: AEG/Telefunken, Geschäftsbereich Rundfunk, Fernsehen, Phono, 1969-02-25, BASF SE UA P 924
- ²⁸²⁴ Grosselfinger, Horst, Sparte M / Verkauf + Anwendungstechnik, Protokoll über den Bericht der Anwendungstechnik; Marktbeobachtungen und Produktanforderungen, 1971-10-20, BASF SE UA P 923
- ²⁸²⁵ N. N. (BASF M-Gruppe), [Seiten 2 und 3 eines Protokolls „34/68"], 1968-12-30, BASF SE UA P 924
- ²⁸²⁶ N. N. (BASF M-Gruppe / Entwicklung), Protokoll Nr. 1/69 M-Gruppen-Besprechung vom 13. Januar 1969, 1969-01-15, BASF SE UA P 924
- ²⁸²⁷ Grosselfinger, Horst, Kurzbeschreibung von derzeit vorhandenen Audio-Video-Produkten aus der Sicht der Anwendungstechnik, 1974-02-22, BASF SE UA P 923
- ²⁸²⁸ VAGH Description: UCARTM VAGH solution vinyl resin is a high molecular weight, hydroxyl-functional, partiallyhydrolyzed vinyl chloride / vinyl acetate resin. It is supplied as a powder. Applications: UCAR VAGH solution vinyl resin can be used for a wide range of coatings applications, including flexible packaging, wood finishes, paper coatings, metal decorative and container coatings, industrial maintenance and marine finishes, and as a binder in magnetic tape. Advantages: ... Crosslinkable with amino resins or polyisocyanates; Adhesion to vinyl, cellulosic and treated polyester and PE substrates (Quelle: N. N. (Dow Chemical Company), Product Information UCAR VAGH Solution Vinyl Resin, URL: <http://www.dow.com/sr/prod/> [2003-07-16])
- ²⁸²⁹ Grau, Werner [M-Gruppe / Entwicklung], Notiz über Tonbandbesprechung vom 26. 6. 1968, 1968-07-02, BASF SE UA P 923
- ²⁸³⁰ Zu zweit nach Moskau oder London? [Anzeige: BASF-Tonband-Preisausschreiben], Allgemeine Zeitung Ludwigshafen u.a. Zeitungen, 1969-09-26, BASF SE UA P 909.8
- ²⁸³¹ N. N., [Meldungen aus der Industrie], FUNKSCHAU 1973 Heft 14, Seite 1578
- ²⁸³² Bearbeiteter Auszug aus: Seiberth, Hans, Neue Entwicklungen auf dem Magnetbandgebiet, in: Die BASF (Hauszeitschrift des Unternehmens), Ausgabe Oktober 1971, 21. Jhg, Seite 79 (aktualisiert und kursive Zusatzzeile: F.E. 2003-07-14)
- ²⁸³³ DIN 45 513 Blatt 4, Ausgabe 1962-06
- ²⁸³⁴ Tetzner, Karl, Magnetische Informationsträger – ihre Technik und Wirtschaft (Interview Hans-Joachim Verseemann und Karl Uhl), FUNKSCHAU 1970, Heft 4, Seite 101 f. und Heft 5, Seite 141 f. (1970-02-15)
- ²⁸³⁵ Grosselfinger, Horst, Sparte M / Verkauf + Anwendungstechnik, Protokoll über den Bericht der Anwendungstechnik: Marktbeobachtungen und Produktanforderungen, 1971-10-20, BASF SE UA P 923
 • N. N., ton + band Heft 51, „Neu von der BASF: LPR 35 LH HiFi", Seite 15, o.D. (ca. 1971-11-30), BASF SE UA P 908.2 [Sammelkasten Mitteilungen ...]
- ²⁸³⁶ Grosselfinger, Horst (BASF Anwendungstechnik), Brief an Uher Werke München, 1973-06-12, BASF SE UA P 981.1
 • ders., Heimtonbänder mit professionellen Eigenschaften, FUNK-Technik 1973 Nr. 13 Seite 461, 1973-07-01
- ²⁸³⁷ Grosselfinger, Horst (BASF Anwendungstechnik), Brief an Uher Werke München, 1973-06-12, BASF SE UA P 981.1

- 2838 Singhoff, Werner (Agfa-Gevaert), PEM 368 und PEM 268 Professional / Neue Tonbänder von Agfa-Gevaert, INPHO 10/1974 Seite 18, 1974-10-01
ders., PEM 368 und PEM 268 – Neue Tonbänder für Amateure mit professionellen Qualitätsansprüchen, FUNK-Technik 1974 Nr. 12, Seite 436 f., 1974-06-15
- 2839 Grossefinger, Horst, Brief an Uher Werke, München, 1973-08-29, BASF SE UA P 981.1
• Andriessen, Wilhelmus, Besprechungsprotokoll vom 8.10.1973, 1973-10-24, BASF SE UA P 923
- 2840 BASF Tonband, Technische Daten DP 26 LH, Ausgabe Januar 1970 sowie BASF, Technische Daten / Tonband DP 26 LHS, o.D. (ca. 1975), Druck-Nr. 1120275
- 2841 N. N. (BASF), Seite 2 aus einem Protokoll Arbeitskreis „CC + Band“, 1976-08-31, BASF SE UA P 925
- 2842 N. N., BASF Studio- und Amateur-Bänder / Compact Cassetten-Entwicklung / Video-Produkte, o.D. (ca. 1981-12-31), BASF SE UA P 907.2
- 2843 N. N., Die BASF in Willstätt setzt auf den Computer, Badisches Tagblatt Baden-Baden, 1978-08-22, BASF SE UA Lektoratsordner 23
- 2844 Quelle: „G&I Spezialpanel“, entnommen aus „Werbung für BASF Unterhaltungsmedien 1973 – 1982, Fakten – Ziele – Umsetzungen“, o.D. (ca. 1983-03), BASF SE UA P 907.3
- 2845 Messungen des Verf., abgedruckt in C.R. (Reuber, Claus?), Chromdioxid auch für Spulentonband, Funk-Technik 37 (1982), Heft 5, Seite 183 f., 1982-05-01
- 2846 Langenholt, P.W., Das Streufeldübersprechen bei Vierspurgeräten, Radio-Mentor 1965 Nr. 09 S. 742, 1965-09-01, BASF SE UA P 905
• Frank, Reinhard, EE-Spulentonband im Test, Funk-Technik 37 (1982), Heft 6, S. 244 – 246, 1982-06-01
- 2847 Pers. Mitteilung von Rudolf Müller, März 2004
- 2848 Cabus, Hans-Joachim (?), EE- das neue Spulentonband: Mehr Leistung bei niedrigerer Geschwindigkeit, Information für die Fachpresse, BASF Lektoratsordner 24, o.D. (ca. 1982-08-05)
- 2849 N. N., AEG-Öffentlichkeitsarbeit, Frankfurt, Presseinformation: Einhundert Jahre: 1883 - 1983, 1983-04; S. 74: 1975-06-30: Mit Monatsende wird die Fertigung von Spulen-Tonbandgeräten bei Telefunken (Fabrikation Schwedenstraße, Berlin) eingestellt.
- 2850 Holenstein, Peter: Die sprechenden Maschinen – Studer-Revox, das Lebenswerk des Audiopioniers Willi Studer, S. 433, Schweizer Verlagshaus Zürich, 1996
- 2851 Brodtkorb, Fritjof: An Alternative System of Magnetic Recording: crossfiled bias; tape recorder, January 1969 (GB); <https://americanradiohistory.com/Archive-Studio-Sound/60s/Studio-Sound-1969-01.pdf>
• Tsobanoglou, Stratos Zwei Tonbandgeräte in Cross-Field-Technik, fono forum 10/1970, Seite 778 ff.; <https://fonoforum.de>
- 2852 Glaab, Arnold; Das Tonbandgerät - Theorie und Praxis, FUNKSCHAU 1972, Heft 6, Seite 500, 1972-03-15
• Constantin, Hermann, Das Tonbandgerät - Theorie und Praxis, FUNKSCHAU 1972, Heft 9 Seite 926, 1972-05-01
- 2853 N. N., Letzte Spulentonbandgeräte wandern in Museen, Funk-Technik Nr. 9, Seite 107, 1985-09-0
- 2854 Quelle: „G&I Spezialpanel“, entnommen aus „Werbung für BASF Unterhaltungsmedien 1973 – 1982, Fakten – Ziele – Umsetzungen“, o.D. (ca. 1983-03), BASF SE UA P 907.3

Magnetbandgeräte bei Schallplatten- und Rundfunk-Gesellschaften

- 2855 Weinzierl, Stefan und Franke, Christoph, „Lotte, ein Schwindel“. Geschichte und Praxis des Musikschnitts am Beispiel von Beethovens 9. Symphonie; Vortrag anlässlich der 22. Tonmeistertagung 2002, Hannover
- 2856 Couprie, Pierre, Les théories de Pierre Schaeffer, URL: <http://www.olats.org/pionniers/pp/schaeffer/theorieSchaeffer.shtml> [2005-11-12]
- 2857 Manion, Michael, From tape loops to Midi: Karlheinz Stockhausen's Forty Years of Electronic Music, o.D., URL: www.stockhausen.org/tape_loops.html (Stockhausen Verlag, Kürten)
- 2858 Butzmann, Frieder, Was nicht in der Bedienungsanleitung stand: Beobachtungen bei der Entwicklung und dem Umgang mit Tonaufnahme und –wiedergabesystemen im 20. Jahrhundert, Technikgeschichte Band 61 (1994) Nr. 1
- 2859 Kühne, Fritz, Elektronische Musik, FUNKSCHAU 1956 H. 24 S. 1027, 1956-12-15
- 2860 Morawska-Büngeler, Marietta: Schwingende Elektronen. Eine Dokumentation über das Studio für Elektronische Musik des Westdeutschen Rundfunks in Köln 1951-1986, Köln: Tonger 1988
- 2861 Dethlefsen, Carl, Elektronische Musik mit Magnetton-Geräten, FUNKSCHAU 1957 H. 21 S. 585, 1957-11-01

Telefunken-Magnetophone (Wedel, 1955 – 1964)

- 2862 *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
• ders., Eduard Schüller und seine Magnetophone, Telefunken in Wedel 1955 bis 1964, Broschüre zur Ausstellung, Museum Wedel, 2004, Polzer Media Group, ISBN 3-934535-25-9
- 2863 N. N., Notiz über Besprechung mit dem Vorstand am 4.7.1955, "Diskussion des Projektes G/W-Hmb (Gerätewerk Hamburg), Technisches Geschäft", Teilnehmer Telefunken FL (Firmenleitung) Berlin, Leitung Hannover, Leitung Hamburg, 1955-07-25
- 2864 Gau, Heinrich, Vorwort, in: N. N., Stadt an der Elbe, Marsch und Geest, Ein Heimatbuch zur 750-Jahrfeier [der Stadt Wedel], 1962
- 2865 Kuper, Gerhard, Eduard Schüller und seine Magnetophone, Telefunken in Wedel 1955 bis 1964, Broschüre zur Ausstellung, Museum Wedel, 2004, Polzer Media Group, ISBN 3-934535-25-9
- 2866 Konvolut von Besprechungsnotizen auf "oberen Ebenen" über Wohnraumbeschaffung und Finanzierung mit Amtsträgern, z. B. Bürgermeister Wedel, 1955-07-25 – Wirtschaftsministerium Kiel, 1955-11-14 – Ministerium für Arbeit, Soziales und Vertriebene in Kiel, 1955-12-20 – Sozialministerium und Wirtschaftsministerium in Kiel, 1955-12-28 – Sozialministerium Kiel, 1956-01-03 sowie: Besuch des Ministerialdirektors im Sozialministerium im Werk Wedel, 1956-04-27
- 2867 N. N., Notiz über Besprechung mit dem Vorstand am 4.7.1955, "Diskussion des Projektes G/W-Hmb (Gerätewerk Hamburg), Technisches Geschäft", Teilnehmer Telefunken FL (Firmenleitung) Berlin, Leitung Hannover, Leitung Hamburg, 1955-07-25
- 2868 Bormann, Rudolf und Dethlefsen, Carl (Telefunken), Magnetongerät, Patent DE 1 090 445, angemeldet 1960-10-06, ausgegeben 1961-03-30
- 2869 N. N., Aktennotiz, Besprechung in Wedel am 30.4.1959, "M 23", Teilnehmer u. a. Werner Nestel, die Leitung Hannover sowie die Technik Wedel, 1959-05-25
- 2870 N. N., Telefunken Hannover, Aktennotiz über Besprechung „Magnetophon-Programm 1955/56“, 1955-01-18 (AEG vertreten durch die Firmenleitung Frankfurt und Vertreter der lokalen Büros, Telefunken durch Leitung Hannover und Vertreter der Technik in Wedel)
- 2871 Holenstein, Peter: Die sprechenden Maschinen – Studer-Revox, das Lebenswerk des Audiopioniers Willi Studer, Schweizer Verlagshaus Zürich, 1996
- 2872 *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
- 2873 *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
- 2874 Kuper, Gerhard, Gespräche mit Heinz Neumann (ehemaliger Mitarbeiter aus Wedel, vom Service Hamburg, Konstanz)
• *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
- 2875 *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
- 2876 N. N., Aktennotiz über die Bereichszugehörigkeit des Studio- und Instrumentationsmagnetophons / Wedel - Konstanz, Hannover, 1959-06-30, darin Hinweis auf Vorschläge vom 1957-09-11, Vorstandssitzung vom 1958-05-05, Vorschläge von Hans Heyne 1958-06-23 und eine Vorstandsbesprechung vom 1959-01-26
• N. N., Besprechung Auslastung Wedel am 1959-09-11 in Ulm mit verschiedenen Alternativen
• N. N., Absprache-Notiz Produktionsumstellung für das G/W Hamburg, Anfang 1960
• N. N., Schreiben der Fabrikleitung an Mantz, N. N., Hannover zur Produktionsumstellung des G/W Hamburg [mit Hinweis, dass die Tonkopfentwicklung nach dem Umzug der Firma nicht noch länger in Wedel bleiben dürfe, was allerdings nicht verhindert werden konnte]
- 2877 N. N., Telefunken will neues Werk in Celle errichten, FUNKSCHAU 1961, Nr. 5 [Baubeginn April 1961, Produktionsbeginn 1962]
- 2878 N. N., Notiz der Firmenleitung zur Situation Wedel, 1960-03-15
- 2879 N. N., Notiz der Firmenleitung zur Situation Wedel, 1960-03-15
- 2880 N. N., Notiz der Firmenleitung zur Situation Wedel, 1960-03-15
• N. N., Bekanntmachung: Übernahme des Werkes Wedel durch die AEG, Telefunken GmbH und Betriebsrat, 1961-08-09

- N. N., Beschaffung von ungelernten bzw. angeleiteten gewerblichen Arbeitskräften, Notiz der Personalabteilung Wedel an die Firmenleitung, 1960-08-26
- N. N., Telefunken Wedel, Notiz an die Leitung in Hannover: Vorsorglicher Massenentlassungsantrag im Werk Wedel, 1961-10-10
- 2881 *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
 - ders., Eduard Schüller und seine Magnetophone, Telefunken in Wedel 1955 bis 1964, Broschüre zur Ausstellung, Museum Wedel, 2004, Polzer Media Group, ISBN 3-934535-25-9
- 2882 *Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
 - *Kuper, Gerhard, Interviews mit ehemaligen Servicetechnikern
 - *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
 - sowie Interviews in den Jahren 2003 bis 2007 mit
 - Günter Adebahr, ehemaliger Leiter der Tonkopffertigung
 - Hans-Roland Heller, Entwickler bei Telefunken in Wedel
- 2883 Gipp, Dietrich (Mitarbeiter von Telefunken von 1958 bis 1992), Interview mit Friedrich Engel, 2004-03-17
- 2884 Dethlefsen, Carl, „Magnetophon M5, ein neues Studiogerät“, Radio Magazin, Heft 5, 1955
- 2885 Dethlefsen, Carl, Magnetophon M5, ein neues Studiogerät, Radio Magazin, Heft 5, 1955
 - Bach, Franz, Tonbandgeräte, FUNKSCHAU Nr. 9, 1955-05-01
- 2886 Dethlefsen, Carl, Magnetophon M5, ein neues Studiogerät, Radio Magazin, Heft 5, 1955
 - Bach, Franz, Tonbandgeräte, FUNKSCHAU Nr. 9, 1955-05-01
- 2887 *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
 - ders., Gespräche mit Heinz Neumann (ehemaliger Mitarbeiter aus Wedel, vom Service Hamburg, Konstanz)
- 2888 N. N., Studio-Tonbandgerät Magnetophon M 5, achtseitige Produktbeschreibung, Juni 1961
 - Institut für Rundfunktechnik, Braunbuch-Beschreibungen: Magnetophon-Apparaturen R 83 / R 84, 1957-10-21; Magnetophon-Apparaturen mit Pilottonanschluß, 1957-09-29; Kopfräger R 93, 1957-10-23; Kopfräger R 93a, 1957-09-19; Kopfräger R 93b / R 93c, 1958-02-11
- 2889 Pers. Mitteilung Klaus Dieter, Juni 1007
- 2890 N. N., Telefunken, Werbebroschüren, Bedienungsanleitung und Werkstattanleitung für Magnetophon M 5, o.D.
- 2891 Habel, Fritz (Entwickler der Transistorregelung des Telefunken-Video-Rekorders in Berlin), persönliche Information an Gerhard Kuper
- 2892 NAB (National Association of Broadcasters), zwischen 1951 und 1958 NARTB (National Association of Radio and Television Broadcasters), „ein US-amerikanischer Wirtschaftsverband, der die Interessen und Rechte der dort ansässigen Radio- und Fernsehstationen sowie der Rundfunkverbünde vor dem Kongress der Vereinigten Staaten, der Federal Communications Commission (FCC) und den Gerichten vertritt“; URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/National Association of Broadcasters](http://de.wikipedia.org/wiki/National_Association_of_Broadcasters) [2007-06-15] sowie [http://www.tech-notes.tv/Archive/tech notes 027.htm](http://www.tech-notes.tv/Archive/tech%20notes%20027.htm) [2007-06-15]
- 2893 Gipp, Dietrich (Mitarbeiter von Telefunken von 1958 bis 1992), Interview mit Friedrich Engel, 2004-03-17
- 2894 Kuper, Gerhard, Gespräche mit Heinz Neumann (ehemaliger Mitarbeiter aus Wedel, vom Service Hamburg, Konstanz)
 - Gipp, Dietrich (Mitarbeiter von Telefunken von 1958 bis 1992), Interview mit Friedrich Engel, 2004-03-17
 - *Kuper, Gerhard, Interviews mit ehemaligen Servicetechnikern
- 2895 N. N., Arbeitsmappe des NWDR zum R 69, mehrere Briefe, Meßprotokolle, Konstruktionsvorschläge, Besprechungsprotokolle, AST (Arbeitsgruppe Sammlung Technikgeschichte des NDR)
- 2896 Kuper, Gerhard, Gespräche mit Heinz Neumann (ehemaliger Mitarbeiter aus Wedel, vom Service Hamburg, Konstanz)
- 2897 N. N., Arbeitsmappe des NWDR zum R 69, mehrere Briefe, Meßprotokolle, Konstruktionsvorschläge, Besprechungsprotokolle, AST (Arbeitsgruppe Sammlung Technikgeschichte des NDR)
 - Telefunken GmbH, Geschäftsbereich Geräte, Fachgebiet Technisches Magnetophon, Vierspur-Magnetophon T 9u, Produktbeschreibung, 1957-04-20
- 2898 N. N., Arbeitsmappe des NWDR zum R 69, mehrere Briefe, Meßprotokolle, Konstruktionsvorschläge, Besprechungsprotokolle, AST (Arbeitsgruppe Sammlung Technikgeschichte des NDR)
 - Kuper, Gerhard, Gespräche mit Heinz Neumann (ehemaliger Mitarbeiter aus Wedel, vom Service Hamburg, Konstanz)
- 2899 N. N., Arbeitsmappe des NWDR zum R 69, mehrere Briefe, Meßprotokolle, Konstruktionsvorschläge, Besprechungsprotokolle, AST (Arbeitsgruppe Sammlung Technikgeschichte des NDR)
 - N. N., Telefunken, Datenblatt Zweispur-Stereo-Magnetophon M 5, 1957-04-20
- 2900 Schüller, Ben-Michael, Die Geschichte des Magnettons / Technik ist kein Geheimnis, Telefunken Archivdienst, Mai-Juni 1960
- 2901 N. N., Vierte Geräteausstellung für Studiotechnik und elektronische Meßtechnik (Jahrestagung der DKG), Kintotechnik 4/1964, Seite 102, 1964-04-01
- 2902 Schürer, Joseph, Elektronisch gesteuertes Magnetfilmlaufwerk mit Reibradantrieb, KINO-Technik Nr. 4, 1959, Seite 29 ff.
 - N. N., Anzeige Telefunken für M 5/16 und M 5/175, HiFi-Stereophonie 1963, Heft 06
- 2903 Pers. Mitteilung von Klaus Dieter, Juni 2007, der diese Information von Josef Schürer bekommen hat
- 2904 N. N., (Berichterstattung Hannover-Messe), Kintotechnik 6/1964, Seite 150, 1964-06-01
- 2905 *Kuper, Gerhard, Interviews mit ehemaligen Servicetechnikern
- 2906 Kuper, Gerhard, Gespräche mit Heinz Neumann (ehemaliger Mitarbeiter aus Wedel, vom Service Hamburg, Konstanz)
 - N. N., IRT, Vorläufiges Pflichtenheft Magnettonlaufwerk R 89 (38,1 und 19,05 cm/s) und R 89 a (38,1 und 76,2 cm/s), Hamburg, 1959-06-24
 - N. N., Telefunken, Werbebroschüren, Bedienungsanleitung und Werkstattanleitung für Magnetophon M 10, o.D.
- 2907 N. N., Das kinotechnische Angebot auf der Deutschen Industriemesse [1958], KINO-TECHNIK Nr. 5/1958, Seite 135
- 2908 N. N. (Telefunken), Studio-Tonbandlaufwerk MAGNETOPHON M 10, 1963-03 (AH 7.1 März 63 IB 311)
 - *Kuper, Gerhard, Interviews mit ehemaligen Servicetechnikern
- 2909 N. N., Das kinotechnische Angebot auf der Deutschen Industriemesse [1958], KINO-TECHNIK Nr. 5/1958, Seite 135
- 2910 N. N. (Telefunken), Studio-Tonbandlaufwerk MAGNETOPHON M 10, 1963-03 (AH 7.1 März 63 IB 311)
- 2911 Gondesen, Karl-Erik und Vollmer, Heinz, Bildsynchrone Tonaufzeichnung bei Film und Fernsehen, in: Technik der Magnetspeicher, herausgegeben von Fritz Winckel, 2. Auflage; Springer Berlin Heidelberg New York 1977, S. 249 ff.
- 2912 N. N., (Berichterstattung Hannover-Messe), Kintotechnik 6/1964, Seite 150, 1964-06-01
- 2913 Bormann, Rudolf und Dethlefsen, Carl (Telefunken), Magnettongerät, Patent DE 1 090 445, angemeldet 1960-10-06, ausgegeben 1961-03-30
- 2914 N. N., Telefunken, Werbebroschüren, Bedienungsanleitung und Werkstattanleitung für Magnetophon M 10, o.D.
- 2915 Neumann, Heinz, Kursus M 10, Notizensammlung für die Kundensschulung, o.D.
 - N. N., Telefunken, Werbebroschüren, Bedienungsanleitung und Werkstattanleitung für Magnetophon M 10, o.D.
- 2916 Kuper, Gerhard, Gespräche mit Heinz Neumann (ehemaliger Mitarbeiter aus Wedel, vom Service Hamburg, Konstanz)
- 2917 N. N., Telefunken, Werbebroschüren, Bedienungsanleitung und Werkstattanleitung für Magnetophon M 10, o.D.
- 2918 N. N., Telefunken Hannover, Aktennotiz über Besprechung „Magnetophon-Programm 1955/56“, 1955-01-18 (AEG vertreten durch die Firmenleitung Frankfurt und Vertreter der lokalen Büros, Telefunken durch Leitung Hannover und Vertreter der Technik in Wedel)
- 2919 Włodarczak, Heinz, Das Kleinstudiogerät Magnetophon M 23, Feinwerktechnik, Heft 6 1959
- 2920 N. N., Aktennotiz, Besprechung in Wedel am 30.4.1959, „M 23“, Teilnehmer u. a. Werner Nestel, die Leitung Hannover sowie die Technik Wedel, 959-05-25
- 2921 Dethlefsen, Carl, Magnetophon M24, ein neues Kleinstudiogerät, FUNKSCHAU Nr. 1, 1960-01-01

- 2922 *Kuper, Gerhard, Interviews mit Walter Schult
- 2923 N. N., Aktennotiz, Besprechung in Wedel am 30.4.1959, „M 23“, Teilnehmer u. a. Werner Nestel, die Leitung Hannover sowie die Technik Wedel, 1959-05-25
- 2924 Quelle: Handbuch 1962 des Verbandes Deutscher Rundfunk- und Fernseh-Fachgroßhändler (VDRG), Preis DM 2275 genannt; Quelle: Erb, Ernst, Datenbankseite „Magnetophon M26KL (M 26 KL)“; URL: http://www.radiomuseum.org/r/telefunken_magnetophon_m26kl.html [2007-07-11]
- 2925 N. N., Telefunken Hannover, Werbebroschüre Tonbandgeräte Magnetophon, 1962/63
- N. N., Telefunken Konstanz, Magnetband-Analogspeicher MAS 24, Beschreibung und Bedienungsanleitung, 1962-09
 - N. N., Telefunken Konstanz, Magnetband-Analogspeicher MAS 24-2 und MAS 24-4, AH, 1962-12
 - N. N., Telefunken Konstanz, Totzeitkopfräger und Endlosschleifeneinrichtung Tz-Kt, für Magnetbandanalogspeicher MAS 24, AH, 1963-12
- 2926 Telefunken Unterlagen: Werbebroschüren, Bedienungsanleitung und Werkstattanleitung für Magnetophon M 23, sowie Stromlaufplan 11.2 99 00 00 - 00(1), M 23 50/60Hz, Chassis mit Endverstärker (der Stromlaufplan enthält Korrekturen zwischen 1958-10-20 und 1959-02-25)
- 2927 Dethlefsen, Carl, Magnetophon 24, ein neues Kleinstudiogerät, FUNKSCHAU Heft 1/1960, 1960-01-01
- 2928 N. N., Telefunken, Produktbeschreibung, Bedienungsanleitung und Werkstattanleitung für Magnetophon M 24
- ## Magnettontechnik im NWDR-Hörrundfunkbetrieb
- 2929 Gondesens, Karl-Erik, Stand der Magnetofontechnik im Rundfunkbetrieb, NWDR Technische Hausmitteilungen Nr. 3/1950, Seite 79 ff.
- 2930 Gondesens, Karl-Erik, Stand der Magnetofontechnik im Rundfunkbetrieb, NWDR Technische Hausmitteilungen Nr. 3/1950, Seite 79 ff.
- 2931 Thiele, Heinz: Magnetton-Geräte bei der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft und deren Vorgeschichte, Fernseh- und Kino-Technik Nr. 9/1987, S. 412 ff
- 2932 Kuper, Gerhard: „Eduard Schüller und seine Magnetophone – Telefunken in Wedel 1955 – 1964“, Wedel 2004, Polzer
- 2933 Prospekte „AEG Magnetophon-Gerät, Type T 8 N“, MgtH 17, (handschriftlich vermerkt: 12.600.-, vermutlich DM); AEG Magnetophon Type T 8, Beschreibung und Betriebsanweisung, MgtV 3. 1000. 11. 47, Originale im Besitz von Frank Bell, sowie Kopie der Informationsmappe 015 (MgtV 1, Jan. 49): „AEG Magnetophon K 8, Hochfrequenzgerät“.
- 2934 Enkel, Fritz, Die Betriebstechnik im Spiegel der Statistik, NWDR Technische Hausmitteilungen Nr. 4 /1950, Seite 148 ff;
- ders.: Die Wartung der elektroakustischen Anlagen im Funkhaus Köln, NWDR Technische Hausmitteilungen, Jahrgang 5, Sonderausgabe Nr. 5/6, 1953 Das neue Kölner Funkhaus des Nordwestdeutschen Rundfunks
- 2935 Bell, Frank, Interview mit Helga Diercks-Norden am 24. Februar 2007 in Hamburg. Frau Diercks-Norden, geb. 1924, hatte in Berlin beim Telegraf volontiert (ausgebildet von Annedore Leber) und am 1. September 1946 das Schriftleiter-Examen bestanden. Eine Festanstellung lehnte sie ab, weil sie durch eine Nebentätigkeit ab August im Studio Berlin des NWDR „vom Rundfunk infiziert“ war. Sie arbeitete zunächst für beide Medien, bis sie am 12. Dezember 1946 nach Hamburg zur NWDR-Zentrale versetzt wurde: „Ich hatte mich bei Hugh Carleton Greene vorgestellt, der mir danach eine Stelle in Hamburg anbot.“ Am 1. Januar 1947 folgte die Festanstellung.
- 2936 Bell, Frank, Telefongespräch mit Helga Diercks-Norden im November 2006.
- 2937 Bell, Frank, Gespräch am 30. Juni 2007 mit Barbara Reiter. Sie absolvierte 1963/64 eine Ausbildung an der Schule für Rundfunktechnik (SRT) in Nürnberg, ging dann zu Radio Bremen und 1973 zum Bayerischen Rundfunk nach München. Abitur oder eine Lehre in Rundfunk- und Fernsichttechnik waren bei der SRT Eingangsvoraussetzung ebenso wie musikalische Kenntnisse (Noten, Instrument, Partiturenlesen).
- 2938 Gondesens, Karl-Erik, Stand der Magnetofontechnik im Rundfunkbetrieb, NWDR Technische Hausmitteilungen Nr. 3/1950, Seite 79 ff.
- 2939 Gondesens, Karl-Erik, Stand der Magnetofontechnik im Rundfunkbetrieb, NWDR Technische Hausmitteilungen Nr. 3/1950, Seite 79 ff.
- 2940 Gondesens Karl-Erik, Umbau des Magnetofon-Laufwerkes B-R 28, NWDR Technische Hausmitteilungen, Nr. 7/8 1950, S. 321 ff.
- 2941 Gondesens Karl-Erik, Umbau des Magnetofon-Laufwerkes B-R 28, NWDR Technische Hausmitteilungen, Nr. 7/8 1950, S. 321 ff.
- 2942 Enkel, Fritz, Ein Beitrag zur Schmierung von Magnetofonanlagen, NWDR Technische Hausmitteilungen 1951, Nr. 5, Seite 84
- 2943 Enkel, Fritz, Die Betriebstechnik im Spiegel der Statistik, NWDR Technische Hausmitteilungen Nr. 4, 1950, Seite 148 ff.
- 2944 Enkel, Fritz, Funkhaus-Messdienst, Vortrag, gehalten am 17. November 1949 aus Anlass der Technischen Arbeitstagung in Hamburg in: NWDR Technische Hausmitteilungen Nr. 5 1949, Seite 156ff
- 2945 Enkel, Fritz, Die Wartung der elektroakustischen Anlagen im Funkhaus Köln, NWDR Technische Hausmitteilungen Jahrgang 5 1953, Sonderausgabe „Das neue Kölner Funkhaus des Nordwestdeutschen Rundfunks“ Nr. 5/6
- 2946 N. N., Technische Tagung der Rundfunkanstalten in Baden-Baden vom 27. - 29. September 1950 in: NWDR Technische Hausmitteilungen 1950, Nr. 11, S. 378; Schießer war von der AEG nach dem Krieg ins Rundfunktechnische Institut gewechselt.
- 2947 Gondesens, Karl-Erik, Überblick über den Stand der Magnettontechnik im Rundfunkbetrieb, NWDR Technische Hausmitteilungen 1951, Nr. 12, S. 221 ff.
- 2948 So auch beim R 69 u und bei M 5-Maschinen in der Sammlung Frank Bell (M 5: mechanisch, M 5 C: elektromagnetisch, zum Teil nachrüstbar).
- 2949 N. N., Auszug aus dem Tagungsbericht von der Technischen Tagung der Rundfunkanstalten in Baden Baden vom 27. bis 29. September 1950, in: NWDR Technische Hausmitteilungen 1950, Nr. 11 Seite 378 f.
- 2950 Gondesens, Ein neues Magnettongerät für Batteriebetrieb, R 64 bzw. R 65, NWDR Technische Hausmitteilungen 1951, Nr. 10/11, Seite 180 ff.
- 2951 Bell, Frank, Telefonat mit Götz Corinth am 20. Juni 2007, vgl. das Foto auf Seite 183 (Senkrechtbetrieb) im Aufsatz „Ein neues Magnettongerät für Batteriebetrieb, R 64 bzw. R 65“ von Gondesens in den NWDR-Technischen-Hausmitteilungen Nr. 10/11, 1951. R 65a Nr. 107 im Besitz von Frank Bell ist für Waagrechtbetrieb gedacht.
- 2952 Gondesens, Karl-Erik, Neue Pausenzeichenmaschine B-R 30, in NWDR Technische Hausmitteilungen Nr. 7/8 1950, S. 318 ff
- 2953 Gondesens, Karl-Erik, Neue Pausenzeichenmaschine B-R 40 in: NWDR Technische Hausmitteilungen, 1951, Nr. 10/11, S. 184 f.
- 2954 Prospekte „Ela Telefunken Studio-Technik, Sammeliste ST 4“, 1971, Schaltplan EAB R 52, Prospekt EAB R 52 c (ca. 1973), „Tonstudiotechnik“ EMT-Franz, 1980, Schaltplan R 40 c, alle in der Sammlung des Verf.
- 2955 Gondesens, Karl-Erik, Das neue Koffer-Magnettongerät für Reportagezwecke R 85, NWDR Technische Hausmitteilungen, Jahrgang 6 1954, Seite 127.
- 2956 Rindfleisch, Hans, Technik im Rundfunk, Verlag Mensing Norderstedt 1985, Seite 155; E-Mail von Roland Schellin vom 18. Juni 2007.
- 2957 Interview des Verfassers mit Helga Diercks-Norden am 24. Februar 2007 sowie Telefongespräch im November 2006.
- 2958 Braunbuchbeschreibung I/B-R 25, 25. Oktober 1948, Ga/Go(ndesen)/Ra, wobei auffällt, dass die Bandgeschwindigkeit des RRG-Geräts R 26 beibehalten wurde.
- 2959 Betriebsanweisung II/B-R25/1, Ga/Go(ndesen)/Ra
- 2960 Wersche, Monika, Ingenieur Hugo Maihak: Eine Geschichte, URL: www.funkstunde.com
- 2961 Pers. Mitteilung von Götz Corinth, Mainz, 2005
- 2962 Schellin, Roland, Federwerktonbandgeräte / History of clock-work-driven tape recorders, Funk Verlag Bernhard Hein E. K., 2009; ISBN-10: 3939197203 / ISBN-13: 978-3939197201
- 2963 Schürer, Josef, Brief an den Intendanten des Bayerischen Rundfunks. 1950-02-03
- 2964 Schellin, Roland, Federwerktonbandgeräte / History of clock-work-driven tape recorders, Funk Verlag Bernhard Hein E. K., 2009; ISBN-10: 3939197203 / ISBN-13: 978-3939197201
- 2965 N. N., Maihak-Druckschrift 1521 vom April 1958, in Smlg Frank Bell.
- 2966 N. N., Maihak-Prospekt „Ein neues netzunabhängiges Tonband-Koffergehäus für hohe Ansprüche“, o.D., in Smlg Frank Bell.
- 2967 Gondesens, Karl-Erik, Das neue Koffer-Magnettongerät für Reportagezwecke R 85, NWDR Technische Hausmitteilungen 6/1954, S. 127 ff
- 2968 Bell, Frank, Telefongespräch mit Udo Stepputat im Dezember 2006.
Udo Stepputat, Jahrgang 1928, studierte in der damaligen DDR Nachrichtentechnik und kam 1953 zum NWDR Hamburg, wo er die Tonmesstechnik leitete. Anschließend war er verantwortlich für die Einführung der 16-mm-Filmtechnik beim Sender. Bis 1966 blieb er beim NDR, das letzte Jahr als Technischer Leiter des Funkhauses Hannover. Am 1.

Januar 1967 übernahm er die Position des Chefindgenieurs beim Fernsehstudio München (FSM), einer Tochtergesellschaft des ZDF. Er war unter anderem technisch verantwortlich für Übertragungen der Olympischen Spiele und der Fußball-Weltmeisterschaft, richtete in aller Welt Studios ein, so zum Beispiel für Carsten Diercks in Neu Delhi.

²⁹⁶⁹ Bell, Frank, Telefongespräch mit Carsten Diercks im November 2006

²⁹⁷⁰ In der Smlg Frank Bell befinden sich neben dem Ferrophon III c 3 Phono-Rex-Typen 19 nur Wiedergabe, 9,5/19 sowie 19/38 Aufnahme/Wiedergabe mit Rückkopplungsempfängern.

²⁹⁷¹ Burkowitz, Peter (im Gespräch mit Friedrich Engel, Gerhard Kuper, Frank Bell, Joachim Polzer): Lebensbilanz: 80 Jahre Klängaufzeichnung, Polzer Media Group, 2012, 978-934535-30-5

Professionelle Magnetbänder der 1950er Jahre

²⁹⁷² BASF, Anwendungstechnische Abtlg., Hauptbüro, Merkblatt (Entwurf): Magnetophonband BASF Typ LGS, 1954-04-12, BASF SE UA B4 / 1691

• N. N., Datenblatt ohne Titel (Magnetophonbänder L-extra, LGS, LGN), Juni 1954, BASF SE UA P 974

²⁹⁷³ Schießler, Hans, Magnettonatung der UER, ETZ Nr. A 1953 S. 26, 1953-01-01

²⁹⁷⁴ Der Schweizerische Rundfunk setzte einen Prototyp des Studer-Magnetbandgeräts A27 für Aufnahmen während der Internationalen Musikfestwochen August 1951 in Luzern ein. Die überzeugende technische (abgesehen von der überragenden interpretatorischen) Qualität der mit 38,1 cm/s produzierten Aufnahmen veranlasste die PTT, insgesamt 60 dieser Maschinen zu beschaffen. – Quelle: Holenstein, Peter: Die sprechenden Maschinen – Studer-Revox, das Lebenswerk des Audiopioniers Willi Studer, Seite 142, Schweizer Verlagshaus Zürich, 1996

²⁹⁷⁵ N. N., Jahresbericht der Verkaufsabteilung 1953, 1953-12-31, BASF SE UA T 002 Jahresberichte

²⁹⁷⁶ Dobritz, Walter, [Internes Schreiben an] Dir. Overhoff, 1954-12-22, BASF SE UA P 900

²⁹⁷⁷ Arbeitskommission Schallaufzeichnung der Rundfunkanstalten der Bundesrepublik, Grundsätzliche Anforderungen an Magnettonanlagen und Richtlinien zu deren Einstellung, 1955-06-29

²⁹⁷⁸ ARD, RTI Nürnberg, Pflichtenheft Magnettonbänder für 19 cm/s Bandgeschwindigkeit (1955-12-), 38,1 cm/s Bandgeschw. (1954-07) und 76, 2 cm/s Bandgeschw (1955-11), BASF P 972

²⁹⁷⁹ Robl, Rudolf, [Internes Schreiben an] BASF Verkauf K 3, 1955-12-27, BASF SE UA B4 / 1691

²⁹⁸⁰ N. N., Jahresproduktion der Magnetophonband- und Luvithern-Fabrik (1937 – 1949; 1950 – 1963, maschinen- und handschriftliche Tabelle o.D., ca. 1960, BASF SE UA P 923)

²⁹⁸¹ Knobloch, Hans, Messebericht Nr. 360 / Magnetophonband, allgemein, 1954-05-04, BASF SE UA P 904

²⁹⁸² BASF, Datenblatt ohne Titel [LGS, L-extra, LGR („in Vorbereitung“)], 1955-01-13, BASF SE UA P 974

²⁹⁸³ N. N. (Verkaufsabteilung K / Magnetophonband-Gebiet), Vertreter-Konferenz / Magnetophonband-Gebiet / Verkaufsabteilung K / Ludwigshafen/Rhein, 22. und 23. März 1955, 1955-03-22, BASF SE UA P 907.5

²⁹⁸⁴ Robl, Rudolf, „Historische Entwicklung der Magnetophonbandfabrikation in L'hafen“, Auszug aus dem Protokoll der Magnetophonbandtagung am 22. und 23. 03. 1955 in Ludwigshafen; Seiten 26 – 30, „Referat Dr. Robl“, Nachschrift (Typoskript), BASF SE UA P 907.5

²⁹⁸⁵ N. N., Jahresbericht der Verkaufsabteilung 1955, 1955-12-31, BASF SE UA T 002 Jahresberichte

²⁹⁸⁶ Dass es sich bei DE 1 101 000 tatsächlich um ein neuartiges Merkmal handelt, zeigt eine Aktennotiz der Agfa Leverkusen, in der Dr. Friedrich Krones die „*rotgefärbte Mattierungsschicht auf der Rückseite des Bandes (ca. 4 µ)*“ so eingehend beschreibt, wie es nur bei bisher unbekannten Eigenschaften notwendig ist. – Quelle: Krones, Friedrich, Aktennotiz Nr. 3/57: Betr. Konkurrenz-Bericht BASF-LGR-Bänder, Photofabrik Leverkusen / Prüfstelle Magneton, 1957-04-06

²⁹⁸⁷ Robl, Rudolf, Merkel, Erich: Bandförmiger Magnetogramträger, DE 1 101 000, angemeldet 1955-11-04, Ausgabe am 1961-09-14. Die Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein, woraus geschlossen werden kann, dass keine maßgeblichen Einwände erhoben wurden.

²⁹⁸⁸ Jarczyk, Franz Christian, Interview mit Friedrich Engel (CD „Zeitzeugen der Magnetband-Geschichte: Franz Christian Jarczyk“), aufgezeichnet 2001-02-01

²⁹⁸⁹ N. N., BASF Verkauf K 3, [Entwurf zu einem Internen Brief an] Aweta/Kuro, 1956-07-16, BASF SE UA B4 / 1795

²⁹⁹⁰ Robl, Rudolf, Aktennotiz zu Reisebericht Kollek Nr. 1180, 1956-08-03, BASF SE UA P 923 – Der Firmensitz der Couleurs de Provence war nur noch anhand von Patenten zu ermitteln (FR 1162430 und DE 1057583)

²⁹⁹¹ N.N., Produktstammbaum für die Heimton- und Studioprojekte [Textgrafik], o.D. (ca. 1979), BASF SE UA P 952

²⁹⁹² Wintersberger, Karl, Bericht der Gruppe Dr. Wintersberger für das II. Quartal 1962, 1962-07-04, BASF SE UA D 102/1d

²⁹⁹³ Krones, Friedrich, Aktennotiz Nr. 3/57: Betr. Konkurrenz-Bericht BASF-LGR-Bänder, Photofabrik Leverkusen / Prüfstelle Magneton, 1957-04-06

²⁹⁹⁴ Daragan, Nicolai (SWF), Entwicklungsstand der Magnettonbänder, Südwestfunk / Technische Blätter Heft 3 Aug./Sept. 1958 S. 2

²⁹⁹⁵ N. N., Jahresbericht der Verkaufsabteilung 1957, 1957-12-31, BASF SE UA T 002 Jahresberichte

²⁹⁹⁶ Singhoff, Werner, Die Geschichte des Agfa-Magnetbandes, unveröff. Manuskript, Mai 2006

²⁹⁹⁷ Diese Pegelanhebung spiegelt sich im Bandfluss der entsprechenden Bezugsbänder wider: er wurde von 320 nWb/ auf 514 nWb/m angehoben, was +4,1 dB entspricht

²⁹⁹⁸ Grau, Werner [M-Gruppe / Entwicklung], Notiz über Tonbandbesprechung vom 26. 6. 1968, 1968-07-02, BASF SE UA P 923

²⁹⁹⁹ Grosselfinger, Horst Sparte M / Verkauf + Anwendungstechnik, Protokoll über den Bericht der Anwendungstechnik: Marktbeobachtungen und Produktanforderungen, 1971-10-20, BASF SE UA P 923

³⁰⁰⁰ Hammon, Fritz, Professionelle Bänder, o.D. (ca. 1962-01-01), Smlg Hammon

³⁰⁰¹ N. N., BASF Studio-Preisliste / gültig ab 1.2.1983, WMNr IAP – 3400, 1983-02-01, BASF SE UA P 907.1

³⁰⁰² N. N., Prospekt „BASF Professional Tapes“, o.D. (ca. 1974-12), BASF SE UA P 922

³⁰⁰³ Krones, Friedrich, Agfa Magneton-Abteilung, in: Berger, Heinz (Hrsg.), Geschichte der Agfa Aktiengesellschaft in Leverkusen, o.D. (ca. 1966)

³⁰⁰⁴ N. N., BASF Pressestelle; MAGNETOPHONBAND BASF / Auf der Deutschen Rundfunk- Fernseh- und Phono-Ausstellung ..., o.D. (ca. 1958-08-01), BASF SE UA P 909.2

³⁰⁰⁵ N. N., DIN – NAB – IEC – Bezugsbänder – Bezugfilme – Test- und Einstellbänder für Magnettonanlagen – hergestellt bei der BASF, o.D. (ca. 1978-12), BASF SE UA P 973

³⁰⁰⁶ BASF AG, Studioband LGR 51 [Datenblätter deutsch und englisch], 1986-03-01, BASF SE UA P 974. Hier ist allerdings der Klirrfaktor bei Aussteuerung auf 320 nWb/m absichtlich im Bereich -60 dB eingetragen worden.

³⁰⁰⁷ BASF AG, Studioband LGR 50 [Datenblatt deutsch], 1988-01-07, BASF SE UA P 974

³⁰⁰⁸ Für den Abschnitt „Willstätt – Fertigungs-Schwerpunkt für drei Jahrzehnte“ sind ohne Einzelnachweis folgende Dokumente herangezogen worden:

• Mahler, Karl, 20 Jahre Werk Willstätt, 1983-06-29, BASF SE UA P 920

• Hirschberg, Ekkehard, 25 Jahre Magnetband aus Willstätt / Willstätt ein Produktionsstandort mit Perspektive“, in Datenbank „useFUL“ der BASF SE als 11010.pdf, 1991-10-26

• Büllersbach, Martin, 25 Jahre Magnetbandgeschichte: - Entwicklung des Standorts [Willstätt] im Zeitraffer, 1991-10-25

³⁰⁰⁹ N. N., BASF Aktiengesellschaft, Jahresbericht der Verkaufsabteilung 1965, o.D. (ca. 1966-03-31), BASF SE UA T 002

• N. N. (BASF Verkauf Direktionsabteilung), 29. VB-Leiter-Besprechung in Ludwigshafen: Referate und Diskussionen, Referat Verseemann (S. 55 – 61), 1968-11-13, BASF SE UA T 03

³⁰¹⁰ hf, Kein Zweigwerk in Bad Dürkheim, General-Anzeiger, Ludwigshafen, 1964-05-30, BASF SE UA Lektoratsordner 03

Fricke, K.W., Das große Tonbandgeschäft, Rheinischer Merkur, 1964-07-10, BASF SE UA Lektoratsordner 03

³⁰¹¹ Schadt, Wilhelm, Willstätt und die BASF, 1964-12, BASF SE UA P 920

ders., Errichtung einer Magnetophonband-Fabrik der BASF-Ludwigshafen in Willstätt, 1964-05-31, BASF SE UA P 920

³⁰¹² N. N. (H/G), Magnetophonbandfabrik Willstätt (Behörden-Besprechung, 1964-05-05, BASF SE UA P 920

³⁰¹³ Diverse Bilder von den Einweihungsfeierlichkeiten vom 1965-11-15 aus Willstätt, BASF SE UA Bildarchiv P 923 T 01

³⁰¹⁴ Heene, Gerd Volker, Die Magnetophonbandfabrik Willstätt / Wie es dazu kam und wie sie wurde, o.D. (ca. 1964-04-01), BASF SE UA P 920

- ³⁰¹⁵ Grau, Werner [M-Gruppe / Entwicklung], Notiz über Tonbandbesprechung vom 26. 6. 1968, 1968-07-02, BASF SE UA P 923
ders., Protokoll Nr. 17/68 M-Gruppen-Gespräch vom 8.7.68, 1968-07-08, BASF SE UA P 923
- ³⁰¹⁶ hof., Die BASF engagiert sich stärker in der Elektronik, FAZ, 1970-04-25, BASF SE UA P 909.4
• N. N., Notiz, „Das erste von der BASF Automation GmbH in Heidelberg ...“, büro- und Informationstechnik, Baden-Baden, 1970-08-01, BASF SE UA Lektoratsordner 01
- ³⁰¹⁷ Thum, Helmut, Ausführungen anlässlich der Pressekonferenz am 21. Mai 1973 in Willstätt; 1973-05-21, BASF SE UA P 909.0
- ³⁰¹⁸ rüm (?), Die BASF wollen in Willstätt langfristig expandieren, Kehler Zeitung, 1975-10-12, BASF SE UA Lektoratsordner 01
- ³⁰¹⁹ M-Gruppe, Lehrer und Trainer, Notiz „Magnetophonband BASF / BASF Magnetband / Neue Produktbezeichnung“, 1966-07-19
- ³⁰²⁰ N. N., Kurzmeldung: Magnetophon für Telefunken als Warenzeichen in die Warenzeichenrolle eingetragen, FUNKSCHAU 1958, Heft 4, S. 161, 1958-02-15
- ³⁰²¹ Wiegand, Wolfgang [M-Gruppe/Verkauf], Umstellung unserer Typen-Bezeichnung, 1967-10-31, BASF SE UA P 924

AEG-Telefunken-Magnetophone aus Konstanz (1960 – 1989)

- ³⁰²² Ohling, Gertrud und Schaaf, Winfried, Erkennen worauf es ankommt / Wir schreiben Technikgeschichte, AEG Electrocom Konstanz (Hg.), Stadler Verlagsgesellschaft Konstanz 1994
- ³⁰²³ Holenstein, Peter: Die sprechenden Maschinen – Studer-Revox, das Lebenswerk des Audiopioniers Willi Studer, Schweizer Verlagshaus Zürich, 1996, S. 165
- ³⁰²⁴ Neumann, Heinz, Inoffizielle Schulungsunterlagen für den Service am Magnetophon M 10A, o.D.
• N. N., Telefunken, Produktprospekte, Bedienungsanleitung und Werkstattanleitung für Magnetophon M 10A
- ³⁰²⁵ N. N., Informationsblatt Magnetophonbandtechnik: >magnetophon< Studio-Tonbandlaufwerk M 10A, AEG-Telefunken Konstanz, o.D. (GIB 042 0170 = 1970-01?)
- ³⁰²⁶ Sarser, David, Origin of 3 Track 1/2" Recorders and Reasons for their Use, URL: <http://recordist.com/ampex/docs/3trackhistory.html> [2008-12-24]
- ³⁰²⁷ N. N., Informationsblatt Magnetophonbandtechnik: >magnetophon< Studio-Tonbandlaufwerk M 10A, AEG-Telefunken Konstanz, o.D. (GIB 042 0170 = 1970-01?)
- ³⁰²⁸ W.S., Internationale Ela-Ausstellung Paris 1969, FUNK-TECHNIK 1969 Nr. 10 S. 391
- ³⁰²⁹ N. N., AEG-Telefunken, Informationsblatt GIB 045, o.D. (ca. 1968-11; Drucknummer GIB 045 1168); DRA Frankfurt/Main
- ³⁰³⁰ N. N., Telefunken, Informationsblatt Magnetophon Schnellkopieranlage M 1028, vierseitige Beschreibung (DIN A4), o.D. (GIB 119 0371 = 1971-03?)
- ³⁰³¹ N. N., Hannover-Messe 1971 – Professionelle und semiprofessionelle Tontechnik, AEG-Telefunken – Studio-Tonbandgerät, Fernseh- und Kameratechnik 1971 Nr. 8, S. 285
- ³⁰³² Rose, Christoph und Stegmeier, Frank, die Tonbandgeschichte von den Anfängen bis heute, URL: <http://www.tonbandgeschichte.de.vu> [2006-03-08]
- ³⁰³³ N. N., AEG-Telefunken / Magnetbandtechnik, M15-Mehrspuranlagen, Technische Beschreibung, Ausgabe 1271, o.D. (Dezember 1971?)
- ³⁰³⁴ N. N., Anzeige „Ist Ihre Studio-Ausrüstung noch up-to-date?“, Fernseh- und Kameratechnik 11/1971, S. 403
- ³⁰³⁵ Wermuth, Jürgen: Dynamik-Erweiterung durch neuartigen Studio-Kompanzer; Funkschau 1975, H. 18, S. 103-106
- ³⁰³⁶ Eller, Wolfgang, Studer A816 - Neue 1/4"-Stereobandmaschine mit deutscher Schichtlage, Audio Professional 4/1992, Seiten 30 bis 37
- ³⁰³⁷ Ohling, Gertrud und Schaaf, Winfried, Erkennen worauf es ankommt / Wir schreiben Technikgeschichte, AEG Electrocom Konstanz (Hg.), Stadler Verlagsgesellschaft Konstanz 1994

AEG-Telefunken-Magnetophone aus Konstanz (1960 – 1989)

- ³⁰³⁸ Ohling, Gertrud und Schaaf, Winfried, Erkennen worauf es ankommt / Wir schreiben Technikgeschichte, AEG Electrocom Konstanz (Hg.), Stadler Verlagsgesellschaft Konstanz 1994
- ³⁰³⁹ Wi., Film- und Kameratechnik auf der photokina 1968, Kino-Technik 1968 Nr. 12, S. 313
- ³⁰⁴⁰ Gipp, Dietrich, persönliche Mitteilung an F.E., 2006-10-27
- ³⁰⁴¹ Dethlof, Hans-J., persönliche Mitteilung an Gerhard Kuper, 2007-09-05
- ³⁰⁴² N. N., AEG-Telefunken, handschriftliche Lieferunterlagen, Aufstellungen M 20, M 21 und M 21R, datiert nach Auslieferungsdatum
- ³⁰⁴³ Ohling, Gertrud und Schaaf, Winfried, Erkennen worauf es ankommt / Wir schreiben Technikgeschichte, AEG Electrocom Konstanz (Hg.), Stadler Verlagsgesellschaft Konstanz 1994
- ³⁰⁴⁴ Holenstein, Peter: Die sprechenden Maschinen – Studer-Revox, das Lebenswerk des Audiopioniers Willi Studer, Schweizer Verlagshaus Zürich, 1996
- ³⁰⁴⁵ N. N., AEG-Telefunken, Prospekt „magnetophon 21“, o.D. (ca. 1983); URL: <http://www.hilpert-audio.de/audio/dokumente/ProspektM21-D.pdf> [2007-04-28]
- ³⁰⁴⁶ N. N., AEG-Telefunken, Prospekt „magnetophon 21“, o.D. (ca. 1983); URL: <http://www.hilpert-audio.de/audio/dokumente/ProspektM21halbz-D.pdf> [2007-04-28]
- ³⁰⁴⁷ N. N., AEG-Telefunken, Prospekt „magnetophon 21“, o.D. (ca. 1983); URL: <http://www.hilpert-audio.de/audio/dokumente/ProspektM21R-D.pdf> [2007-04-28]
- ³⁰⁴⁸ N. N., AEG-Telefunken, handschriftliche Lieferunterlagen, Aufstellung M 21R, datiert nach Auslieferungsdatum
- ³⁰⁴⁹ N. N., AEG-Telefunken, Prospekt „magnetophon 20“, o.D. (Drucknummer enthält „0986“, wohl 1986-09); URL: <http://www.hilpert-audio.de/audio/dokumente/ProspektM20-D.pdf> [2007-04-28]
- ³⁰⁵⁰ N. N., AEG-Telefunken, handschriftliche Lieferunterlagen, Aufstellung M 20, vorletztes und letztes Blatt (u.a. August 1989)
- ³⁰⁵¹ Holenstein, Peter: Die sprechenden Maschinen - Studer-Revox, das Lebenswerk des Audiopioniers Willi Studer, Schweizer Verlagshaus Zürich, 1996, Seite 450
- ³⁰⁵² koc, Präzision sticht als Trumpf weltweit, Konstanzer Zeitung, 1983-05-26, S. 13
- ³⁰⁵³ Gipp, Dietrich, Interview mit Friedrich Engel, 2003
- ³⁰⁵⁴ N. N., AEG Olympia aus dem Studio-Magnetbandgeschäft, Studio Sound / Convention News, 1989-03-08 (86th AES Convention Hamburg)
- ³⁰⁵⁵ N. N., Eintrag „Quantegy“, Wikipedia, URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Quantegy> [2007-08-19]
- ³⁰⁵⁶ Hässig, Hans R., Studer A816: 1/4"-Studio-Rundfunkmaschine / Das Arbeitspferd, SWISS SOUND 32, Juni 1992 Nr. 32, Seiten 14 - 17 [A Publication of Studer Revox]
- ³⁰⁵⁷ Eller, Wolfgang, Studer A816 - Neue 1/4"-Stereobandmaschine mit deutscher Schichtlage, Audio Professional 4/1992, Seiten 30 bis 37
- ³⁰⁵⁸ Eller, Wolfgang, Studer A816 - Neue 1/4"-Stereobandmaschine mit deutscher Schichtlage, Audio Professional 4/1992, Seiten 30 bis 37
- ³⁰⁵⁹ Mehlhaff, Uwe und Fischer, Rolf: Hege und Pflege / Rolf Fischer: Revox- und Studer-Sammler aus Leidenschaft, ANALOG 2/2010, <http://www.revoxsammler.ch/Literatur/Analogue%20Audio%20Association/DE/Hege%20und%20Pflege.pdf> [2019-10-06]
- ³⁰⁶⁰ Haller, Ulrich von, Zwei Mal von allem das Beste, S. 20 – 23, Production Partner, Sonderausgabe Mai 2002

Multitrack Recording

- ³⁰⁶¹ Schüller, Eduard, Hör- oder Sprechkopf für Zweispuraufzeichnung nach dem Magnettonverfahren, Patent DE 877 370, angemeldet 1942-06-25, ausgegeben 1953-05-21, Zusatz zum Patent 702 298; ders., Hör- oder Sprechkopf für Mehrspuraufzeichnung bei der magnetischen Schallaufzeichnung, Patent DE 965 536, angemeldet 1942-06-25, ausgegeben 1957-06-27
- ³⁰⁶² N. N., Les Paul History of Record Production, URL: <http://www.music.columbia.edu/cmc/courses/g6630/recordproduction1.html>
- ³⁰⁶³ N. N., An Audio Timeline, URL: <http://www.aes.org/aeshc/docs/audio.history.timeline.html> [2005-06-20]
- ³⁰⁶⁴ Snyder, Ross H., Sel-Sync and the "Octopus": How Came to be the First Recorder to Minimize Successive Copying in Overdubs; Association for Recorded Sound Collections, URL: http://www.aes.org/aeshc/docs/sel-sync/snyder_sel-sync.pdf [2008-09-14]
- ³⁰⁶⁵ Wadham, Wayne, A Short History of the Multitrack Recording Studio, <http://multimedia.utsa.edu/technology/3153/restricted/history-2.html>
- ³⁰⁶⁶ BASF-Foto R 18566-4/4 vom 1972-11-07, BASF SE UA Bildarchiv P 929 Tasche 04
- ³⁰⁶⁷ Sundbo, Jens, Beitrag in der Newsgroup rec.music.beatles, 1998-01-07, URL: <http://www.recmusicbeatles.com/public/rmb.html> [2007-06-27]
• Kehew, Brian, und Ryan, Kevin, Recording The Beatles, The Studio Equipment and Techniques Used To Create Their Classic Albums (2006-09, ISBN 0-9785200-0-9)

- ³⁰⁶⁸ Enkel, F., Die magnetische Schallspeicherung im Studiobetrieb / Tonbandproduktion, S. 253, in: Winkel, Fritz (Hrsg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960
- ³⁰⁶⁹ N. N., Tonaufnahmetechnik und Elektroakustik in Hannover, FUNKSCHAU Bd. 28/1954, H. 11, S. 453, 1956-06-01
- ³⁰⁷⁰ Kühne, Fritz, Elektronische Musik, FUNKSCHAU 1956 H. 24 S. 1027, 1956-12-15
- Burkowitz, Peter K., Die Welt des Klangs / Musik auf dem Weg vom Künstler zum Hörer (S. 13), Vereinigte Motor-Verlage, Stuttgart 1995
- ³⁰⁷¹ Da Angaben über die in der Frühzeit der Mehrspurtechnik üblichen Spurbreiten nicht auffindbar waren, sind hier die Spurbreiten-Angaben aus DIN IEC 94, Teil 6, Abschnitte 14.1 ... 14.4 sowie Bilder 6 – 19 zitiert. Der Vorgänger DIN 45 514 war seit 1975 verbindlich.
- ³⁰⁷² Martland, Peter, Since Records Began – EMI – The first 100 years, B.T. Batsford Ltd, London, 1997, page 250
- Lane, Basil, The thin brown line, STUDIO SOUND, June 1977, pages 72 – 78
- ³⁰⁷³ Heck, Ludwig, Donaueschinger Musiktage 1958, Südwestfunk / Technische Blätter Heft 3 Aug./Sept. 1958 S. 4, 1958-08-30
- ³⁰⁷⁴ Heck, Ludwig, Mehrspurtechnik bei Magnettonband, Technische Blätter des SWF, Heft 2, Juni/Juli 1958, S. 3 – 4
- ³⁰⁷⁵ Lehner, N. N., Stand der Mehrspurtechnik für Effektmusik, Südwestfunk / Technische Blätter Heft 1, Januar/April 1961, 1961-03-01
- ³⁰⁷⁶ Heck, Ludwig (Südwestfunk), Mehrspurtechnik bei Magnettonband, Technische Blätter des SWF, Heft 2, Juni/Juli 1958, S. 3 – 4
- ³⁰⁷⁷ Holenstein, Peter: Die sprechenden Maschinen – Studer-Revox, das Lebenswerk des Audiopioniers Willi Studer, S. 172 und 173, Schweizer Verlagshaus Zürich, 1996
- ³⁰⁷⁸ Southall, Brian: Abbey Road: The Story of the World's Most Famous Recording Studio, Patrick Stephens, Cambridge 1982, page 173
- ³⁰⁷⁹ Sundbo, Jens, Beitrag in der Newsgroup rec.music.beatles, 1998-01-07, URL: <http://www.recmusicbeatles.com/public/rmb.html> [2007-06-27]
- Kehew, Brian, und Ryan, Kevin, Recording The Beatles, The Studio Equipment and Techniques Used To Create Their Classic Albums (2006-09, ISBN 0-9785200-0-9)
- ³⁰⁸⁰ Holenstein, Peter: Die sprechenden Maschinen – Studer-Revox, das Lebenswerk des Audiopioniers Willi Studer, S. 364, Schweizer Verlagshaus Zürich, 1996
- ³⁰⁸¹ Holenstein, Peter: Die sprechenden Maschinen – Studer-Revox, das Lebenswerk des Audiopioniers Willi Studer, S. 364, Schweizer Verlagshaus Zürich, 1996
- ³⁰⁸² Werbeaufnahme aus Privatbesitz
- ³⁰⁸³ Roth, Wilhelm, photokina-Bericht 1976, Fernseh- und Kinotechnik Nr. 1/1977, 1977-01-01, Seite 27
- ³⁰⁸⁴ Sanner, Howard, Chronology of Ampex Professional Products, 1999-11-04, URL: <http://recordist.com/ampex/ampchm.txt>
- ³⁰⁸⁵ Harshberger, Robert P., Ampex Corp., Master Recording on Two Inch Wide Tape, AES Preprint No. 583. 1968-04-29
- ³⁰⁸⁶ Bäcker, Karl Otto, The Talking Machines, URL: <http://www.studio-sound.com/archive/oct99/celeb.studer.html> [Kopie im Archiv des Verf.]
- ³⁰⁸⁷ Heidt, Gary M., The Museum Of Sound Recording Timetable, URL: <http://www.lovesphere.org/mosr/timetable.shtml> [2003-12-01]
- ³⁰⁸⁸ N. N., Otari Company Profile, URL: http://www.otari.co.jp/company/index_e.html [2001]
- ³⁰⁸⁹ N. N., APRS- Report on the 1970 Association of Professional Recording Studios Exhibition, Studio Sound Sept. 1970. p. 399
- ³⁰⁹⁰ N. N., Les Paul History of Record Production, URL: <http://www.music.columbia.edu/cmc/courses/g6630/recordproduction1.html>
- ³⁰⁹¹ Eller, Wolfgang, Sony PCM-3348, dB [so der Zeitschriftentitel], Ausgabe 11-12-1988, Seite 42
- ³⁰⁹² Heidt, Gary M., The Museum Of Sound Recording Timetable, URL: <http://www.lovesphere.org/mosr/timetable.shtml> [2003-12-01]
- ³⁰⁹³ Die Magnetbandsammlung im Landesmuseum für Technik und Arbeit Mannheim enthält ein 3 Zoll breites Magnetband-Muster, das nach der Erinnerung des Verf. für Philips bestimmt war.
- ³⁰⁹⁴ Krones, Dr. Friedrich, Hohe Kopierdämpfung auch bei Low Noise-High Output-Studiobändern, Fernseh- und Kinotechnik Nr. 7/1976, 1976-07-01, BASF SE UA P 906
- ³⁰⁹⁵ Singhoff, Werner, Rauschverschlechterung bei der Abmischung auf Vielspuranlagen, Agfa Prüfstelle Magnetband, 1976-01-30
- ³⁰⁹⁶ BASF SE UA Bildarchiv P 922 Tasche 19, Bild R 06655-1/1 vom 1961-08-08
- ³⁰⁹⁷ Robinson, David P. (Dolby Laboratories Inc.), The Design and Use of an OEM Noise Reduction and Signal Processing Module, AES Preprint 2706 (H-5), 1988-11-03 – 06
- ders., persönliche Mitteilung an F.E., 1992-11-30
- ³⁰⁹⁸ McKenzie, Angus, Analysis: Magnetic Tape, Studio Sound October 1972, 1972-10-01
- ³⁰⁹⁹ Wermuth, Jürgen: Dynamik-Erweiterung durch neuartigen Studio-Kompanzer; Funkschau 1975, H. 18, S. 103-106
- ³¹⁰⁰ N. N., Anzeige „Ist Ihre Studio-Ausrüstung noch up-to-date?“, AEG-Telefunken Hannover, Fernseh- und Kinotechnik 11/1971, S. 403, 1971-11-01
- ³¹⁰¹ Robinson, David P. (Dolby Laboratories Inc.), The Design and Use of an OEM Noise Reduction and Signal Processing Module, AES Preprint 2706 (H-5), 1988-11-03 – 06
- ³¹⁰² BASF AG, Studio Preisliste / gültig ab 1.7.1966, BASF SE UA P 907.1
- ³¹⁰³ Kreimes, Norbert, Notiz "Historische Daten", 1980-08-19, BASF SE UA P 903
- ³¹⁰⁴ Huber, Georg (?), Notiz: Betr. Versuche zur Herstellung von Magnetophonband LR 56, 1963-03-07, BASF SE UA P 922 Mappe „LR 56“
- ³¹⁰⁵ BASF AG, [Schnellhefter-Mappe für Datenblätter ohne Titel], 1961-06-30, BASF SE UA P 974
- ³¹⁰⁶ N. N., Studioband SP 50 M (Datenblatt), datiert 1972, BASF SE UA P 974
- ³¹⁰⁷ Owen, Kenneth, Messeneuheiten, darin auch BASF introduces SP 50 M, Studio Sound, 1971-08-30, BASF SE UA P 909.2
- Lomas, P.A., AES 40 Convention, Studio Sound London, 1971-08-30, BASF SE UA P 909.5
- ³¹⁰⁸ Eilers, Delos, Development of a New Magnetic Tape for Music Mastering, Jour. Audio Engng. Soc., Oct. 1970, Vol. 18 No. 5, p. 540 – 544
- ³¹⁰⁹ McKenzie, Angus, Professional Recording Tapes Surveys, Studio Sound, November 1970
- ³¹¹⁰ N. N., Notiz „Liste der Projekte VME 1972“, 1972-01-26, BASF SE UA P 923
- ³¹¹¹ Grosselfinger, Horst, Neue professionelle Magnetbänder und deren Eigenschaften (Fassung 1972), 1972-10-25, BASF SE UA P 922 und T 181
- ³¹¹² N. N., Produktstammbaum für die Heimton- und Studioprodukte [Textgrafik], o.D. (ca. 1979), BASF SE UA P 952
- ³¹¹³ N. N. (Cabus, Hans-Joachim?), Neu von der BASF: Das Studioband SPR 50 LH, o.D. (ca. 1973-08-31), BASF SE UA P 909.2 und Lektoratsordner 15
- ³¹¹⁴ Hartmann, N. N., Notiz über die Besprechung zur Festlegung der Abnahmebedingungen für SPR 50 LH am 19.3.73, BASF SE UA P 922
- ³¹¹⁵ Siehe die Produktbeschreibung unter URL http://www.wacker.com/internet/noc/Products/Trademarks/T_Pioloform/ [2003-07-16]
- ³¹¹⁶ Andriessen, Wilhelmus, Interview „Zeitzeugen der Magnetband-Geschichte“ mit Friedrich Engel, 2002-10-17 (CD in Smlg Engel)
- ³¹¹⁷ Singhoff, Werner, Die Geschichte des Agfa-Magnetbandes, unveröff. Manuskript, Mai 2006
- ³¹¹⁸ Janik, Marie, BASF Studio Master 911, 1985-08-15, BASF SE UA P 922
- ³¹¹⁹ Die vermutlich erste Publikation zu diesem Thema ist Kent, Scott, Binder Breakdown in Back-Coated Tapes, Recording Engineer / Producer July 1988, p. 80 – 81 (?), 1988-07-01, BASF SE UA P 923. Die Behauptung „Some BASF stocks may be affected“ war nicht zu belegen.

Magnettonband-Fertigung der Agfa-Gevaert AG

- ³¹²⁰ Goebel, Gert, Bei Video sehen viele rot, Mannheimer Morgen, 1987-08-01, BASF SE UA Lektoratsordner 32
- ³¹²¹ Ohne besondere Kennzeichnung sind in diesen Abschnitt eingegangen Informationen aus:
- Singhoff, Werner, Die Geschichte des Agfa Magnetbandes, unveröffentlichtes Manuskript, 2005-05
- ³¹²² Die Bandgeschwindigkeit 76,2 cm/s sollte erst Anfang der 1980er Jahre eine Renaissance im besonders anspruchsvollen Studiobereich erleben, um spurbreitenbedingte Dynamikverluste zu kompensieren
- ³¹²³ Krones, Friedrich, Elektro-akustische Eigenschaften von Magnetspeichern, S. 484 in: Winkel, Fritz (Hrsg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960
- ³¹²⁴ Singhoff, Werner, Das Magnetband bei der AGFA, Geschichte und Geschichten, Privatdruck, München 2008

- ³¹²⁵ Schmidt, Heinz (BASF Aktiengesellschaft), Die magnetische Stabilität von Magnettonbändern, Funk-Technik 3/1960, 1960-03-30, BASF SE UA P 905
- ³¹²⁶ Singhoff, Werner, Die Geschichte des Agfa-Magnetbandes, unveröff. Manuskript, Mai 2006
- ³¹²⁷ Hammon, Fritz, Professionelle Bänder, o.D. (ca. 1962-01-01), Smlg Hammon
- ³¹²⁸ Eilers, Delos, 3M Audio Open Reel Tapes, AES HC website, 2000
- ³¹²⁹ Lange, N. N., Hören – Sehen – Speichern, Typoskript, 8 Seiten, Agfa Leverkusen, 1960-10-11
- ³¹³⁰ Krones, Friedrich (?), Betrachtungen über das neue Agfa-Magnettonband PER 525 im Vergleich zum Typ FR 4 im Hinblick auf seine Verwendung in Rundfunkstudios, o.D. (ca. 1963-10)
- ³¹³¹ Krones, Friedrich, Agfa Magnetton-Abteilung, in: Berger, Heinz (Hrsg.), Geschichte der Agfa Aktiengesellschaft in Leverkusen, Seite 21, o.D. (ca. 1966)
- ³¹³² Krones, F. (?), Technische Daten für das neue Agfa Magnettonband PER 525 (Stereobetrieb), Agfa ATEA Magnetton, Leverkusen, 1967-07-30
- ³¹³³ Leubner, N. N., Geschichte der Magnetton-Herstellung in Leverkusen, Agfa Aktiengesellschaft, Band II b. S. 220 bis 227; o.D. (ca. 1959/1960)
- ³¹³⁴ Singhoff, Werner, Das Magnetband bei der AGFA, Geschichte und Geschichten, Privatdruck, München 2008
- ³¹³⁵ Vögeding, Armin, und Singhoff, Werner, PEM 468, a new mastering tape with high output, Low Noise and low print characteristic, AES-Preprint No. 1036 (A-6), 1975-05-13
- Thiele, Hartmut, Notiz: Geschichte von PEM 468, BASF Magnetics GmbH München, 1996-09-06
- ³¹³⁶ Singhoff, Werner, Das Magnetband bei der AGFA, Geschichte und Geschichten, Privatdruck, München 2008
- ³¹³⁷ Persönliche Mitteilungen von Dipl.-Phys. Rudolf Müller, Tutzing, vom 2003-12-07

Magnetfilm und Kinefilmformate

- ³¹³⁸ Dieser Abschnitt basiert im Wesentlichen auf *Lafferty, William Charles Jr., Thesis 1981
- ³¹³⁹ Camras, Marvin, Magnetic Tape Recording, Van Nostrand Reinhold, 1985, p. 245
- ³¹⁴⁰ Am 1946-10-21 hatte S. J. Begun mit dem Vortrag „Recent Developments in the Field of Magnetic Recording“ das von ihm konstruierte erste „Endverbraucher“-Tonbandgerät, den Brush „Soundmirror“ BK-401 mit Papierband, vorgestellt (vgl. Journal of the SMPE, Vol. 48, January 1947, No. 1. p. 1 – 13).
- ³¹⁴¹ Camras gibt an (Magnetic Sound for Motion Pictures, Jour. Soc. Mot. Pic. Eng., pp. 14-24, 1947) Hc = 350 (Oe), Br = 500 (Gauss). Zum Vergleich: $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ der BASF 1939 – 1945 Hc = 100 Oe, Br = 250 G. Dass es sich um eine Camras'sche Eigenentwicklung handelt, geht aus Camras, Marvin, Magnetic Tape Recording, Van Nostrand Reinhold, 1985, S. 245 hervor. – Die Aufzeichnungsspur (Aufnahmekopf 0.2 in = 5.08 mm, Wiedergabekopf 0.187 in = 4.75 mm) war deutlich schmaler als die Filmbreite zwischen den Perforationslöchern.
- ³¹⁴² Camras, Marvin, Magnetic Sound for Motion Pictures, Jour. Soc. Mot. Pic. Eng., pp. 14-24, 1947, Jan., Reprint: Camras, Magnetic Recording, p. 384 ff., 1947-01
- ³¹⁴³ Warner, R.M., Earl Masterson Jr., SPEC Feb 96 51-57, URL: <http://www.spectrum.ieee.org/publicaccess/1996index/sub1indx.html>, gefunden im Google-Archiv unter ccub.wlv.ac.uk/~in5379/history/masterson/masterson.htm
- ³¹⁴⁴ O'Dea, Dorothy, Magnetic Recording for the Technician, J. SMPE, Vol. 51, Nov. 1948, p. 468-480 - 1948-11-01
- ³¹⁴⁵ Herman, Shelley A., The Right Place at the Right Time, dB Magazine 1991, als Quelle diente das Manuskript des Verfassers
- ³¹⁴⁶ Thiele, Heinz; Geschichtliche Entwicklung der Magnetfilm-Laufwerke, Fernseh- und Kintotechnik 39 Jhg. Nr. 6/1985, S. 299 – 304
- ³¹⁴⁷ Lawton, Ralph, A Synchronous Magnetic Recorder, American Cinematographer, January, 1949, p. 14 and 32 - 1949-01-01
- ³¹⁴⁸ 3M Sound Talk, Bulletin No. 11, 1953-07-30
- ³¹⁴⁹ Minnesota Mining & Manufacturing Company m.b.H., Düsseldorf, Prospekt und Preisliste: SCOTCH Magnet-Tonbänder, UA BASF SE, 1999-02-05, 1956-07-16
- ³¹⁵⁰ Ryder, Loren L., Synchronous Sound for Motion Pictures, JAES, July 1968, Vol. 16, Nr. 3, pp. 291 ff.
- Steer, Maxwell: A Brief History of Film Dubbing; Audio Media 11/1995
- ³¹⁵¹ Neumann, Helmut [Klangfilm GmbH], Einrichtung zur magnetischen Tonaufzeichnung mit einer auf dem Magnettonträger außer der Magnettonschrift vorgesehenen sichtbaren Tonschrift, Patent DE 865067, angemeldet 1950-09-28
- ³¹⁵² Tetzner, Karl, Magnetton und Streophonie im Lichtspieltheater, FUNKSCHAU 1954 H. 16 S. 339, 1954-08-15
- ³¹⁵³ Rehm, Margarete, Information und Kommunikation in Geschichte und Gegenwart, <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm9.html> [2004-11-25]
- ³¹⁵⁴ Reeves, Hazard E., The Development of Stereo Magnetic Recording for Film; JSMPT, October 1982, p. 947 ff; die Filmgeschwindigkeit: ist genannt in NN., Film Sound History (URL: <http://www.smpde.org>, SMPTE Home Page)
- ³¹⁵⁵ URL: <http://history.acusd.edu/gen/recording/motionpicture.html>
- ³¹⁵⁶ Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1952.htm> und 1962.htm
- ³¹⁵⁷ URL: <http://www.redballoon.net/~snorwood/faq2.html>
- ³¹⁵⁸ Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1956.htm>
- ³¹⁵⁹ Lindsay, Harold, Magnetic Recording, Part II, db The Sound Engineering Magazine, 1978-01
- ³¹⁶⁰ URL: [http://hjem.get2net.dk/in70mm/magazine/backissues/1995/42/todd ao/toddaostory.htm](http://hjem.get2net.dk/in70mm/magazine/backissues/1995/42/todd%20ao/toddaostory.htm)
- ³¹⁶¹ URL: <http://www.widescreenmuseum.com/widescreen/wingto9.htm>
- ³¹⁶² Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1955.htm>
- ³¹⁶³ Siebenhüner, Kurt, persönliche Information (2009-04)
- ³¹⁶⁴ URL: <http://www.redballoon.net/~snorwood/faq2.html>
- ³¹⁶⁵ Ranger, R. H., "Sprocketless Synchronous Magnetic Tapes", JSMPT, pp. 328-336, 1950, March
- Ranger, Richard H., Magnetic Sound Recording, Patent US 2,697,754, angemeldet 1949-03-31, ausgegeben 1954-12-21
 - ders., Synchronized magnetic sound recording apparatus, Patent US 2,803,988, angemeldet 1951-05-04, ausgegeben 1957-08-27
- ³¹⁶⁷ Schürer, Josef, Verfahren zur Synchronisation von Bild- und Tonträger bei Tonfilmaufnahme und -wiedergabe, Patent DE 800 157, angemeldet 1949-04-10, ausgegeben 1950-09-25
- ³¹⁶⁸ Zeichnungen aus Gondesens, Karl-Erik und Vollmer, Heinz, Bildsynchroner Tonaufzeichnung bei Film und Fernsehen, in: Technik der Magnetspeicher, herausgegeben von Fritz Winkel, 2. Auflage; Springer Berlin Heidelberg New York 1977, Seiten 260 und 263 (Überarbeitung: F.E.)
- ³¹⁶⁹ N. N., EBU Committee (Working Party G), Review of existing systems for the synchronisation between film cameras and audio tape-recorders, First Issued February 1973; scanned as legacy text2006; URL: http://www.ebu.ch/CMSImages/en/tec/doc/t3095_tcm6-43440.pdf [2006-08-02]
- ³¹⁷⁰ Lehmann, N. N., und Lux, N. N., Telefunken Patent- und Vertragsabteilung Ulm, Schreiben an Josef Schürer, 1961-05-29
- ³¹⁷¹ Allen, Bob, THE NAGRA „IT WILL RECORD“ / A personal tribute to Stephan Kudelski; URL: http://www.tcom.co.uk/macrae/issue34/Issue34_8.htm
- ³¹⁷² N. N., Prospekt „Sound & Data Recording“ der Nagra-Kudelski, Kudelski S.A., CH-1033 Cheseaux, 1982-04
- ³¹⁷³ N. N., EBU Committee (Working Party G), Review of existing systems for the synchronisation between film cameras and audio tape-recorders, First Issued February 1973; scanned as legacy text2006; URL: http://www.ebu.ch/CMSImages/en/tec/doc/t3095_tcm6-43440.pdf [2006-08-02]
- ³¹⁷⁴ Gondesens, Karl-Erik und Vollmer, Heinz, Bildsynchroner Tonaufzeichnung bei Film und Fernsehen, in: Technik der Magnetspeicher, herausgegeben von Fritz Winkel, 2. Auflage; Springer Berlin Heidelberg New York 1977, S. 249 ff.
- ³¹⁷⁵ Kudelski, Stephane <sic>, Patent CH 379 146, Procédé d'enregistrement et/ou de reproduction d'un second canal sur une bande magnétique et dispositif pour sa mise en œuvre, angemeldet 1961-11-14, ausgegeben 1964-06-30
- ³¹⁷⁶ Schürer, Josef, Verfahren und Einrichtung zur regelmäßigen Bearbeitung von Videomagnetband- und Pilottonaufnahmen, Patent DE 1 254 672, angemeldet 1964-09-22, ausgegeben 1968-05-22

³¹⁷⁷ N. N., The Nagra, URL: <http://chambinator.free.fr/english/eng1.htm> [2006-07-30]

Spielfilmproduktion mit Magnetton in Deutschland

- ³¹⁷⁸ Orlich, Heinz: Vorgeschichte des Magnettons in der Filmtechnik, vierseitiges Typoskript, datiert 1.12.1980
- ³¹⁷⁹ Orlich, Heinz: Vorgeschichte des Magnettons in der Filmtechnik, vierseitiges Typoskript, datiert 1.12.1980
- ³¹⁸⁰ Kieß, Günter, persönliche Mitteilung, 2008-03-29
- ³¹⁸¹ N. N., DEFA-Chroniken der Jahre 1945 bis 1990, <https://www.defa-stiftung.de/defa/geschichte/defa-chronik/1945/> [2019-09-20]
- ³¹⁸² Keiler, Johann-Albrecht, Nachruf für Prof. Dr. Albert Wilkening, BILD UND TON 43 (1990)
- ³¹⁸³ Grisko, Michael (Hg.), Albert Wilkening: Der Gentleman der DEFA; Peter Lang GmbH, Internationaler Verlag der Wissenschaften (5. Dezember 2011), ISBN-13: 978-3631609408
- ³¹⁸⁴ Bock, Hans-Michael, in: Uta Berg-Ganschow, Wolfgang Jacobsen (Hrsg.): BERLINER FILM-ATELIERS: Ein kleines Lexikon, Berlin: Argon 1987, S. 177-202 (URL: <http://www.cinegraph.de/etc/ateliers/>)
- ³¹⁸⁵ Wilkening, Albert, Betriebsgeschichte des VEB DEFA Studio für Spielfilme Teil 1; Teil 2, o.O.o.J. (Babelsberg 1981; 1984)
- ³¹⁸⁶ Jungk, Klaus, Dr., Das Magnetofon erstmalig im Spielfilm, Foto-Kino-Technik Nr. 5/1948, S. 126, 1948-05-15
- ³¹⁸⁷ Wilkening, Albert, Betriebsgeschichte des VEB DEFA Studio für Spielfilme Teil 1; Teil 2, o.O.o.J. (Babelsberg 1981; 1984)
- ³¹⁸⁸ Orlich, Heinz, Entwurf eines Briefs der Universum Film an Dr.-Ing. Martin Ulner, Berlin-Zehlendorf, Teltowerdamm 86 d, 1951-07-16, Smlg Orlich
- ³¹⁸⁹ Ulner, Martin, Die Zukunft der Tonfilmaufnahmetechnik in Deutschland, FOTO-KINO-TECHNIK, Nr. 4/1950, S. 116-117 und Nr. 5/1950, S. 151-154, 1950-04
- ³¹⁹⁰ Ulner, Martin, "Magnetband" und "Magnetfilm" - ein Vorschlag zur Frage der einheitlichen Terminologie, KINO-TECHNIK Nr. 2 / 1962, Seite 49
- ³¹⁹¹ N.N., Neue Magnettonfilm-Aufnahmeapparatur des Filmstudios Tempelhof, FOTO-KINO-TECHNIK Nr. 5/1950, S. 154, 1950-05
- ³¹⁹² Ulner, Martin, A German Magnetic Sound Recording System in Motion Pictures; Journal of the Society of Motion Picture Engineers (Volume 56), April 1951
- ³¹⁹³ Narath, Albert, IN MEMORIAM Dr.-Ing. Martin Ulner, Kino-Technik 1964 Nr. 10 S. 24
- ³¹⁹⁴ Beispiele:
Schüller, Eduard, Berlin (AEG), Verfahren zum Kennzeichnen besonderer Stellen von Magnettonträgern, Patent DE 746 041, 1940-12-14
Neumann, Helmut (KLANGFILM), DE 865 067, Einrichtung zur magnetischen Tonaufzeichnung mit einer auf dem Magnettonträger außer der Magnettonschrift vorgesehenen sichtbaren Tonschrift, 1950-09-28
Friess, Hans (KLANGFILM), DE 853 524, Verfahren und Vorrichtung zur fotografischen Behandlung von Bildtonfilmen mit magnetischer Tonspur, 1950-10-18
- ³¹⁹⁵ Kieß, Günter, persönliche Mitteilung, 2008-03-29
- ³¹⁹⁶ Kieß, Günter, persönliche Mitteilung, 2008-05-09

Magnetfilmgeräte aus deutscher Produktion

- ³¹⁹⁷ Kieß, Günter (Wilhelm Albrecht GmbH Studiogeräte, Berlin), UCS – das universelle Steuersystem für synchrone Tonbearbeitung; FKT 1990 Heft 6/7 S. 279 ff.
- ³¹⁹⁸ Archiv Frank Bell, Unterlagen Film in Wissenschaft und Technik (FWT, Bielefeld), Technik-Akten Boehner-Film Hamburg (FWT hatte Boehner am 1. Juli 1966 übernommen)
- ³¹⁹⁹ Bolewski, Norbert, Wilhelm Albrecht und seine MWA, website der FKTG (dort o.D.), <https://www.fktg.org/node/12251/01> [2019-09-17]
- ³²⁰⁰ Kieß, Günter, UCS - das universelle Steuersystem für die synchrone Tonbearbeitung, Fernseh- und Kintotechnik 1990, Heft 6, Seite 279-281 (Teil 1); Teil 2: ebenda, Heft 7, Seite 337-342
- ³²⁰¹ Kieß, Günter, persönliche Mitteilung, 2008-03-29
- ³²⁰² Kühne, Fritz, "Optisches Zahnrad" besorgt Filmtransport, FUNKSCHAU 1959, Heft 14, Seite 684, 1959-07-15
- ³²⁰³ Kieß, Günter, 15 Jahre Magnetfilm in deutschen Studios, Kino-Technik 1965 Nr. 4, Seiten 80 – 82
- ³²⁰⁴ Kieß, Günter, persönliche Mitteilung, 2008-04-02
- ³²⁰⁵ Die Darstellung der MWA-Geschichte stützt sich im Wesentlichen auf folgende Publikationen:
- Bolewski, Norbert, Wilhelm Albrecht und seine MWA, website der FKTG (dort o.D.), <https://www.fktg.org/node/12251/01> [2019-09-17]
 - N. N., MWA Nova GmbH, website <http://www.innovationskatalog.net/ikat/katalog/unternehmen.php?dataid=246&navanchor=2210003> [2019-09-17]
 - N. N., 50 Jahre MWA - Wilhelm Albrecht GmbH Studiogeräte, Firmenpublikation 1976
 - Thiele, Heinz, 50 Jahre Wilhelm Albrecht GmbH, Fernseh- und Kino-Technik, 30. Jahrgang, Nr. 9/1976, Seite 330
 - Kieß, Günter, MB 51 - Eine neue Konzeption für Magnetfilm-Laufwerke; Fernseh- und Kino-Technik, 34. Jahrgang 1980 Heft 10, S. 367 – 376
 - Grau, Wolfgang, Günther Kieß 60 Jahre alt; Rundfunktechnische Mitteilungen Jahrg. 32 (1988) H. 2 S. 98
 - Webers, Johannes, Oskar-Messter-Medaille 1992 an Günter Kieß, Fernseh- und Kino-Technik, 46. Jahrgang - Nr. 6/1992, Seite 437
 - Orlich, Heinz, Brief an Günter Kieß, 1978-04-05, Smlg Orlich
 - Kieß, Günter, persönliche Auskünfte an F.E., 2008 und 2013
- ³²⁰⁶ vergl. dazu: N. N., Goldene „Oscar“-Plakette für Dr. H. Chr. Wohlrab, Kino-Technik 1964 Nr. 6, 1964-06-01
- ³²⁰⁷ [BASF Magnetophonband-Prüfstelle], Dr. Seiberth, Besprechungsnotiz: Produktionsleiter Mainz, Fa. Tobis-Klangfilm [sic], UA BASF SE, 1948-05-25
- ³²⁰⁸ BASF Lu, Patentabteilung ZR, Aktenvermerk: Besuch Wohlrab, Essel von KLANGFILM Karlsruhe, UA BASF SE, 1948-11-29
- ³²⁰⁹ KLANGFILM Ges. m.b.H., Gruppe West, Emmendingen, Brief an AEG Magnetophongerätebau, Hamburg 27, Archiv AEG (?) Abschr. - Smlg Thiele, 1949-10-26
- ³²¹⁰ Brief der Siemens-Niederlassung Hamburg an Boehner-Film, 1953-07-14
- ³²¹¹ Wohlrab, Hans-Christoph, „Magnetton-Aufnahme-Gerät für perforierten Film“, Siemens-Hauszeitschrift 1953 (zitiert in „Aus dem Lebenslauf des Dr. Hans Chr. Wohlrab, geschrieben Dez. 1987“)
- ³²¹² Preisliste 17,5/35 Magnetocord-Geräte Typ „Zweikanal“, Bauart Fernsehen System Klangfilm Dezember 1960, Archiv Frank Bell, Unterlagen FWT
- ³²¹³ Dieser Abschnitt beruht weitgehend auf Kieß, Günter (Wilhelm Albrecht GmbH Studiogeräte, Berlin), Schreiben an Heinz Thiele, Schwarzenbek, 1982-04-26
- ³²¹⁴ Orlich, Heinz: Vorgeschichte des Magnettons in der Filmtechnik: AEG/Klangfilm-Abkommen, Lizenz 1941 - AEG-Klangfilm-FTZ-Vertrag 30.9.1941
- ³²¹⁵ Selle, W., Die neue „Arricord 35“-Magnetton-Bildkamera, Kino-Technik 1/1956, Seite 24f.
- ³²¹⁶ Kieß, Günter (Wilhelm Albrecht GmbH Studiogeräte, Berlin), UCS – das universelle Steuersystem für synchrone Tonbearbeitung; FKT 1990 Heft 6/7 S. 279 ff.
• website <http://www.sondor.ch/>, About us [2007-01-12]
- ³²¹⁷ MGM: vergleiche hierzu ein Bild aus dem ehemaligen Ampex-Museum Redwood City, das ein von Stan Church ca. 1953 konstruiertes Gerät zeigt

Magnetfilm-Produktion in Deutschland

- ³²¹⁸ BASF, Rechtsabteilung Dr. D/Bi., Pflaumer / Diltthey, Brief an AEG, Berlin-Grunewald, Hohenzollerndamm 155, UA BASF SE, 1947-09-03
- ³²¹⁹ BASF, Rechtsabt., Dr. D/F., Brief an Magnetophon G.m.b.H., Berlin N 20, Schwedenstraße 9, UA BASF SE, 1948-02-13
- ³²²⁰ Dr. Robl/Br., Aktennotiz: Magnetfilm-Läufer Dr. Wohlrab, Göttingen (am 5.11.1947), UA BASF SE, 1947-11-05
- ³²²¹ Ein einziges derartiges Muster gehört zur Magnetband-Sammlung im Landesmuseum für Technik und Arbeit, Mannheim
- ³²²² BASF Lu, Dr. Rbl./Br. (= Robl), Aktennotiz: Besuche, RTI Nürnberg am 13.7.1949, Radio München am 15.7.1949, S-Reklame München 14.7.49, Dr. Kimmel 14.7.49, Bavaria Tonfilm A.G. 14.7.49, UA BASF SE, 1949-08-02
- ³²²³ Verband filmtechnischer Betriebe ..., Protokoll der Arbeitsgruppensitzung am 15.10.1951, Smlg Orlich, 1951-10-15

- ³²²⁴ N. N. (Verkaufsabteilung K / Magnetophonband-Gebiet), Vertreter-Konferenz / Magnetophonband-Gebiet / Verkaufsabteilung K / Ludwigshafen/Rhein, 22. und 23. März 1955, 1955-03-22, BASF SE UA P 907.5
- ³²²⁵ N. N., BASF Verkauf K 3, [internes Schreiben an] Dir. Freientseher / Probleme im Tonbandgeschäft, 1956-02-09, BASF SE UA P 923
- ³²²⁶ BASF Verkauf K 3, [Interner Brief an] Dir. Freientseher / Probleme im Tonbandgeschäft, UA BASF SE, 1956-02-09
- ³²²⁷ N. N., [Werbeanzeige] BASF – Ein neuer Tonträger für Fernsehen und Film / Magnetfilm PB, Rundfunktechnische Mitteilungen Heft 1/1960, Februar, 1960-02-01
- N. N., Neuer Magnetfilm für Filmstudios und Synchronfirmen, FUNKSCHAU 1960, Heft 3, Seite 77, 1960-02-01
- ³²²⁸ N. N., Neuer Magnetfilm für Filmstudios und Synchronfirmen, FUNKSCHAU 1960 / Heft 3, Seite 77, 1960-02-01
- ³²²⁹ Hammon, Fritz, Professionelle Bänder, o.D. (ca. 1962-01-01), Smlg Hammon
- ³²³⁰ Thiele, Hartmut, Das Werk Perutz im Wandel der Zeiten, 120 Jahre Industriegeschichte von 1880 bis 2000, München, April 2000
- ³²³¹ N. N., Jahresbericht der Verkaufsabteilung 1966, o.D. (angen. 1967-03-01), BASF SE UA T 002 Jahresberichte
- ³²³² N. N., Jahresbericht der Verkaufsabteilung 1967, o.D. (angen. 1968-03-01), BASF SE UA T 002 Jahresberichte
- ³²³³ N. N., Datenblätter für Magnetfilm P 16 / P 16 LH, P 17,5 / P 17,5 LH, P 35 und P 35 LH, o.D. (Drucknummern legen als Erscheinungsjahr 1973 nahe)
- ³²³⁴ Singhoff, Werner, Das Magnetband bei der AGFA, Geschichte und Geschichten, Privatdruck, München 2008
- ³²³⁵ Krones, Friedrich, Agfa Magneton-Abteilung, in: Berger, Heinz (Hg.), Geschichte der Agfa Aktiengesellschaft in Leverkusen, o.D. (ca. 1966)
- ³²³⁶ Singhoff, Werner, Das Magnetband bei der AGFA, Geschichte und Geschichten, Privatdruck, München 2008
- ³²³⁷ Krones, Friedrich, Agfa Magneton-Abteilung, in: Berger, Heinz (Hg.), Geschichte der Agfa Aktiengesellschaft in Leverkusen, o.D. (ca. 1966)
- ³²³⁸ Kurt Weberling, München, Verfahren für Magnettonbeschichtung von Filmen, DAS 1 109 029, 1958-07-02
- ders., Einrichtung zum Aufbringen von Magnettonbändern auf Schmalfilme, DAS 1 111 504, 1959-04-14
- ³²³⁹ • Hörmann, Hans (Agfa Leverkusen), Agfa Magnetonbänder auf dünnem Polyester-Träger, Kino-Technik, Heft 6 (1962), Seiten 147/148
- Abeck, Wilhelm und Hörmann, Hans (Agfa-Gevaert), Magnetbeschichtung von Bildfilmen nach dem Kaschiervfahren, Kino-Technik Jg. 18 H. 10 S. 255 – 257, 1964-10-01
- ³²⁴⁰ Müller, H. (Agfa-Gevaert), Technik des Kaschiervfahrens zur Magnetbeschichtung von Bildfilmen, Kino-Technik Jg 20, H. 3, S. 62, 1966-03-01
- ³²⁴¹ Pochadt, E., „Gevasonor“-Magnettonfilme für Schallaufzeichnung bei Film- und Fernseh-Produktion, Kino-Technik Nr. 4 / 1963, Seite 121 f.
- ³²⁴² Müller, Rudolf, History of Magnetic Film Transports, Magnetic Films and First Measuring Results of a New Type of Magnetic Film; Agfa-Gevaert Magnetbandwerk München, 1987-11-30
- ³²⁴³ Singhoff, Werner, Das Magnetband bei der AGFA, Geschichte und Geschichten, Privatdruck, München 2008
- ³²⁴⁴ Singhoff, Werner, Das Magnetband bei der AGFA, Geschichte und Geschichten, Privatdruck, München 2008
- ³²⁴⁵ Pers. Mitteilung von Dipl.-Ing. Dietmar Hübner, der zuletzt für die Magnetfilmfertigung in Willstätt verantwortlich war, 2006-06-16
- ³²⁴⁶ Mercury Living Presence / Die Legende lebt, Booklet zu einer Sampler-CD der Philips Classics Production, 1994
- ³²⁴⁷ Bemaßtes Spurlagenschema „A3“ im Prospekt „Sound Recording System“ der magnasync-Moviola Corp., North Hollywood, CA., ca. 1972, S. 23; deutsche Bezeichnung aus einer Informationsschrift von Siemens & Halske, ca. 1963
- ³²⁴⁸ Frayne, John G., Stafford, J.W., The Use of 35-mm Sprocket-Type Magnetic Film in Recording Phonograph Masters, JAES July 1960, Volume 8, Number 3, p. 172 ... 176
- Andriessen, W. (BASF), Considerations on Technical Elements of Cassette Tape Recording Through the Eyes of Tape Manufacturer BASF AG, UA BASF SE, 1979-11 „
- ³²⁴⁹ N. N., Mit 76 CDs erinnert Philips Classics an die „Living Presence“-Ära des Mercury-Labels, Musik-Markt, Ausgabe 21/1994, 1994-11-01

NWDR und private Produzenten führen Film-Magnetton ein

- ³²⁵⁰ Ranger, Richard H., Magnetic Sound Recording, Patent US 2,697,754, angemeldet 1949-03-31. Hier ist erstmals die um 90 Grad gegenüber dem vollspurig aufgezeichneten Nutzsinal versetzte Aufzeichnungsrichtung des Pilotsignals beschrieben. Josef Schürers Erfindung galt im Gebiet der Bundesrepublik ab dem 10. April 1949. Loren L. Ryder schreibt in seinem Beitrag „Synchronous Sound for Motion Pictures“ im Journal of the AES, Juli 1968, Vol. 16, Number 3: „It was marginal in performance until bias was added, but recognition of this possibility came after the Neopilot system had its dominant position.“ Warum der Pilotton in den USA erst durch Leacock/Pennebaker 1960 genutzt wurde, darüber lässt sich derzeit nur spekulieren. In den USA war AM-Rundfunk verbreitet, der mit UKW wie in Deutschland von der Übertragungsqualität nicht mithalten konnte. Im aktuellen Dienst waren Filmkameras mit direkter Lichttonaufzeichnung (später Magnetton-Randspur) im Einsatz, deren Qualität kaum über der der Mittelwelle lag. Vielleicht gab es deshalb keinen Anlass, den Pilotton mit seiner hochwertigen Qualität einzuführen, weil sie ohnehin nicht zu hören gewesen wäre. Vielleicht fehlte es aber auch an geeigneten Reportage-Magnetbandgeräten oder Pilottongeneratoren für die Kameras. Vgl. auch Peter Zimmermann „Geschichte von Dokumentar und Reportage von der Adenauer-Ära bis zur Gegenwart“ in: Geschichte des Fernsehens in der Bundesrepublik Deutschland, Band 3: Informations- und Dokumentarsendungen, Hrsg. Peter Ludes, Heidemarie Schumacher, Peter Zimmermann, 1994 Wilhelm Fink Verlag, Seite 220. Zimmermann bezeichnet die NWDR-Produktion „Musuri“ als „die erste Synchronon-Reportage des Fernsehens“, zieht aber anschließend Diercks als Zeugen heran. Unter www.plyfilmfest.org/archive/06/films (Juli 2007) heißt es über den Dokumentarfilmer Richard Leacock: „In 1960, Leacock had a technological epiphany: he invented crystal sync for cameras and sound recorders.“ Zu jener Zeit waren die deutschen Kameramänner noch per Pilotkabel an die Tonleute „gefesselt“.
- ³²⁵¹ Bell, Frank, Der Lichtton und seine Geschichte: Erfinder und Erfindungen – 120 Jahre „Tönendes Licht in: Aufstieg und Untergang des Tonfilms, Weltwunder der Kinematographie, 2002, Polzer, Potsdam
- ³²⁵² Diercks, Carsten, Die Welt kommt in die Stube – Es begann 1952: Die Anfänge des Fernseh-Dokumentarfilms im NWDR/ARD, Hamburg 1. Aufl. 2000, Selbstverlag.
- ³²⁵³ Landeszentrale für politische Bildung, Hamburg (Hsg.), Es begann in Hamburg – Die Anfänge des Dokumentarismus im Fernsehen, Hamburg, 1. Aufl. 1999 (Dokumentation einer Veranstaltungsreihe mit Diercks, Peter von Zahn, Rüdiger Proske, Jürgen Roland und Max Helmut Rehbein v. 27. bis 30. Januar 1998 im Metropolis-Kino sowie Carsten Diercks „Die Welt kommt in die Stube – Es begann 1952: Die Anfänge des Fernseh-Dokumentarfilms im NWDR/ARD“.
- ³²⁵⁴ Rüden, Peter von, und Wagner, Hans-Ulrich (Hrsg.), Die Geschichte des Nordwestdeutschen Rundfunks, Hamburg, 2005 Hoffmann und Campe, S. 132 ff.
- ³²⁵⁵ Bell, Frank, Interview mit Carsten Diercks am 24. Februar 2007 in Hamburg
- ³²⁵⁶ St. (epputat?), Abwandlung des Leitz G-1-Schmalfilmprojektors für den Fernsehbetrieb, Kintotechnik 7/1954, Seite 212/213.
- ³²⁵⁷ Bell, Frank, Telefongespräch mit Udo Stepputat im Dezember 2006
- ³²⁵⁸ Diercks, Carsten, Die Welt kommt in die Stube – Es begann 1952: Die Anfänge des Fernseh-Dokumentarfilms im NWDR/ARD, Hamburg 1. Aufl. 2000, Selbstverlag.
- ³²⁵⁹ Stepputat, Udo, Die filmtechnischen Einrichtungen beim Nord- und Westdeutschen Rundfunkverband in Hamburg, Rundfunktechnische Mitteilungen, Jg. 3/1959, Seiten 184 bis 195.
- ³²⁶⁰ Vollmer, Heinz, Bildsynchrone Tonaufzeichnung nach dem Pilottonverfahren, Münchener Tagung 1954, NWDR Technische Hausmitteilungen 1954, Seiten 165/166.
- ³²⁶¹ Gondesen, Karl-Erik, Die Aufgaben der Filmtechnik im Fernsehbetrieb – Bildsynchrone Tonaufzeichnung im Fernsehen, Kintotechnik 5/1957, Seiten 171 bis 174
- ³²⁶² Stepputat, Udo, Die filmtechnischen Einrichtungen beim Nord- und Westdeutschen Rundfunkverband in Hamburg, Rundfunktechnische Mitteilungen, Jg. 3/1959, Seiten 184 bis 195
- ³²⁶³ Gondesen, Karl-Erik, Pilotsynchrone Tonaufnahme bei der Herstellung von Fernsehfilmen, Kino-Technik 7/1964, S. 168.
- ³²⁶⁴ Informationsblatt (IB) 325a, AH (Anlagen Hochfrequenz) 7.1. März 1963 (Fr): Studio-Tonbandgerät Magnetophon M 5 – Pilottontruhe
- Lennartz, H., Ein transistorisiertes Nachsteuergerät zur Herstellung und Wiedergabe von bildsynchrone Magnettonaufzeichnungen, Telefunken Sonderdruck aus der Elektronischen Rundschau, 15. Jg., Heft 1, Seiten 27 bis 30 (Manuskript eingegangen am 4. Juli 1960).
- ³²⁶⁵ Nuffer, Eberhard, Filmschnitt und Schneidetisch – eine Zeitreise durch die klassische Montageteknologie, in: Weltwunder der Kinematographie 7/2003, Potsdam: Polzer, Seiten 116ff
- Bevier Günter, Die Entwicklung der Schneidetische seit 1945, Fernseh- und Kintotechnik 5/2000, Seiten 286 ff
- ³²⁶⁶ Steenbeck, Wilhelm, Brief an Film in Wissenschaft und Technik, Bielefeld; FWT-Ordner Schneidetische, Archiv Frank Bell

- ³²⁶⁷ Vgl. Steenbeck-Loseblatt-Katalog mit eingeklebten Fotos, etwa 1955. Da verfügte der ST 200 allerdings schon über 16 mm-Magnetfilm-Einrichtung. Während der ST 200 standard (170 kg, DM 9.950 lt. Liste v. 1955) auch 17,5 mm Splitfilm verarbeiten konnte, war der ST 200 spezial (DM 9.600) abgesehen von den anderen Arbeitsmöglichkeiten auf 16 mm-Magnetfilm beschränkt (Archiv Frank Bell, Akten Film in Wissenschaft und Technik).
- ³²⁶⁸ Diercks, Carsten, Die Welt kommt in die Stube – Es begann 1952: Die Anfänge des Fernseh-Dokumentarfilms im NWDR/ARD, Hamburg 1. Aufl. 2000, Selbstverlag.
- ³²⁶⁹ Nuffer, Eberhard, Filmschnitt und Schneidetisch – eine Zeitreise durch die klassische Montagetechnologie, in: Weltwunder der Kinematographie 7/2003, Potsdam: Polzer, Seiten 116ff
- Bevier Günter, Die Entwicklung der Schneidetische seit 1945, Fernseh- und Kinotechnik 5/2000, Seiten 286 ff
- ³²⁷⁰ Stepputat, Udo, Die filmtechnischen Einrichtungen beim Nord- und Westdeutschen Rundfunkverband in Hamburg, Rundfunktechnische Mitteilungen, Jg. 3/1959, Seiten 184 bis 195
- ³²⁷¹ Rüden, Peter von, und Wagner, Hans-Ulrich (Hrsg.), Die Geschichte des Nordwestdeutschen Rundfunks, Hamburg, 2005 Hoffmann und Campe, S. 132 ff.
- ³²⁷² Landeszentrale für politische Bildung, Hamburg (Hsg.), Es begann in Hamburg – Die Anfänge des Dokumentarismus im Fernsehen, Hamburg, 1. Aufl. 1999, S. 91
- ³²⁷³ Diercks, Carsten, Ein Welterfolg aus Hamburg – Über die 16 mm-Schneidetische der Firma Steenbeck, www.filmmuseum-hamburg.de
- ³²⁷⁴ Bell, Frank, Tonband-Interview mit Carsten Diercks am 24. Februar 2007.
- ³²⁷⁵ Diercks, Carsten, Die Welt kommt in die Stube – Es begann 1952: Die Anfänge des Fernseh-Dokumentarfilms im NWDR/ARD, Hamburg 1. Aufl. 2000, Selbstverlag.
- ³²⁷⁶ Lauer, Hermann und Schulze, Otto, Der 16 mm-Schmalfilm mit Magnettonrandspur im Fernsehbetrieb des Südwestfunks, NWDR Technische Hausmitteilungen Jg. 6/1954, S. 203 bis 210, und Kino-Technik 7/1954, Seiten 204 bis 208.
- ³²⁷⁷ Martin Ulnar war Geschäftsführer der Imago in München, Herzog-Rudolf-Straße 24. Das Unternehmen produzierte Dokumentar- und Kulturfilme sowie Filmtechnik lt. „Anschriften-Verzeichnis, Frühjahrs-Ausgabe“ Nr. 11 von „Der neue Film“, Wiesbaden, Stand v. 15. April 1956, Archiv Frank Bell.
- ³²⁷⁸ Nach der durch die NRW-Landesregierung betriebenen Aufteilung des NWDR in NDR Hamburg und WDR Köln übernahm der NWRV vom 1. April 1956 bis 31. März 1961 als gemeinnützige Körperschaft und als Tochter von NDR und WDR „übergeordnete Aufgaben“. Da WDR-Intendant Hanns Hartmann zunächst wenig Interesse am Fernsehen hatte, war der NWRV also auch dafür zuständig. Vgl. Peter von Rüden, Hans-Ulrich Wagner (Hrsg.), „Die Geschichte des Nordwestdeutschen Rundfunks“, 2005, Hamburg, S. 416 bis 418, sowie Anmerkung 107 auf Seite 439.
- ³²⁷⁹ Stepputat, Udo, Die filmtechnischen Einrichtungen beim Nord- und Westdeutschen Rundfunkverband in Hamburg, Rundfunktechnische Mitteilungen, Jg. 3/1959, Seiten 184 bis 195
- ³²⁸⁰ Stepputat, Udo, Die filmtechnischen Einrichtungen beim Nord- und Westdeutschen Rundfunkverband in Hamburg, Rundfunktechnische Mitteilungen, Jg. 3/1959, Seiten 184 bis 195
- ³²⁸¹ Archiv Frank Bell, Unterlagen FWT, Technik-Akten Boehner-Film.
- ³²⁸² Schriftwechsel Boehner-Film – Siemens Niederlassung Hamburg Mai bis Juni 1959, Bestand FWT Bielefeld, Archiv Frank Bell
- ³²⁸³ Bell, Frank, Interview mit Wolfgang und Monika Götz im Oktober 2006 im Filmmuseum Bendestorf.
- ³²⁸⁴ So auch bei der Produktion „Knüller und Enten“ (K 261) von 1970, bei der Vor- und Endmischung jeweils auf Pilotton-Senkelbändern vorliegen (Sammlung Frank Bell).
- ³²⁸⁵ Das könnte Martin Ulnar gewesen sein, der in München die Firma Imago betrieb, die auch Filmtechnik lieferte. Ulnar hatte die Einführung von Splitfilm angeregt.
- ³²⁸⁶ Ryder, Loren L., Synchronous Sound for Motion Pictures, JAES, July 1968, Vol. 16, Nr. 3, pp. 291 ff.
- Steer, Maxwell: A Brief History of Film Dubbing; Audio Media 11/1995
 - Dazu Günter Kieß: Diese Dinge sind dem schlechten Informationsfluss in jenen Jahren zuzuschreiben. Martin Ulnar hatte ja bereits 1949 17,5 mm Magnetfilm aus Leverkusen zur Verfügung.
- ³²⁸⁷ Bell, Frank, Interview mit Monika und Wolfgang Götz im Oktober 2006 im Filmmuseum Bendestorf.
- ³²⁸⁸ MWA hat bereits im Januar 1950 an die UFA-Studios einige Umrüstsätze für die Klangfilm-Lichtton-Laufwerke geliefert. Sie bestanden aus einer Kontakteinrichtung, welche die Dicke der Klebestelle ertastete und einem Tauchspulsystem, das eine Dreiecksblende in den Strahlengang schob. (Pers. Mitteilung von Günter Kieß, 2008-03-29)
- ³²⁸⁹ Siebenhüner, Kurt, pers. Information (2009-04)
- ³²⁹⁰ N. N., Bauer Filmpost Nr. 21, April 1958, Archiv Frank Bell

Magnetband im Gehäuse

- ³²⁹¹ Pedersen, Peder Oluf, Magnetizable Body for Magnetic Record of Speech, &c., Patent US 836,339, angemeldet 1901-06-21, Ausg. 1906-11-20
- ³²⁹² Poulsen, Valdemar, Pedersen, Peder Olof, Telegraphone, Patent US 873,083, angemeldet 1907-02-10
- ³²⁹³ Sherman, John C., (Brookline, Massachusetts, USA), Instrument for Magnetically Recording Sound Vibrations, US-Patent 1,123,147, page 1, lines 98 ... 104; angemeldet 1908-11-21, patentiert 1914-12-29. Ob dieser John C. Sherman identisch ist mit einem Erfinder, der auch zwischen 1920 und 1940 zahlreiche Patente im Bereich Haushaltswaren und Nahrungsmittel angemeldet hat, war nicht zu ermitteln.
- ³²⁹⁴ Vox Maschinen-Akt.-Ges. in Berlin (Curt Stille), Elektromagnetische Diktiermaschine, DE 375 749, angemeldet 1922-03-15, ausgegeben 1923-05-18
- ³²⁹⁵ Vox Maschinen-Akt.-Ges. in Berlin (Curt Stille), Elektromagnetische Diktiermaschine, DE 418 666, angemeldet 1924-06-29, ausgegeben 1925-09-15
- ³²⁹⁶ Vox Maschinen-Akt.-Ges. in Berlin (Curt Stille), Elektromagnetische Diktiermaschine, DE 422 286, angemeldet 1924-07-24, ausgegeben 1925-11-27
- ³²⁹⁷ *Thiele, Schwarzenbeker Interview, 1981-09-23
- ³²⁹⁸ Rehm, Margarete, Information und Kommunikation in Geschichte und Gegenwart; URL: <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/rehm10.html> (2002-08-01). Die eigentliche Quelle dieser Information war nicht mehr zu ermitteln
- ³²⁹⁹ Schüller, Eduard, Einrichtung zur Aufnahme bzw. Wiedergabe von Schallaufzeichnungen, DE 971 401, angemeldet 1944-09-09, ausgegeben 1959-01-22
- ³³⁰⁰ Ranger, Richard H., Further Studies in Magnetophones and Tapes FIAT Final Report No. 923, 1947-05-13, p. 5, Original in BASF Hauptbücherei
- ³³⁰¹ Parker, H.E., Payne, E.M. und Pulling, M.J.L., The Magnetophon Sound Recording and Reproducing System, BIOS Final Report No. 951, p. 28, 1946-03-01
- ³³⁰² Golle, Horst, Magnetband- oder Drahtgerät, DE 910 603, angemeldet 1950-04-23, ausgegeben 1954-05-03
- Loewe, Siegmund, Kassette mit zwei Magnetbandspulen, DE 1 101 004, angemeldet 1953-10-10
 - Röpke, Willi, Kassette für Magnetband- oder Drahtgeräte, DE 948 090, angemeldet 1951-11-01, ausgegeben 1956-08-30, Anmelder: Loewe Opta Aktiengesellschaft, Berlin-Steglitz
- ³³⁰³ Pers. Mitteilung von Hans Stellmacher, Radiomuseum Bocket, vom 2005-11-02
- ³³⁰⁴ Goebel, Gerhard, [Referat über die] Schallspeicherungs-Tagung im Fernmeldetechnischen Zentralamt, FTZ 1951 Nr. 01 Tabelle S. 39, lfd. Nr. 6, 1951-01-01
- ³³⁰⁵ Büscher, Gustav, Magnetton-Geräte, Elektrotechnische Zeitschrift Ausg. B, Band 4, Heft 11, S. 321 – 325, Tabelle S. 323, 1952-11-21
- ³³⁰⁶ N. N., Kassettentonbandgeräte früher und heute, FUNKSCHAU 1966 Nr. 15 Heft 11, S. 476, 1966-08-01
- ³³⁰⁷ Kürzeder, Alfons, Tonbandgeräte nach Maß, FUNKSCHAU 1968, Heft 11, Seite 343 ... 345
- ³³⁰⁸ N. N., RCA Sound Tape Cartridge (1958), URL: <http://www.videointerchange.com/audio/history.htm> [2003-09-06]. Der auch anderwärts auftauchende Zusatz „Sound Tape“ dürfte nicht korrekt sein, da dies lediglich der RCA-interne Ausdruck für Magnetband war (Quelle: N. N., The 4 track Cartridge, 8 track Cartridges, Elcaset Recorders, The RCA Cassette ..., URL: <http://www.audiotools.com/oldf.html#rca> [2003-09-30])
- ³³⁰⁹ Sinkewitsch, Leonid (Grundig), DE 1 115 947, Einrichtung zum Betrieb von Kassettengeräten mit bandförmigem Aufzeichnungsträger, angemeldet 1959-05-12
- ders., DE 1 128 165, Kassetten-Magnettongeräte mit bandförmigem Aufzeichnungsträger; angemeldet 1959-05-12
 - ders., DE 1 131 905, Magnettonband mit Kassette für das Tonband, angemeldet 1959-08-01
- ³³¹⁰ Der erste Hersteller von 0.15 inch = 3,81 mm breitem Magnetband war die US-Firma Sarks Tarzian, die für ihre kleine Bandproduktion Aufträge aus dem militärischen bzw. dem Raumfahrt-Bereich bekam. Wie es zu dem unentschieden zwischen Dezimal- und Zollsystem angesiedelten Maß 0.15 inch kam, war nicht zu ermitteln. – Quellen: Andriessen,

- Wilhelmus, The Winner: Compact-Cassette; Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 193 (1999) 11-16, Elsevier Science B.V.; sowie Interview Wilhelmus Andriessen mit F.E., 2004-05-03
- 3311 Hannemann, L., Minifon-Attaché ... eine bemerkenswerte Neuentwicklung, FUNKSCHAU 1960 Heft 17 Seite 439, 1960-09-01
- 3312 Eine ausführliche Firmengeschichte der Protona GmbH findet sich in: Schellin, Roland, Minifon – Der Spion in der Tasche, Hg: Gesellschaft der Freunde der Geschichte des Funkwesens, Verlag Rüdiger Walz, 2001
- 3313 N. N., Seit 40 Jahren Magnetophon, AEG-Telefunken-Report Nr. 9, Sept. 1975, S. 7; 1975-09-01
- 3314 Hannemann, L., Minifon-Attaché ... eine bemerkenswerte Neuentwicklung, FUNKSCHAU 1960 Heft 17 Seite 439, 1960-09-01
- 3315 Trainer, Ludwig, Die Tonbandindustrie in Deutschland und in der Welt, 1962-11-27, BASF SE UA P 909.1
- 3316 Philips war durchaus an dem CBS-Gerät interessiert, aber nicht willens, die von CBS geforderten exorbitanten Lizenzgebühren zu zahlen, zumal Philips mit einer Ein-Spulen-Kassette für hochwertige Diktiergeräte schon Erfolg hatte.
- 3317 Andriessen, Wilhelmus, Interview mit F.E. am 2002-10-17
- 3318 Dieser und die folgenden Abschnitte basieren überwiegend auf a) Andriessen, Wilhelmus, The Winner: Compact-Cassette; Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 193 (1999) 11-16, Elsevier Science B.V. – b) ders., Interviews mit F.E., 2002-10-17 und 2004-05-03
- 3319 1970 nannte Philips als „Qualitätsanforderungen für Compact-Cassetten-Geräte“: a) 500 Hz störungsfreier Betrieb, b) Gleichlauf $\pm 0,5\%$ nach DIN; Frequenzgang 150 – 6.000 Hz ± 6 dB; c) Bandgeschwindigkeit 4,75 cm/s $\pm 4\%$ – N. N., Allgemeine Deutsche Philips Industrie GmbH, Schreiben an BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen und Standard-Text der Vereinbarung über die Herstellung von MusiCassetten], 1970-10-26
- 3320 Ulrich, Helmut, HiFi-Pioniere: Der stille Star (d.i. J. Schoenmakers), HiFi Vision, 1990-09-01
- 3321 Schoenmakers, Johannes Jozeph, Tonbandkassette und Gerät zur Verwendung dieser Kassette, DE 1 191 978, Anmeldetag 1964-01-61;
- ders., Magazine Tape Recorder / Reproducer, US 3,394,899, patented 1968-07-30 (Claims priority, application Germany, Nov. 30, 1963, N 15,640)
 - ders., Improvements in and relating to Recording-Tape Magazines and to Recording and Playback apparatuses for use with such Magazines, GB 1,052,249, published 1966-12-21
 - N.V. Philips Gloeilampenfabrieken, Cassette pour bande d'enregistrement acoustique et dispositif pour l'utilisation de cette cassette, FR 1.415.301, délivré 1965-09-13 weitere Patente: AU 287 245, It 73975, OE 262649, ES 306512, JP 49004643 (?)
- 3322 Der erfolglose digitale Nachfolger des Compact-Cassetten-Systems, DCC (Digital Compact-Cassette), verfügte über derartige „niedrige“ Köpfe, so dass das DCC-Gehäuse keinen Tonkopfvorsprung brauchte.
- 3323 Schoenmakers, Johannes Jozeph Martinus, DE 1 191 978 (siehe oben)
- 3324 Andriessen, Wilhelmus: Zum Stand der Compact-Cassetten-Technologie im Jahr 1978, BASF Aktiengesellschaft Ludwigshafen, ohne Datum, ca. 1978
- 3325 N. N., Prospektblatt DIN A 5 quer „Philips tonband Neuheit taschen recorder“, o.D. (ca. 1963-08), Smlg Hans Westpfahl
- 3326 Ein Philips-Prospektblatt für EL 3300, datiert „8.63“, spricht anstelle von Compact-Cassette von „cartridge EL 1903/01“. Ein vermutlich aus der gleichen Zeit stammendes Prospektblatt nennt das Gerät „taschen recorder“. Noch im Mai 1965 ist ein Fachartikel überschrieben mit „Philips-Tonband-Cassette“ [... wird von weiteren Firmen übernommen, FUNKSCHAU 1965, Heft 10, Seite 250], die gleiche Zeitschrift berichtet im September über die „neuerdings Compact-Cassette genannte Ausführung“ [K.T. (Tetzner, Karl), Zwei Kassettensysteme – und wie weiter?, FUNKSCHAU 1965, Heft 17, Seite 452]. Die Namensgebung „Compact-Cassette“ erfolgte als Reaktion auf die 1965 vorgestellte Kassette „DC-International“.
- 3327 N. N., Firmendruckschrift „Philips Tonbandgeräte“, o.D. (1963); URL: <http://mb.abovenet.de/tonbandwelt/philips/1964/1964.htm> [2009-06-14]
- 3328 N. N., Highlights Cassette Recorders / Compact cassettes [Philips-Website], URL: <http://www.philips.nl/InformationCenter/NO/FOSArticleDetail.asp?ArticleId=2489&NodeId=741&channel> [2003-10-03]
- 3329 Tetzner, Karl, Die große Schau auf dem Killesberg, FUNKSCHAU 1965, Heft 19, Seite 514
- 3330 Kühne, Fritz, Tonband-Kassettengeräte, Funkschau 1965 Nr. 17 S. 467, 1965-09-01
- 3331 co., Kassetten-Tonbandgerät mit bespielten Bändern, FUNKSCHAU 1964, Heft 6, Seite 134, 1965-03-15
- 3332 Sony hat in einem Internet-Beitrag die Lizenzpolitik des niederländischen Konzerns differenzierter dargestellt. Danach lagen Sony bereits 1963 gleichzeitig Offerten von Grundig (DC International) und Philips (Compact-Cassette) zur Zusammenarbeit vor. Sonys späterer Chef, Mr. Ohga, optierte bereits für die CC als das System mit der kleineren Kassette, spielte aber in Sachen Lizenzgebühren die von Grundig lizenzfrei angebotene „Alternative“ DC so geschickt gegen Philips aus, dass diese letztlich die CC-Lizenz kostenfrei vergab, um Sony als marktführenden Partner zu gewinnen. Quelle: N. N., Promoting Compact Cassettes Worldwide (von einer Sony-website), URL: <http://www.sony.net/Fun/SH/1-17/h1.html> [2003-10-03] – Man wird daraus auch schließen können, dass sich CC und DC technisch nicht allzuviel nachgaben
- 3333 N. N., Anzeige der Grundig AG „Cassetten-Tonbandgerät C 100 „System DC-International“, FUNKSCHAU 1965, Heft 18, Seite 1419, 1965-09-15
- 3334 Spielt der – z.Zt. nur für US, GB und FR prüfbare – Tatbestand eine Rolle, dass Grundig nie versuchte, die DC durch Patente zu schützen? – Siehe auch den im gleichen Sinn argumentierenden Leserbrief von Fischer, Hasso Wolf, Immer mehr Kassetten-Tonbandgeräte, FUNKSCHAU 1966, Heft 14 (ohne Seitenziffer), 1966-07-15
- 3335 N. N., Das Ende der Affaire, FUNKSCHAU 1967, Heft 17, Seite 558
- 3336 N. N., Grundig Radio Boy - History of Grundig, 1945 – 1997, „konservierte“, bis Ende 2000 zugängliche englischsprachige Grundig-Website, URL: <http://www.geocities.com/grundigradioboy/myhistory.htm> [2003-09-30]
- 3337 N. N., ton + band Heft 41, o.D. (ca. 1966-11-30), S. 23, BASF SE UA P 908.2
- 3338 N. N., ton + band Heft 43, o.D. (ca. 1967-11-30), S.8, BASF SE UA P 908.2
- 3339 N. N., ton + band Heft 44, o.D. (ca. 1968-05-30), BASF SE UA P 908.2
- 3340 Quellen: Engel, Friedrich, Compact-Cassetten und Cartridge – ein Systemvergleich, Audiovision Heft 2, 1973, 1973-02-01
- Christian, E., Die Aufzeichnungstechnik des „System DC-International“, Funk-Technik 1966 Nr. 10, 1966-05-15
- 3341 Hauptquelle für diesen Abschnitt ist Clark, Mark H., Product Diversifikation: Consumer Audio Recording / The 8-track Cartridge, p. 98 – 100, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999
- 3342 N. N., Das Ende der Affaire, FUNKSCHAU 1967, Heft 17, Seite 558
- 3343 Eash, G.H., Endless Magnetic Tape Cartridge, US-Patent 2,778,637, angemeldet 1954-07-30;
- ders., Tonbandkassette, Patent DE 1 037 169, angemeldet 1955-06-04
- 3344 Kusisto, Oscar P., Magnetic Tape Recording – Reels, Cassettes, or Cartridges?, AES Centennial Issue, p. 8228 ...835, 1977-10
- 3345 Stark, Craig, Conspiracy of Silence (Antwort auf Leserbrief), Stereo Review, p. 28, 1977-05-01, BASF SE UA P 909.2
- 3346 Spahr, Wolfgang, Wachsende Chancen für 8-Spur-Cassetten?, Der Musikmarkt, 1973-11-01, BASF SE UA Lektoratsordner 10
- ders., Die 8-Tracks kommen per Kombiwagen, Die Welt, 1974-01-12, BASF SE UA Lektoratsordner 06
 - kf., In Amerika wächst der Markt für Audio-Geräte, Blick durch die Wirtschaft, 1976-04-13, BASF SE UA Lektoratsordner 07
- 3347 BASF AG, Datenblattsammlung 1967, S. 6-00, 1967-03-01, BASF SE UA P 974
- 3348 Fuller, Graham (?), More on the History of the 8-Track: The John Herbert Orr Story, URL: <http://www.8trackheaven.com/orr.html> [2003-10-04]
- 3349 Grosselfinger, Horst Sparte M / Verkauf + Anwendungstechnik, Protokoll über den Bericht der Anwendungstechnik: Marktbeobachtungen und Produktanforderungen, 1971-10-20, BASF SE UA P 923
- 3350 N. N., Notiz „Liste der Projekte VME 1972“, 1972-01-26, BASF SE UA P 923 OR
- 3351 Kürzeder, Alfons, Endlosbänder für Magnetton / Der „Schleifenteller“ oder „The Endless Loop System“, Funkschau 1974 Nr. 04 S. 121 – 122, 1974-02-15
- 3352 Ho., Musik aus der Zigarettenschachtel / Pioneer zeigt in Berlin das „Hipac“-Kassettensystem, FAZ, 1971-08-27
- 3353 Dobsch, Franz, Ein Kassetten-Tonbandgerät mit Rundfunkteil für das Auto / Sabamobil TK-R15, FUNKSCHAU 1964 H. 8 S. 201, 1964-04-15

- 3354 Fe., Gewogen und zu leicht befunden? / Mikrokassetten und andere Compactcassetten-Konkurrenten, FUNKSCHAU 1980, Heft 21, Seiten 76-77, 1980-11-01
 • Feld, Wolfgang, Klein-Familie / Trendsetter: Microcassette, AUDIO, 1983-01-01, BASF SE UA Lektoratsordner 24
- 3355 N. N., Compact-Cassette mit Endlosband (Philips), FUNKSCHAU 1971, Heft 16, Seite 488
- 3356 N. N. (TDK), New D-C180, o.D. (ca. 1974), BASF SE UA P 926
 • Wiegel, Wolfgang, [Interner Brief zu TDK C 180 an] WOP/VP, C 6, 1974-11-08, BASF SE UA P 925
 • N. N., Beurteilung der speziellen CC Mechanik von TDK, 1975-02-17, BASF SE UA P 925
 • Stumpf, Werner, C 180 mit spez. CC-Mechanik von TDK, 1975-02-28, BASF SE UA P 925
- 3357 Fe., Gewogen und zu leicht befunden? / Mikrokassetten und andere Compactcassetten-Konkurrenten, FUNKSCHAU 1980, Heft 21, Seiten 76-77, 1980-11-01
- 3358 Andriessen, Wilhelmus:, Considerations on Technical Elements of Cassette Tape Recording Through The Eyes of Tape Manufacturer BASF A.G.; BASF Aktiengesellschaft Ludwigshafen, ohne Datum, ca. 1979-11
- 3359 N. N., DIN – NAB – IEC – Bezugsbänder – Bezugfilme – Test- und Einstellbänder für Magnettonanlagen – hergestellt bei der BASF, o.D. (ca. 1978-12), BASF SE UA P 973
- 3360 Andriessen, Wilhelmus, Metallpigmentbänder für Compact-Cassetten - Daten, Fakten, Vorteile, o.D. (ca. Juni/Juli 1979), BASF SE UA P 905
- 3361 N. N. (BASF Verkauf Direktionsabteilung), 29. VB-Leiter-Besprechung in Ludwigshafen: Referate und Diskussionen, Referat Hans-Jochen Verseemann (S. 55 – 61), 1968-11-13, BASF SE UA T 03
- 3362 N. N., Jahresbericht der Verkaufsabteilung 1969, o.D. (ca. 1970-03-31), BASF SE UA T 002 Jahresberichte
- 3363 Leonhardt, Walter, Der schwarzweiße Bildschirm lebt noch, Stuttgarter Nachrichten, 1967-08-30, BASF SE UA P 909.3
 N. N., Audition de 120 minutes avec la cassette Compact de las B.A.S.F., L'Equipmenet de Bureau, Paris, 1968-01
- 3364 Löwenberg, Gustav, [M-Gruppe Prüfung und Anwendungstechnik], Gebrauchsmuster-Anmeldung: Beilagefolie für Tonband-Cassetten, 1968-04-19
- 3365 In gewisser Weise erinnert dies an die Anfangsjahre des Magnetbands: das Potential von Fritz Pfeumers wegweisender, aber kaum praxisreifer Entwicklung wurde erst dank zahlreicher Detailverbesserungen freigesetzt und erschloss so dem Magnetband Anwendungsbereiche, an die Pfeumer nie gedacht hatte, wie die Daten- und Videoaufzeichnung.
- 3366 DIN IEC 94 Teil 7, Magnetbandkassette für vorbespieltes Band und für Heimanwendung, Abschnitt 12.4, Bandlauf und Bandführung, September 1990
- 3367 Andriessen, Wilhelmus:, Considerations on Technical Elements of Cassette Tape Recording Through The Eyes of Tape Manufacturer BASF A.G.; BASF Aktiengesellschaft Ludwigshafen, ohne Datum, ca. 1979-11
- 3368 Schmidt, Heinz, Aktennotiz: Kompatibilitätsprobleme bei bespielten Compact Cassetten, 1970-02-13, BASF SE UA P 925
- 3369 Habermann, Werner, Tagung des IEC Technical Committee No. 60 „Recording“, Rundfunktechnische Mitteilungen 1983 Heft 1, Seite 44
- 3370 Als die ursprüngliche C 521 V-Fertigungsmenge vergriffen war, musste der Typ wegen seiner Bedeutung als DIN-Leerband nachgestellt werden. Die Nachstellung, Typbezeichnung C 521 V/74, gelang nicht vollkommen „deckungsgleich“, Empfindlichkeits- und Vollaussteuerbarkeitswerte unterschieden sich um jeweils ca. 1 dB. Der Zusatz „74“ dürfte auf 1974 als Herstelljahr verweisen. – Quelle: N. N., Beilageblatt zum Leerband QP 12, Charge C 521 V/74, o.D. (sic), BASF SE UA P 973
- 3371 Andriessen, Wilhelmus, Considerations on Technical Elements of Cassette Tape Recording Through The Eyes of Tape Manufacturer BASF A.G.; BASF Aktiengesellschaft Ludwigshafen, ohne Datum, ca. 1979-11
- 3372 N. N., A History of Dolby Laboratories (Part 5), URL: <http://www.dolby.com/company/is.ot.0009.History.05.html> [2003-09-18]
- 3373 Andriessen, Wilhelmus, The State of IEC Standardization - Current Technical Magnetic Tape Problems, Paper read on the occasion of Press Conference on January 17, 1984
- 3374 Als „wow and flutter“-Ergebnisse nennt ein Testbericht vom März 1972 0.17 % für Advent 201 (Nachfolger des Advent 200 mit Wolensak-Laufwerk) und für CAD-5 0.13 % sowie für ein weiteres Nakamichi-Laufwerk in Bell & Howell DES 1700 0.13 %. Wegen unterschiedlicher Bewertungsfilter können die Ergebnisse nicht unmittelbar auf Geräte übertragen werden, die nach DIN gemessen wurden, es ist jedoch davon auszugehen, dass diese Laufwerke in der Tat „klavierfest“ waren, d.h., Klaviermusik frei von hörbaren Tonhöhen-schwankungen wiedergaben. (Crank, Brian, Stereo Cassette Type Recorder Decks, Wireless World, March 1972, p. 131 ... 136, 1972-03-01)
- 3375 Harten, Ulrich, Der Bandlauf als Wechselspiel zwischen Rekorder und Cassette, Presse-Information der BASF Magnetics GmbH, 1991-06-13. Diese Arbeit bietet eine detaillierte Darstellung der Bandzug-Problematik
- 3376 Grossefinger, Horst Sparte M / Verkauf + Anwendungstechnik, Protokoll über den Bericht der Anwendungstechnik: Marktbeobachtungen und Produktanforderungen, 1971-10-20, BASF SE UA P 923
 • ders., Notiz: Technischer Werbeprospekt für BASF Cassettenband und BASF-SM-Compact Cassetten, 1972-03-09, BASF SE UA P 905
- 3377 Schäffer, Norbert, Fitterer, Horst, Uhl, Karl, Schnell, Georg, Andriessen, Wilhelmus: Magnetbandkassette mit Bandführung für als Bandwickel aufzuwickelnde und davon abzuwickelnde Magnetbänder, Anmeldetag: 1971-03-29, Ausgabetag: 1977-03-03
- 3378 N. N., Neu von der BASF: Chromdioxid-SM-Compact Cassetten, Presse-Information der BASF, o.D. (ca. 1971-08-27), BASF SE UA P 909.2 und Lektoratsordner 8
- 3379 Grossefinger, Horst, und Wiegel, Wolfgang, avi Nr. 25: BASF Compact Cassetten mit Spezial Mechanik SM, 1972-04-10, BASF SE UA P 925
- 3380 Andriessen, Wilhelmus: Zum Stand der Compact-Cassetten-Technologie im Jahr 1978, BASF Aktiengesellschaft Ludwigshafen ohne Datum, ca. 1978
- 3381 Götz, Klaus (BASF), Symposium in Prag am 24.06.76 [Vortragsmanuskript], 1976-06-24, BASF SE UA P 925
- 3382 Grossefinger, Horst, und Wiegel, Wolfgang, avi Nr. 25: BASF Compact Cassetten mit Spezial Mechanik SM, 1972-04-10, BASF SE UA P 925
- 3383 Andriessen, Wilhelmus: Zum Stand der Compact-Cassetten-Technologie im Jahr 1978, BASF Aktiengesellschaft Ludwigshafen ohne Datum, ca. 1978
- 3384 Megantz, Bob Learie, Dale, Fisher, John, DOLBY S – A signal processing system for a new generation of high-quality cassettes, One-to-One, August 1989, p. 14 ... 16
 • N. N., Dolby S-type, URL: <http://www.dolby.com/professional/pro audio engineering/technologies.html> [2006-05-01]
- 3385 Thomsen, Dieter, Erweiterter Aussteuerungsbereich bei Kassettentonbändern, FUNKSCHAU 1979 Nr. 21 S. 1241 ff., 1979-11-01
 • Gundry, Kenneth, Headroom Extension for Slow-Speed Magnetic Recording of Audio, AES-preprint 1534 (G2), 1979-11-02
 • N. N., Bessere Höhenaufzeichnung mit dem Dolby-HX-System, Funk-Technik 36 (1981), Heft 8, S. 269 - 217, 1981-08-01
- 3386 Bubbers, John H., Magnetic Recording, *Jour. Audio Engng. Soc.*, Vol. 46, No. ½, 1998 January/February AES 8711.PDF
- 3387 „Die BASF hatte Chromdioxid-Cassetten zur gleichen Zeit in Reserve, zeigte sie aber in Düsseldorf nicht.“ Quelle: Cabus, Hans-Joachim, Fernschreiben an cfb, relations publiques, 1978-01-05, BASF SE UA P 909.2
- 3388 McKenzie, Angus, Chrome, Studio Sound, London, 1971-03-01, BASF SE UA P 909.2;
 • N. N., Chromium Tape, Tape Recording Magazine London, 1971-01-01, BASF SE UA P 909.2
- 3389 Die hier eigentlich erforderliche Diskussion der Zusammenhänge zwischen der Amplitudenstatistik von Musik (im Sinn von „Aufzeichnungsaufgabe“) und technischen Parametern wie Höhenaussteuerbarkeit im Verhältnis zur Tiefenaussteuerbarkeit, Dynamik, Frequenzgang u.a. m. (im Sinn von „Lösungsmöglichkeiten“) würde den gegebenen Rahmen sprengen. Eine nicht nur für Fachleute verständliche Darstellung dieser Thematik findet sich in der Publikation Andriessen, Wilhelmus, und Seiberth, Hans, High Fidelity mit Compact-Cassetten?, Funkschau 1971 Nr. 17 S. 538, 1971-09-01, BASF SE UA P 905
- 3390 Andriessen, Wilhelmus, Leserbrief an Redaktion „Fonoforum“, München, 1984-11-16, BASF SE UA P 981
- 3391 Als 1973 das Rauschminderungssystem Dolby B als integrierte Schaltung angeboten und damit seine breite Durchsetzung absehbar war, hätte eine gegensteuernde Korrektur nur noch Unsicherheit erzeugt. Siehe dazu auch den Abschnitt über Chromdioxid für Musiccassetten.
- 3392 Köster, Eberhardt, Labomotiz Nr. 1/74 / Ein Beitrag zur Abhängigkeit der Empfindlichkeit und Aussteuerbarkeit der Analogaufzeichnung großer Wellenlängen mit HF-Vormagnetisierung von den magnetischen Bänderigenschaften, 1974-03-12 (Seiten 1 und 2), BASF SE UA D 02.21/2
- 3393 Grossefinger, Horst, Brief an Uher Werke (Herr Burch), München, 1973-08-29, BASF SE UA P 981.1
- 3394 BASF AG, Cassette Tape TP 18 LH [Datenblatt], o.D. (ca. 1976, WMNr 1230976), BASF SE UA P 974
 • dies., Cassette Tape TP 18 LHS [Datenblatt], o.D. (ca. 1976, WMNr 1231176), BASF SE UA P 974
- 3395 N. N., DIN – NAB – IEC – Bezugsbänder – Bezugfilme – Test- und Einstellbänder für Magnettonanlagen – hergestellt bei der BASF, o.D. (ca. 1978-12), BASF SE UA P 973
- 3396 Andriessen, Wilhelmus, Metallpigmentbänder für Compact-Cassetten - Daten, Fakten, Vorteile, o.D. (ca. Juni/Juli 1979), BASF SE UA P 905

- ³³⁹⁷ Mit der Einführung der LH-Super-Magnetbänder zieht auch eine bedauerliche Ungenauigkeit in die BASF-Werbung ein: „Neu von den *Erfindern* des Tonbands: LHsuper-Band“ bzw. „Neu ... von den Leuten, die das Tonband *erfunden* haben“ (Hervorhebungen von F.E.). Der Unterschied zwischen „Erfinder“ und „Entwickler“ wurde demnach bewusst – oder wegen mangelnder Kenntnis der Firmengeschichte? – eingegeben. Belege:
- N. N. (BASF AG), Prospekt „Neu von den Erfindern des Tonbands: LHsuper-Band“, o.D. (ca. 1974-04), BASF SE UA P 924
 - N. N. (BASF AG), Prospekt „Neu ... von den Leuten, die das Tonband erfunden haben ...“, o.D. (ca. 1974-04, WMNr MNAE-4236), BASF SE UA P 924
- ³³⁹⁸ Schnell, Georg, Untersuchung über die Zukunft des Audio-Bandes, 1974-02-21, BASF SE UA P 923
- ³³⁹⁹ Pavel, Andreas, Milano, Elektroakustische Anlage für die hochwertige Wiedergabe von Hörereignissen, Patent DE 2813000C2, angemeldet 1978-03-21, geändertes Patent ausgegeben 1989-06-06
- Kerbusk, Klaus Dieter, In die Tasche gesteckt, DER SPIEGEL 23/2004, Seite 89
- ³⁴⁰⁰ N. N., Rauschen beim Lauschen / Reineisen-Kassetten, DM (Düsseldorf), 1979-07-01, BASF SE UA Lektoratsordner 04. Die TDK MA-R, präsentiert zur Funkausstellung 1979, sollte DM 25.- kosten
- ³⁴⁰¹ N. N., Die guten Geschäfte mit Ausschußware / Tonbandkassetten, DM, Düsseldorf, 1979-11-01, BASF SE UA Lektoratsordner 13
- ³⁴⁰² In diesen Abschnitt sind ohne besondere Kennzeichnung auch Informationen aus einem Interview des Verfassers mit Wilhelmus Andriessen vom 2002-10-17 eingegangen
- ³⁴⁰³ Andriessen, Wilhelmus: Zum Stand der Compact-Cassetten-Technologie im Jahr 1978, BASF Aktiengesellschaft Ludwigshafen ohne Datum, ca. 1978
- ³⁴⁰⁴ N. N. (BASF), Seite 2 aus einem Protokoll einer Sitzung des Arbeitskreises "CC + Band", 1976-08-31, BASF SE UA P 925
- ³⁴⁰⁵ BASF Aktiengesellschaft, Ton und Bild / BASF / Heft 2 / September '80 [Kundenzeitschrift], Seiten 4 und 5, BASF SE UA P 908.2
- ³⁴⁰⁶ Dck., Ferrosuper LH I, Handelsblatt, 1977-10-05, BASF SE UA Lektoratsordner 12
- ³⁴⁰⁷ N. N., Magnetband für Compact-Cassette C 60 ferro super LH I (C 60) [Datenblatt], 1979, BASF SE UA P 974
- ³⁴⁰⁸ Jarman, Nick, WM-D6C (1984-2002), URL: <http://www.walkmancentral.com/products/wm-d6c> [2009-11-26]
- ³⁴⁰⁹ Eine ausführliche Darstellung der konsequenten Realisierung der Bezugsbänder und der zielstrebigsten Beibehaltung der zugrundeliegenden Überlegungen über drei Jahrzehnte hinweg findet sich in einem Interview von F.E. mit Wilhelmus Andriessen vom 2202-10-17
- ³⁴¹⁰ Andriessen, Wilhelmus, IEC-Referenz-Bänder für das Compact-Cassetten-System, Pressemitteilung der BASF Magnetics GmbH, 1989-06-01
- ³⁴¹¹ DIN IEC 94 Teil 7, Magnetbandkassette für vorbespieltes Band und für Heimanwendung, Abschnitt 12.4, Bandlauf und Bandführung, September 1990
- ³⁴¹² Götz, Klaus, und Schäffer, Norbert, Spaltneigungsverluste (Azimutverluste) bei dem Compact-Cassetten-System, 1979-06-07, BASF SE UA P 928
- Götz, Klaus, Präzisions-Messkassette für das Compactcassetten-System, FUNKSCHAU 1982 Nr. 16 S. 43 – 44, 1982-08-15
- ³⁴¹³ Engel, Friedrich und Götz, Klaus, BASF-Azimut-Präzisions-Cassette – BASF Azimuth Precision Cassette [Beschreibung und Gebrauchsanleitung], WMNr IAC-3810 G . 2/88, 1988-02-01, BASF SE UA P 928
- ³⁴¹⁴ Engel, Friedrich und Götz, Klaus, Azimuth Calibration Mechanism / Mechanical Calibration Mechanism (WMNr IAC 4604 APC), 1992-03-01, BASF SE UA P 928
- ³⁴¹⁵ Heckle, Manfred, Der Unternehmensbereich Informationssysteme, 1983-03-17, BASF SE UA P 909.0
- ³⁴¹⁶ Cabus, Hans-Joachim (?), Die Herstellung von BASF-Magnetbändern, Januar 1984, Information für die Fachpresse (P 4f Cb)
- ³⁴¹⁷ Gietz, Axel, Die Position der BASF auf dem europäischen Audio/Video-Markt (Stand: 1985), Presse-Information, 1986-06-01, BASF SE UA P 909.0
- ³⁴¹⁸ Gietz, Axel, Höchste Qualität im IEC-I-Bereich: Die LH Maxima X I der BASF, Presse-Information der BASF, 1986-03-01, BASF SE UA Lektoratsordner 29
- ³⁴¹⁹ Datenblätter Ferro Extra I, Ferro Super I und Ferro Maxima I, 1989-01, BASF SE UA P 974
- ³⁴²⁰ Dönicke, Horst, BASF entwickelt 2-Stunden-Audiocassetten von Grund auf neu, BASF Presseinformation, 1988-04-15, BASF SE UA Lektoratsordner 34
- ³⁴²¹ Higuchi, Shigetaka; Hisagen, Yoshiaki; Ozu, Takeshi; Ohata, Tsumoru, Magnetic Recording Tape with double layer coating, 14 p., o.D. (vor Mai 1975), Sony-Laborbericht
- ³⁴²² N. N. (Fox, Barry?), Tape News, Hi-Fi for Pleasure (London), 1974-08-01, BASF SE UA Lektoratsordner 15
- N. N., Sony seeks industry support for its Fe-Cr tape standards, Merchandising Week, New York, 1973-10-01, BASF SE UA Lektoratsordner 15
- ³⁴²³ Folgerichtig stellte Sony auch das IEC-Referenzleerband IEC III, Charge CS 301, das aber nie eine mit den Referenzleerbändern IEC I und IEC II vergleichbare Bedeutung erlangte
- ³⁴²⁴ N.N., Doppelt beschichtetes Tonband für Compact-Cassetten [3M Deutschland] FUNKSCHAU 1974, Heft 24 Seite 2859, 1974-12-15
- ³⁴²⁵ Andriessen, Wilhelmus, Besprechungsprotokoll vom 8.10.1973, 1973-10-24, BASF SE UA P 923
- Mahler, Karl, Wachstumsmöglichkeiten des Arbeitsgebietes Magnettechnik und Nyloprint, 1978-05-12, BASF SE UA P 920
- ³⁴²⁶ Tigges, N. N. (Werbeabteilung BASF), Namensvorschläge für das Mehrschichtband (MS), 1974-03-20
- ³⁴²⁷ Grosselfinger, Horst, „ferrochrom“, ein neues Cassettenband der BASF, 1975-07-10
- ³⁴²⁸ Andriessen, Wilhelmus, Metallpigmentbänder für Compact-Cassetten - Daten, Fakten, Vorteile, o.D. (ca. Juni/Juli 1979), BASF SE UA P 905
- ³⁴²⁹ Gläss, S., Ergebnisprotokoll der VMA/VKW-M Klausurtagung vom 27.20.77, S. 2, 1977-11-17, BASF SE UA P 908.1
- ³⁴³⁰ Andriessen, Wilhelmus, Zum Stand der Compact-Cassetten-Technologie im Jahr 1978, BASF Aktiengesellschaft Ludwigshafen, o.D. (ca. 1978), BASF SE UA P 905 und P 923
- ³⁴³¹ Keywood, Noel, Pick of the pack [Test Compact Cassetten], New HiFi Sound (UK), 1986-03-01, BASF SE UA P 909.0 / Presse-Ausschnitt-Mappe 1
- ³⁴³² N. N., Exklusive BASF-Cassette für anspruchsvolle Musikliebhaber, Luxemburger Wort, Luxemburg, 1988-12-12; BASF SE UA
- Sauer, Wilfried, Maxima Edition Nr. 2: BASF setzt mit „La Linea“ Design-Sonderserie fort / Chrome Maxima II-Technologie garantiert höchste Klangqualität, Presse-Information der BASF Aktiengesellschaft zur IFA Berlin (P 281 h), August 1989, BASF SE UA Lektoratsordner 37 – Designer: Klaus Barth, Kaiserslautern-Hohenecken; Quelle: pla, In Harmonie mit der Funktion, Die Rheinpfalz, 1990-04-26, BASF SE UA Lektoratsordner 38
- ³⁴³³ Sauer, Wilfried, Die BASF-Maxima-Edition No. 3 „Futura“ / High End in Klang und Form, Presse-Information der BASF Aktiengesellschaft, 1990-03-10
- ³⁴³⁴ N. N., Neue Audio- und Camcorder-Palette von BASF, Walter Kluxen Report, Hamburg, Nr. 1, 1991; BASF SE UA Lektoratsordner 41
- ³⁴³⁵ N. N., Die neuen Audio-Cassetten von BASF. Innovativ und zukunftsweisend [Prospekt], datiert „Internationale Funkausstellung 1987“, BASF SE UA P 908.6 (WMNr IAA-3722)
- ³⁴³⁶ Wiegel, Wolfgang, BASF Reference Super II: dieses Jahr nicht mehr [Leserbrief, BASF Service Audio/Video], STEREO, 1988-01-01, BASF SE UA Lektoratsordner 35
- ³⁴³⁷ Ströble, Sabine (BASF Magnetics GmbH), Hitzebeständig und stabil: BASF Magnetics entwickelt dreiteiliges Gehäuse für neue Audio-Cassette, 1993-03-19, BASF SE UA P 909.2
- ³⁴³⁸ Das Pressen einer 30 cm-Langspielplatte dauerte etwa 40 Sekunden (so Tetzner, Karl, Die Tonband-Kassette, FUNKSCHAU 1965 Nr. 03 S. 57, 1965-02-01), das Konfektionieren (Einschieben in Staubschutz- und Außenhülle) dürfte weitere 10 s beansprucht haben. Das Kopieren eines Musicassetten-Bandes mit 25 min Spielzeit erledigte eine 1:128-Anlage in etwa 12 Sekunden, wozu noch Loaden und Verpacken kam. Die Taktzeiten lagen also nicht allzu weit auseinander.
- ³⁴³⁹ Derartige Schleifenkästen, beschreiben als „narrow box with glass sides“ mit etwas mehr als Bandbreiten-Abstand, waren schon bei RRG in Betrieb, wenn auch nur als Magnetbandspeicher für Pausenzeichen-Abspielgeräte. Um 1950 hat das RTI Nürnberg ähnliche Geräte mit senkrechtem Schleifenkasten als Magnetofon-Pausenzeichengerät R 29 gebaut. – Quellen:
- Ranger, Richard H., Further Studies in Magnetophones and Tapes, FIAT Final Report No. 923, 1947-05-13
 - RTI Nürnberg, Braunbuchbeschreibung „Magnetofon-Pausenzeichengerät R 29“, 1950-07-27
- ³⁴⁴⁰ Schießler, Hans, Gedruckte Magnettonbänder, ETZ B 1956 Nr. 12 S. 473, 1956-12-21
- ³⁴⁴¹ Co., Kassetten-Tonbandgerät mit bespielten Bändern, FUNKSCHAU 1964, Heft 6, Seite 134, 1965-03-15
- ³⁴⁴² DGG gehörte zwischen 1966 und 1972 als gemeinsamer Besitz der Siemens AG und der N.V. Philips Phonographische Industrie, 1967 in Phonogram umbenannt. Ende 1980 konnte Polygram Record Service GmbH, in diesem Bereich Nachfolger der DDG, im Werk Hannover die 100-millionste Musicassette fertigen. – Quellen: up., Deutsche Grammophon Gesellschaft unter neuen Dirigenten, Handelsblatt, 1971-05-04, BASF SE UA Lektoratsordner 05; HB, Rekord bei Musicassetten, Handelsblatt, 1980-11-12, BASF Lektoratsordner 17
- ³⁴⁴³ Kühne, Fritz, Musik-Kassetten erobern den Weltmarkt, FUNKSCHAU 1967 Nr. 11 S. 330, 1967-06-01

- 3444 up., Deutsche Grammophon Gesellschaft unter neuen Dirigenten, Handelsblatt, 1971-05-04, BASF SE UA Lektoratsordner 05
- 3445 Haas, H.-J., Fertigung von Musikkassetten, FUNK-Technik 1971 Nr. 12 Seite 451, 1971-06-15
- 3446 Hausemann, Sven Heiko, Die Stars bitten zur Cassette, Welt am Sonntag, 1970-09-29, BASF SE UA Lektoratsordner 05
- 3447 N. N., FUNKSCHAU 1968Nr. 5, Seite 125, 1968-03-01
- 3448 JB., Musikkassetten rücken rasch vor, Die Welt, 1972-03-10, BASF SE UA Lektoratsordner 06
- 3449 Gm., Konkurrenz für die Schallplatte / Die Musikkassette setzt sich weiter durch, FAZ, 1973-04-06, BASF SE UA Lektoratsordner 06
- 3450 Andriessen, Wilhelmus, Leserbrief an Redaktion „Fonoforum“, München, 1984-11-16, BASF SE UA P 981
- 3451 N. N., Tonträgermarkt: Findet die Revolution doch noch statt?, Schallplatte [Hamburg], 1975-11-01, BASF SE UA Lektoratsordner 10
- 3452 Pressestelle der BASF (Cabus, Hans-Joachim?), LP oder MC – was ist besser?, Der Elektroniker [Aarau, CH], 1975-02-01, BASF SE UA Lektoratsordner 10
- 3453 dk, Keine Absatzaufblase bei Tonträgern, Handelsblatt, 1977-04-13, BASF SE UA Lektoratsordner 07
- 3454 N. N., Klang-Supermarkt zum Nulltarif, DER SPIEGEL, 1977-04-18, BASF SE UA Lektoratsordner 07 und 12
- 3455 N. N., Mobile Fidelity Selects BASF Tape, Southern California Retailer, Anaheim, CA., 1980-11, BASF SE UA Lektoratsordner 19
- 3456 N. N., Die Platten blieben Sieger / Vergleichstest Schallplatten / Bespielte Kassetten, test 6/81 S. 32 – 38, 1981-06-01, BASF Lektoratsordner 19
- 3457 Zeichnung nach Angaben von Wilhelmus Andriessen von F.E., 1986-04, überarbeitet 2007
- 3458 Götz, Klaus und Engel, Friedrich, BASF Chromdioxid-Band für Musikkassetten, 1984-09-01, BASF SE UA P 905
- 3459 Cabus, Hans-Joachim, Manuskript ohne Titel [Entwurf für Versemann-Vortrag: zur Neubau-Einweihung der Verbindungsstelle Wuppertal], 1984-04-26, BASF SE UA P 902
- 3460 Der Durchmesser der CD ist gleich der Diagonale der Compact-Cassette (115 mm) plus 5 mm, also 120 mm: „There were all sorts of stories about it having something to do with the length of Beethoven's 9th Symphony and so on, but you should not believe them.“ – Quelle: Immink, Kees A. Schouhamer, The Compact Disc Story, J. Eng. Soc., Vol. 46, No. 5, 1998 May. – Immink war in leitender Funktion an der Entwicklung der CD beteiligt.
- 3461 N. N. (Müller, Anne?), Initiative Wort Cassette: Neue Marktchancen für die Audioduplikation („mit freundlicher Genehmigung der BASF Magnetics GmbH“), Professional Production, 1994-10-01
- 3462 Pape, Rainer, EMTEC – ein neuer Name mit Tradition / Magnetband-Weltmarke BASF im Wandel, Presse-Information der EMTEC Magnetics GmbH, 1999-07-05
- 3463 Häcker, Reinhart, Ruhollah Musawi Khomeini / Porträt des Jahres, Stuttgarter Zeitung, 1979-12-29, BASF SE UA Lektoratsordner 18
- 3464 Quellen:
- 1976 und 1977: Cabus, Hans-Joachim (?), Compact Kassetten, Marktübersicht und Neuentwicklungen / Der Compact Kassetten-Markt, BASF-Information für die Presse, 1978-03, BASF SE UA P 909.1 und Lektoratsordner 04
 - 1978 und 1979: N. N., Wie entwickelte sich der Absatz von Musikkassetten, Elektromarkt Würzburg, 1980-12, BASF SE UA Lektoratsordner 19
- 3465 Soweit nicht eigens nachgewiesen, stützen sich der Rohwickel- und der Masterband-Abschnitt auf die Preis- und Lieferlisten der BASF- bzw. BASF Magnetics-Magnetbandprodukte.
- 3466 N. N., BASF Bulk Cassette Tape, Consumer Electronics, New York, 1976-09-01, BASF SE UA Lektoratsordner 12
- 3467 Lomas, P.A., AES 40 Convention, Studio Sound London, 1971-08-30, BASF SE UA P 909.5
- 3468 N. N., Studio-Preisliste / gültig ab 15.4.1972, WMNr MAVI 4124, 1972-04-15, BASF SE UA P 907.1
- 3469 Grosselfinger, Horst, Sparte M / Verkauf + Anwendungstechnik, Protokoll über den Bericht der Anwendungstechnik: Marktbeobachtungen und Produktanforderungen, 1971-10-20, BASF SE UA P 923
- 3470 N. N., Datenblatt Loop Master 920, 1984-03-01, BASF SE UA P 973
- 3471 • de Lancia, Phil, Tapeless Master – Bins with a Byte, Mix, October 1987, p. 224 - 229
- N. N., Digital Audio Analog Duplication, Prospekt der Firmen Concept Design und American Multimedia, Inc., o.D. (ca. 1987)

(Semi-) Professionelle Audio-Kassetten

- 3472 N. N. (Philips), A tape deck for Broadcast Automation, Philips Prof. recording / Audio studio equipment, o.D. (Vortrag vom 1971-09-19)
- 3473 Schießler, Hans, Automatisierte Magnetontechnik im Rundfunkbetrieb, Fernseh- und Kintotechnik 1970 Nr. 12 S. 450, 1970-12-01
- 3474 Rank, Wolfgang, Ein Studiokassettensystem mit 9,5 cm/s Bandgeschwindigkeit / A Studio Cassette System, Tape Speed 9.53 cm/s; AES Drucksache zur 72. AES-Convention München, 1972-03-14/16
- 3475 N. N., AEG-Telefunken, System Magnetophon 19 für die Automation im Rundfunk, 32-seitige Broschüre o.D. (ca. 1974)
- 3476 Sauerborn, H., Volkmann, W., Automatic Cartridge Archives with Direct Access, AES preprint, AES Convention Copenhagen, 1974-03-26/29
- 3477 Pers. Mitteilung von DI Klaus Götz, 2004-04-27
- 3478 Schoettle, Klaus, Hack, Joachim, Löwenberg, Gustav und Hoffmann, Werner, Magnetbandgerät mit Magnetbandkassette, DE 2 041 977, angemeldet 1970-08-25, ausgegeben 1973-07-19
- Schoettle, Klaus, Magnetbandgerät mit Magnetbandkassette, DE 21 37 939, angemeldet 1971-07-29, ausgegeben 1977-08-04
- 3479 N. N., ¼ Zoll-Universalkassette für die Datenverarbeitung, o.D. (ca. 1971-04-08), BASF SE UA Bildarchiv P 929 T 03
- 3480 N. N., Un accord est intervenu, B.I., Bureau et Informatique, 1971-04-01, BASF SE UA Lektoratsordner 9
- 3481 N. N., Prospekt „BASF Unisette / Professionelle 6,3 mm – Magnetbandkassette“, o.D. (ca. 1972-01), WBM-Nr. MAI-3166, BASF SE UA P 928
- 3482 Götz, Klaus, ¼" Cassette for High Quality Application, Gedrucktes Vortragsmanuskript AES 1974, 47th Convention, 1974-03-27, BASF SE UA P 928
- 3483 Andersen, Johannes V., und Jensen, Max, Ein-Mann-Studioeinrichtung mit automatischem elektronischem Schnitt ..., Berichtsband der Tonmeistertagung 1978, Seiten 18 ... 24
- Der Vorschlag, ein [Unisette-]Tonbandgerät ohne Capstan zu bauen (Andersen, Steen, Design of Tape Speed Control System in Low Inertia Tape Recorders, AES Preprint No. G-4, AES 53rd Convention, 1976-03-02), kam bezeichnenderweise aus dem Haus Nordisk Electroacoustics.
- 3484 H.-J.C. (Cabus, Hans-Joachim), Die Unisette-Kassette / Geräte werden bereits gebaut, Funkschau 1976 Nr. 20 S. 863, 1976-10-15
- 3485 N. N., Willi Studer AG, Regensdorf/Zürich, Studer CAMOS 3000, Cassette Automation Modular System, 12-seitige Broschüre o.D., ca. 1976
- 3486 Holenstein, Peter: Die sprechenden Maschinen – Studer-Revovox, das Lebenswerk des Audiopioniers Willi Studer, Seite 389, Schweizer Verlagshaus Zürich, 1996
- 3487 Löwenberg, Gustav, Besprechungs-Protokoll: Unisettenband prof., 1974-05-31, BASF SE UA P 928
- 3488 Andriessen, Wilhelmus, Notiz über eine Besprechung am 12.9.1974: Typenfreigabe für Audio-Magnetbänder, 1974-09-13, BASF SE UA P 923
- 3489 Götz, Klaus, Notiz: Chromdioxidband für professionelle Audioanwendung, 1976-01-12, BASF SE UA P 922
- 3490 N. N., SDR3, URL: http://de.wikipedia.org/wiki/SDR_3 [2009-03-31]
- 3491 Haller, Ulrich von, Zwei Mal von allem das Beste, Production Partner, Sonderausgabe zur AES Convention 2002, S. 23
- 3492 Angus, Robert, The Battle of the King Sized Cassettes, Audio Times, New York, 1976-05-15, BASF SE UA Lektoratsordner 10
- 3493 Trainman, Stephen, ¼-in-Elcaset Tape Format by Japanese, Billboard, 1976-04-24, BASF SE UA Lektoratsordner 10
- 3494 N. N., «Elcaset», die Hi-Fi-Revolution aus Japan, Schweizer Radio-Fachhändler, Zürich, 1976-09-01, BASF SE UA Lektoratsordner 10
- 3495 N. N. (BASF Schweiz AG), Zwei neue Kassettensysteme, Neue Zürcher Zeitung, 1976-10-26, BASF SE UA Lektoratsordner 10
- 3496 N. N., Encyclopedia Wikipedia, Stichwort Elcaset, URL: <http://www.wikipedia.org/wiki/Elcaset> [2003-09-06]
- 3497 Seppo, Hanste, The end of the Elcaset, Beitrag zu einer Elcaset-website, URL: <http://home.iae.nl/users/pb0aia/cm/elcaset/el-end.html> [2003-09-06]

- ³⁴⁹⁸ Fe., Gewogen und zu leicht befunden?, FUNKSCHAU 1980, Heft 21, Seite 77 berichtet unter „Neuer Start mit PCM: Elcaset“ von Überlegungen der Firmen Sony und Sharp. „ob man Elcaset nicht mit der PCM-Technik zu neuem Leben erwecken könne“.
- ³⁴⁹⁹ Neils, J., Digital-Kassetendeck [Sharp RT-X1, Elcaset], FUNKSCHAU 1981, Heft 19, Seite 47 bis 49, 1981-10-01

Neue Magnet-Materialien

- ³⁵⁰⁰ Wöhler, Friedrich, Ueber ein magnetisches Chromoxyd, Annalen der Chemie, 1859, S. 177 ff.
- ³⁵⁰¹ O'Dea, Dorothy, Magnetic Recording for the Technician, J. SMPE, Vol. 51, Nov. 1948, p. 468-480 - 1948-11-01
- ³⁵⁰² So hatten E.I. du Pont de Nemours 1960 auch die deutsche Photofabrik Adox von der Familie Schleußner gekauft (Thiele, Hartmut, Das Werk Perutz im Wandel der Zeiten, 120 Jahre Industriegeschichte von 1880 bis 2000, München, April 2000)
- ³⁵⁰³ Oppegard, Alfred L., E.I. du Pont de Nemours, Ruthenium-modified Chromium Oxide Ferromagnetic Compositions, Their Preparation and Use, USP 2,885,365, angemeldet 1956-10-02, ausgegeben 1959-05-05
- ³⁵⁰⁴ Arthur, Paul Jr. [E.I. du Pont de Nemours], Ferromagnetic Chromium Oxide and Method of Making, USP 2,956,955, angemeldet 1960-02-12, ausgegeben 1960-10-18
- ³⁵⁰⁵ N. N., Notiz „Crylon <sic> ist der Markenname ...“, Funkschau 1967 Nr. 17 S. 558. 1967-09-01
- ³⁵⁰⁶ Andriessen, Wilhelmus: Zum Stand der Compact-Cassetten-Technologie im Jahr 1978, BASF Aktiengesellschaft Ludwigshafen ohne Datum, ca. 1978
- ³⁵⁰⁷ Eichler, Wolfgang, Greiner, Joachim und Krones, Friedrich, Magnetisches Aufzeichnungsverfahren, DOS 1 449 692, angemeldet 1964-02-29, Offenlegung 1969-12-18
- ³⁵⁰⁸ „Die BASF hatte Chromdioxid-Cassetten zur gleichen Zeit [1970] in Reserve, zeigte sie aber in Düsseldorf nicht.“ Quelle: Cabus, Hans-Joachim, Fernschreiben an cfb, relations publiques, 1978-01-05, BASF SE UA P 909.2
- ³⁵⁰⁹ Köster, Eberhardt, Labor-Notiz 170: Temperaturabhängigkeit der Koerzitivfeldstärke und der Remanenz eines Systems nadelförmiger CrO₂-Teilchen, 1970-03-25, BASF SE UA D 02.21/1
- ³⁵¹⁰ Du Pont de Nemours & Co., Wilmington, [Brief an] Dr. Helmut Thurn, Ludwigshafen; 1970-05-14, BASF SE UA P 927
- ³⁵¹¹ N. N., Magnetband von Agfa, Werbetext der Agfa-Gevaert, o.D. (ca. 1982)
- ³⁵¹² N. N., High-energy magnetic tapes sound off, Chemical Week, NY, 1971-07-07, BASF SE UA P 909.2
- Andriessen, Wilhelmus, Stand der IEC-Normung - Aktuelle technische Magnetbandprobleme, Pressekonferenz der BASF Aktiengesellschaft am 17.01.1984, BASF SE UA P 909.64
- ³⁵¹³ Cabus, Hans-Joachim, Presse-Information der BASF [BASF erwirbt Du Pont-Lizenz für Chromdioxid], 1971-05-11, BASF SE UA P 909.1
- ³⁵¹⁴ E.I. du Pont de Nemours erwarben ihrerseits Ende 1978 von Sony eine Lizenz zur Produktion von Sonys U-matic-Video-Cassetten mit der Absicht, mit dem Crolyn-Band am beginnenden Videocassetten-Boom teilzuhaben. Bedeutendere Erfolge von du Pont sind nicht bekannt geworden. Quelle: N. N., DuPont will be getting into videocassette business, Chemical & Engineering News, Washington, USA, 1978-12-18, BASF SE UA Lektoratsordner 14
- ³⁵¹⁵ Andriessen, Wilhelmus, Metallpigmentbänder für Compact-Cassetten - Daten, Fakten, Vorteile, o.D. (ca. Juni/Juli 1979), BASF SE UA P 905
- ³⁵¹⁶ N. N., High-energy magnetic tapes sound off, Chemical Week, NY, 1971-07-07, BASF SE UA P 909.2
- ³⁵¹⁷ N. N., Backgrounder on Headwear, E.I. du Pont de Nemours, 1977-01-20, BASF SE UA P 906
- ³⁵¹⁸ N. N., Neu von der BASF: Chromdioxid-SM-Compact Cassetten, Presse-Information der BASF, o.D. (ca. 1971-08-27), BASF SE UA P 909.2 und Lektoratsordner 08
- ³⁵¹⁹ Grossefinger, Horst, Notiz für VMV/AVP zum Kaufm. Reisebericht ZDF Mainz vom 19.01.1972, 1972-02-03, BASF SE UA P 953
- ³⁵²⁰ N. N., Allgemeine Deutsche Philips Industrie GmbH, Schreiben an BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen und Standard-Text der Vereinbarung über die Herstellung von Musi-Cassetten], 1970-10-26
- ³⁵²¹ Andriessen, Wilhelmus, Metallpigmentbänder für Compact-Cassetten - Daten, Fakten, Vorteile, o.D. (ca. Juni/Juli 1979), BASF SE UA P 905
- ³⁵²² Andriessen, Wilhelmus: Zum Stand der Compact-Cassetten-Technologie im Jahr 1978, BASF Aktiengesellschaft Ludwigshafen ohne Datum, ca. 1978
- ³⁵²³ E.I. Du Pont de Nemours & Co., Wilmington, [Brief an] Dr. Helmut Thurn, Ludwigshafen; 1970-05-14, BASF SE UA P 927
- ³⁵²⁴ N. N., High-energy magnetic tapes sound off, Chemical Week, NY, 1971-07-07, BASF SE UA P 909.2
- ³⁵²⁵ Ohlinger, Manfred (Leiter der Fertigung Magnetpigmente), Die Herstellung von Chromdioxid, Manuskript des Vortrags vom 17. und 19.01.1984 (Pressekonferenz der BASF AG)
- ³⁵²⁶ Epstein, Jonathan D. und O'Sullivan, Sean, DuPont cuts - and process - draw criticism, 1999-01-09, URL: <http://www.delawareonline.com/newsjournal/business/2001/04/02arch-layoffs2.html> [2003-09-18]
- ³⁵²⁷ N. N., BASF bündelt Produktion anorganischer Pigmente in Ludwigshafen und Besigheim, 2003-11-07; http://www.pressrelations.de/new/standard/result_main.cfm?action=jour_pm&r=138812 (2019-10-05 nicht mehr auffindbar)
- ³⁵²⁸ Bessho, Tadao, How to use High-Position (CrO₂) Tapes, JAS Journal, 1982-02-01 (Übersetzung aus dem Japanischen)
- Andriessen, Wilhelmus, Brief an Kenwood Trio Electronics, Mr. Tadao Bessho, 1983-02-17 (ausführlicher Kommentar zur vorgenannten Publikation), BASF SE UA P 953
 - Gietz, Axel, Presse-Information der BASF [Widerlegung von Vorwürfen: Chromdioxid sei hochgiftig und umweltbelastend], 1986-08-25, BASF SE UA P 909.2
- ³⁵²⁹ Hendricks, Bob, Bob Hendricks' Memories - Du Pont Years (1961-1972), URL: <http://www.rochester.infi.net/~rwhend/memories3.html> [2003-08-21]
- ³⁵³⁰ N. N., Warnung vor Datenverlust bei 3480-Kassetten, COMPUTERWOCHE Nr. 27, 1986-07-04, URL: <http://www.computerwoche.de/heftarchiv/>, insbesondere die Äußerungen des BASF-Pressesprechers Hörst Dönicke
- ³⁵³¹ Dönicke Horst, Notiz [Formulierungshilfe zu Giftigkeitsvorwürfen Chromdioxidband], 1986-06-24, BASF SE UA P 953
- ³⁵³² N. N., Warnung vor Datenverlust bei 3480-Kassetten, COMPUTERWOCHE Nr. 27, 1986-07-04, URL: <http://www.computerwoche.de/heftarchiv/>
- ³⁵³³ Leichsenring, N. N., Video tape / headwear, Fernschreiben an BCI, Montreal, 1981-02-24, BASF SE UA P 936
- ³⁵³⁴ Stark, Craig, PM's Guide to cassette tapes, Popular Mechanics, 1976-11-01, BASF SE UA P 906
- ders., A Tape Breakthrough, Stereo Review New York, 1978-06-01, BASF SE UA Lektoratsordner 04
- ³⁵³⁵ Fox, Barry, THE BASF TAPES, Hi Fi for Pleasure May 1984, p. 18 ff., 1984-05-01, BASF SE UA P 909.2
- N. N., Backgrounder on Headwear, E.I. du Pont de Nemours, 1977-01-20, BASF SE UA P 906
- ³⁵³⁶ Howell, H. A., Magnetic Sound Recording on Coated Paper Tape, SMPE J., pp. 36-49, Vol. 48, 1947, January
- ³⁵³⁷ Mooney Mark Jr., The History Of Magnetic Recording, HiFi Tape Recording, Vol. 5 No. 4, Feb., 1958 pp 21-37
- ³⁵³⁸ Prochnow, Rudolf und Barthels, Hans-Jürgen, Magnetogrammräger, Patent DE 817370, angemeldet 1949-09-24, ausgegeben 1951-10-18
- ³⁵³⁹ Carman, E.H., A method of preparing iron powder for permanent magnets, Metallurgia, Vol 52, pp. 165 ... 168, 1955, zitiert als Quelle 6 in Giessen, A.A. van der [Philips Eindhoven], A magnetic recording tape based on iron particles, o.D. (ca. 1973)
- ³⁵⁴⁰ Thomas, John R., Dispersion of Discrete Particles of Ferromagnetic Metals, USP 3,228,881, angemeldet 1963-01-04, patentiert 1966-01-11
- ders. und Harle, Oliver L., Dispersion of Ferromagnetic Cobalt Particles, USP 3,228,882, angemeldet 1963-01-04, patentiert 1966-01-11
 - ders. und Lavigne, Joe B., Process for Improving the Magnetic Properties of Colloidal Dispersion of Magnetic Particles, USP 3,284,358, angemeldet 1963-06-10, patentiert 1966-11-08
- ³⁵⁴¹ Feldman, Len, New Breakthrough In Audio Tape, Radio-Electronics, New York, N.Y., 1978-11-01, BASF SE UA Lektoratsordner 04
- Kawasaki, M. und Higuchi, S., Alloy Powders for magnetic recording tape, IEEE Trans., Magn., Vol MOG-8, pp. 430 ... 432, 1972, zitiert in Giessen, A.A. van der [Philips Eindhoven], A magnetic recording tape based on iron particles, o.D. (ca. 1973) und Köster, Eberhard, Labornotiz Nr. 3/73: Die magnetischen und elektrischen Eigenschaften von Metallpigmentbändern, 1973-04-02, BASF SE UA D 02.21/1
 - Giessen, A.A. van der [Philips Eindhoven], A magnetic recording tape based on iron particles, o.D. (ca. 1973)
 - Köster, Eberhard, Labornotiz Nr. 3/73: Die magnetischen und elektrischen Eigenschaften von Metallpigmentbändern, 1973-04-02, BASF SE UA D 02.21/1
- ³⁵⁴² Angabe der Messwerte in Köster, Eberhard, Labornotiz Nr. 3/73: Die magnetischen und elektrischen Eigenschaften von Metallpigmentbändern, 1973-04-02, BASF SE UA D 02.21/1 Labornotizen Magnettechnik und Nyloprint

- 3543 Giessen, A.A. van der [Philips Eindhoven], A magnetic recording tape based on iron particles, o.D. (ca. 1973)
- 3544 Andriessen, Wilhelmus, Besprechungsprotokoll vom 8.10.1973, 1973-10-24, BASF SE UA P 923
- 3545 Stark, Craig, A Tape Breakthrough, Stereo Review, New York, 1978-06-01, BASF SE UA Lektoratsordner 04
- 3546 Hodges, Ralph, Stereo Scene / The Mysterious West, Popular Electronics, New York, 1977-12-01, BASF SE UA Lektoratsordner 04
- 3547 N. N., New Tape Formulations From BASF & Philips, Consumer Electronics, N.Y., 1977-08-01, BASF SE UA Lektoratsordner 10 (Die Erwähnung von BASF bezieht sich auf die Cassette chromdioxid super)
- 3548 Stark, Craig, A Tape Breakthrough, Stereo Review, New York, 1978-06-01, BASF SE UA Lektoratsordner 04
- 3549 N. N., BASF Holds Off Iron Pumping: Awaits Standardization, Computer Electronics Daily, New York, 1978-06-23, BASF SE UA Lektoratsordner 04
- 3550 N. N., A 3M audio tape kicks off a new generation, Business Week, New York, 1978-10-07, BASF SE UA Lektoratsordner 16
- 3551 N. N., 3 Overseas Firms Agree on Standardization of Alloy Tapes, Nikkan Kogyo Shimbun, 1978-07-28, BASF SE UA Lektoratsordner 04 (vermutlich als Übersetzung aus dem Japanischen)
- 3552 Cabus, Hans-Joachim, Interner Brief an VMA, VMA/VP: FS-Anfrage "hifi-markt", 1980-01-15, BASF SE UA P 909.2
- 3553 Cabus, Hans-Joachim (?), Das Metall-Pigment-Band der BASF / Metal IV, Informationen für die Fachpresse, o.D. (ca. 1979-08-20), BASF SE UA P 909.2
- 3554 Hirsch, Julian D., Metal Tape, Stereo Review, 1980-03-01, p- 33 ... 34
- 3555 Andriessen, Wilhelmus, Metallpigmentbänder für Compact-Cassetten - Daten, Fakten, Vorteile, o.D. (ca. Juni/Juli 1979), BASF SE UA P 905
- 3556 Andriessen, Wilhelmus, Notiz: Vorschlag für ein Cassetten/Geräte-Konzept mit Frist bis zur Berliner Funkausstellung 1981, 1980-07-22, BASF SE UA P 925
- 3557 Engel, Friedrich, Metallpigment – Magnetmaterial für die Tonbänder von morgen?, Neue Zürcher Zeitung, 1980-08-27, BASF SE UA Lektoratsordner 19
- 3558 Mund, Hans-Jürgen, HiFi bei 2,4 cm/s, FUNKSCHAU 1982, Heft 6, Seite 59 – 62, 1982-03-15
- 3559 Engel, Friedrich, Trends in der technischen Ausstattung von Compact-Cassetten-Recordern, 1980-11-11, BASF SE UA P 929
- 3560 Poti, Laura, Metal Tape: Is It Falling On Tin Ears?, Billboard, Los Angeles, 1981-08-01, BASF SE UA Lektoratsordner 19
- 3561 N. N., HiFi-Qualität auch mit Eisenoxid, Eine Untersuchung der Stiftung Warentest, Stuttgarter Nachrichten, 1982-11-03, BASF SE UA Lektoratsordner 24
- 3562 Quelle: „G & I Spezialpanel“, entnommen aus „Werbung für BASF Unterhaltungsmedien 1973 – 1982, Fakten – Ziele – Umsetzungen“, o.D. (ca. 1983-03), BASF SE UA P 907.3
- 3563 Iseaka, K. et al., The Application of High-Coercivity Cobalt Iron Oxide Tape for Digital Video Recording, SMPTE Journal, March 1989, p. 168 .. 171
- 3564 Gawlik, N. N., Notiz „Labor für Aufdampftechnik“, 1970-12-31 als Jahres-Abschlussbericht (?), BASF SE UA P 948
- 3565 N. N. [BASF erprobt Kobalt-Beschichtung], Capital, 1970-04-30, BASF UA P 909.3
- 3566 Gawlik, N. N., Notiz „Labor für Aufdampftechnik“, 1970-12-31, BASF UA P 948
- 3567 Andriessen, Wilhelmus, Schreiben an Blaupunkt Hildesheim (Diepholz), 1983-01-27, BASF SE UA P 925 FK
- 3568 N. N. (Matsushita News), Matsushita Grants BASF A License to Use New Video Tape Technology, 1983-09-13, BASF SE UA P 954
- N. N., BASF nutzt Matsushita-Know-how, COMPUTERWOCHE Nr. 39 vom 23.09.1983, 1983-09-23
- 3569 Grau, Werner, Neue Tendenzen in der Speichertechnik für Audio/Video, Referat anlässlich der Pressekonferenz am 17.01.1984, BASF UA BASF UA P 909.64
- 3570 Lindner, Jim und Wheeler, Jim, „Video Q & A“ - Answers to Frequently Asked Questions on Video Formats and Preservation, URL: <http://www.amianet.org/> / 11 Information / 11d3 VidAnswer.html [2003-09-29]
- 3571 Fox, Barry, THE BASF TAPES, Hi Fi for Pleasure May 1984, p. 18 ff., 1984-05-01, BASF UA P 909.2
- 3572 N. N., Höhere Kapazität auf Reinmetallbasis, COMPUTERWOCHE Nr. 45, 1985-11-08
- 3573 hof., Neue Datentechnik-Produkte steigern den Umsatz, FAZ, 1986-02-26, BASF UA P 909.4
- 3574 Perry, Gregg, Ampex and Videotape Recording; Pressemitteilung, 1967-03
- 3575 hs/sl, Europäer machen den Japanern zu schaffen, Handelsblatt, 1981-11-24
- ea, DM-Video-Test, Japanische Systeme wurden klar auf die hinteren Plätze verwiesen, Handelsblatt, 1981-11-25
- 3576 N. N., A Chronology of Dolby Laboratories, URL: [http://www.dolby.com/company/chronology1970 1979.html](http://www.dolby.com/company/chronology1970%201979.html) [2003-09-18]
- 3577 Haase, Hans-Joachim, Test eines VHS-Videorecorders mit HiFi-Stereo-Ton, Funk-Technik 39 (1984), Heft 9, S. 376-378, 1984-09-01
- Auer, R., HiFi-Ton aus der Video-Ecke, Funkschau 1985 Nr. 07 S. 45, 1985-04-01
- 3578 Frank, Reinhard, HiFi-Ton für Videorecorder, Funk-Technik 38 (1983), Heft 12, S. 498 – 500, 1983-12-01
- 3579 Saunders, Stephen R., Will Sony offer VHS?, AudioVideo International, 1988-01
- 3580 Auer, R., Video-Weltmeister, FUNKSCHAU 1984 Nr. 09 S. 39, 1984-05-01
- 3581 Auer, R., Super-Beta und VHS-HQ gegenübergestellt, FUNKSCHAU 15/1986, S. 35 – 38, 1986-08-01
- 3582 N. N., Final Step in Half-Inch VCRs, Japanese Industry Newsletter, April 27, 1987
- 3583 „The high picture quality of S-VHS is achieved through a pseudo component system dubbed 'S-video' or 'Y/C' which separates the chrominance and luminance signals, though not as cleanly as true component systems such as Betacam SP.“ (Quelle: N. N., Video Formats, URL: [http://www.users.bigpond.com/kaywand/wand/tech docs/formats.htm](http://www.users.bigpond.com/kaywand/wand/tech%20docs/formats.htm) [2003-08-26])
- 3584 Schild, Walter, Newcomer im Vergleich, FUNKSCHAU 1988, Heft 14, Seite 52
- 3585 Bücken, Rainer, D-VHS – Brücke zwischen analoger und digitaler Welt, Fernseh- und Kinotechnik 1995, Heft 5, S. 286, 1995-05-01
- Wiechmann, Michael, VHS goes digital: JVC stellte D-VHS vor, Professional Production, 1995-06-01
- 3586 N. N., Consumer and Professional Digital Video Recording and Data Formats; URL: <http://video.com.mx/articulos/DigitalVideoRecordingandDataFormats.htm> [2003-09-29]
- 3587 Hansen, Sven, DVDs überholen VHS-Kassetten, <http://www.heise.de/newsticker/meldung/DVDs-ueberholen-VHS-Kassetten-52169.html>, 2001-11-08 [2019-10-05]
- 3588 Benannt nach dem Schweizer Vorsitzenden der zuständigen CCIR-Kommission, Dr. W. Gerber. – Quelle: Rindfleisch, Hans, Technik in Rundfunk – Ein Stück deutscher Rundfunkgeschichte von den Anfängen bis zum Beginn der achtziger Jahre, Mensing Verlag Norderstedt 1985, Seite 168
- 3589 Kauzmann, Gerd, Magnetische Bildaufzeichnung, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1965

Übersicht: Video-Aufzeichnung auf Magnetband

- 3590 Kauzmann, Gerd, Magnetische Bildaufzeichnung, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1965
- Habel, Fritz (Prof. Dr.-Ing.), Anwendung des Halbbildverfahrens bei der magnetischen Bildaufzeichnung, Zeitschrift für das gesamte Gebiet der Elektrotechnik, Heft 7, 1974
- ders., Zur genauen Regelung der Kopfradphase bei Bildbandgeräten, Wissenschaftliche Berichte AEG-Telefunken 43, 1970
- Kuper, Gerhard, Interviews in „Eduard Schüller und seine Magnetophone“
- 3591 Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1953.htm> ff.
- 3592 Sawazaki, N. et al., A new television tape recorder, J. Mot. Pict. Telev. Engrs. 69 (1960), in deutscher Übersetzung von Schmidbauer, Otto, in Rundfunktechnische Mitteilungen 1961 Nr. 3, S. 97 – 100
- 3593 N. N., Up Through Trinitron – The Find at the IRE Show, Sony-Website, URL: <http://www.sony.net/Fun/SH/1-10/h1.html> [2005-07-14]
- 3594 N. N., Legende und Realität: Sony/Matsushita, Wirtschaftswoche, 1983-10-07, S. 170 – 174
- 3595 Als Datum für Okamuras Erfindung wird im Internet das Jahr 1959 genannt (u.a. Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1959.htm>). Das genannte Patent ist derzeit nicht auffindbar, so dass unklar bleibt, ob es 1959 aus gegeben bzw. wann es angemeldet wurde. Weiter konnte nicht geklärt werden, was es mit dem Patent „Magnetic Recording and Reproducing System“, angemeldet 9. Mai 1980, Anmelder und Erfinder: Shiro Okimura, auf sich hat, das ebenfalls exakt die slant azimuth method of video recording beschreibt.

³⁵⁹⁶ N. N., Why Beta is better than VHS, URL: <http://www.lpl.arizona.edu/~vance/betaphile.html> [2003-08-01]

³⁵⁹⁷ Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1968.htm>

Übersicht: Video-Aufzeichnung auf Magnetband

³⁵⁹⁸ Stille, Curt, Verfahren der elektrischen Fernphotographie, Patent DE 274 926, angemeldet 1911-06-03

³⁵⁹⁹ Stille, Curt, Verfahren zur elektromagnetischen Aufzeichnung und Wiedergabe von Licht- und Schallwellen auf einem Draht, besonders zur Herstellung sprechender Filme, Patent DE 363 642 (Telegraphie-Ges. Stille, Berlin), 1918-09-01

³⁶⁰⁰ Von Boris Rtcheouloff wurden folgende Patente ausfindig gemacht:

- Dispositif perfectionné pour enregistrer et reproduire des tableaux, images et analogues, FR 630.905
- Improved Means of Recording and Reproducing Pictures, Images and the like GB 288,680,
- Means of recording and reproducing pictures, images, and the like, US 1,771,820 (hier findet sich der Vermerk „Application filed ... in Russia June 27, 1922“)
- Verfahren zur elektrischen Übertragung von Bildern, DE 480 365, angemeldet 22. Februar 1927, ausgegeben 2. August 1929
- Television and telephotography. US 1,745,029, angemeldet 9. Februar 1927, ausgegeben 28. Januar 1931 (auch hier findet sich der Vermerk „Application filed ... in Russia June 27, 1922“)

³⁶⁰¹ Leon Thurm, Electromagnetic apparatus for the transmission of images, US 1,771,360, angemeldet 23.01.1928, ausgegeben 22.07.1930
derselbe:

- Verfahren zur Übertragung zonenmäßig unterteilter Bilder, DE 595 369, angemeldet 27.01.1928, ausgegeben 11.04.1934
- Dispositif électro-magnétique permettant la réalisation pratique de la télévision, FP 640.115 angemeldet 05.02.1927, ausgegeben 06.07.1928

³⁶⁰² Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1950.htm> und 1953.htm

³⁶⁰³ Pawley, Edward, BBC Engineering 1922 – 1972; BBC Publications 1972

³⁶⁰⁴ Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1948.htm>, 1951.htm und 1952.htm

³⁶⁰⁵ Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1948.htm> ... 1956.htm;

- Wehde, H., Verwendung der Magnetspeichertechnik für Fernsehaufzeichnung, in: Winkel, Fritz (Hg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960

³⁶⁰⁶ Jorgensen, Finn, Early Fixed-Head Video Recorders, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999

³⁶⁰⁷ N. N., Tape Recording Technology / The History of Recording Technology, URL: [http://www.tvhandbook.com/History/History recording.htm](http://www.tvhandbook.com/History/History%20recording.htm) (2003-06-13)

³⁶⁰⁸ N. N., Magnetband mit Aluminium-Schicht, FUNKSCHAU 1959 / Heft 15 Seite 713, 1959-08-01

³⁶⁰⁹ VERA, website, URL: <http://www.vtoldboys.com/vera.htm#btm> [2009-04-13]

Zwei-Zoll-Querspur-Videorecorder

³⁶¹⁰ So der Firmenname seit Mitte 1953 – Quelle: Sanner, Howard, Chronology of Ampex Professional Products, 1999-11-04, URL: <http://recordist.com/ampex/ampchrxn.txt>

³⁶¹¹ Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1956.htm>

³⁶¹² entsprechend dem Vierfachen der Netzfrequenz in den USA: 60 Hz!

³⁶¹³ N. N., Prospekt für Ampex VR-1000, URL: <http://www.vidipax.com/museum/images/lit28.4.jpg>

³⁶¹⁴ Marzocchi, Luigi („Via N. Battaglia 1, Milan, Italy“), System of electromagnetic sound recording on metallic plates, ribbons or wires, Patent GB 497,800, angemeldet am 28. Juni 1937
ders., Electromagnetic sound recording, Patent US 2,245,286, angemeldet am 26. Mai 1937 – Die italienische Version dieses Patents wurde offenbar bereits am 1936-06-26 bzw. 1937-04-17 angemeldet.

³⁶¹⁵ Dubbe, Richard F. (Minnesota Mining and Manufacturing Company), Magnetic Tape Recording with Longitudinal Or Transverse Oxide Orientation, JAES October 1959, volume 7, number 4, p. 203-207. 216 – Bei der Schrägschraufzeichnung lohnt es nicht, genau in Schreibrichtung zu orientieren; hier sind also die Pigmentnadeln wieder in Laufrichtung des Bandes ausgerichtet.

³⁶¹⁶ N. N., How 3M revolutionized recording through magnetic tapes, <http://www.3m.com/about3m/pioneers/magnetic.jhtml> [2004-11-26]

³⁶¹⁷ Warner, R.M., Jr., Earl Masterson, SPEC Feb 96 51-57, URL: <http://www.spectrum.ieee.org/publicaccess/1996index/sub1indx.html>, gefunden im Google-Archiv unter ccub.wlv.ac.uk/~in5379/history/masterson/masterson.htm

³⁶¹⁸ Mallinson, John C., The Ampex Quadruplex Recorders, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999

³⁶¹⁹ N. N., Ampex Video Tape Recorder Stuns TV Industry, Magnetic Film & Tape Recording Magazine, June, 1956; URL: <http://www.vidipax.com/museum/images/lit28.1.jpg> [2005-08-24]

³⁶²⁰ N. N., Prospekt „Facts about the Ampex VR-100 Videotape Recorder“, o.D. (ca. 1957), URL: <http://www.vidipax.com/museum/images/lit28.4.jpg> [2005-08-24]

³⁶²¹ N. N., Tape Recording Technology / The History of Recording Technology, URL: [http://www.tvhandbook.com/History/History recording.htm](http://www.tvhandbook.com/History/History%20recording.htm) (2003-06-13)

³⁶²² Der erste an CBS ausgelieferte Videorecorder VR-1000 blieb bis 1965 in Betrieb, absolvierte in neun Jahren mehr als 17.550 Stunden „air time“, also Sendebetriebe, und ging dann als vielbewundertes Ausstellungsstück in das Ampex-Museum of Magnetic Recording, Redwood City, CA, zurück.

³⁶²³ N. N., Recording Colour-Television On Magnetic Tape (Referat „Die Aufzeichnung von Farbfernsehsendungen auf Magnetband“ in Rundfunktechnische Mitteilungen Jhg. 2 - 1958, S. 198)

³⁶²⁴ Lafferty, William, „I've Come Not to Praise Live Television nor Destroy Film but to Bury Both“, The Introduction of Videotape Recording into American Broadcasting, 1956-1959, o.D. (ca. 1987)

³⁶²⁵ Mallinson, John C., The Ampex Quadruplex Recorders, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999

³⁶²⁶ Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1957.htm>

³⁶²⁷ N. N. (Kirk, David?), Videotape Formats and Standards, Studio Sound, September 1973, p. 56 ff.

³⁶²⁸ Abramson, Albert: The History of Television, 1942 to 2000, McFarland & Company, 2003 (paperback edition 2008, p. 52/53)

³⁶²⁹ Costello, Marge: Conversation with Charles Ginsburg, Videography, Volume 8 Number 4, 1983-04, pages 60, 61, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78

³⁶³⁰ Meyer, Erwin und Schüller, Eduard, Magnetische Schallaufzeichnung auf Stahlbänder, Zeitschrift für technische Physik, 13. Jahrg. Nr. 12, 1932 S. 593, 1932-09-29

³⁶³¹ Mullin, John T., The Birth of the Recording Industry, Billboard 1972-11-18, p. 58 ff., 77, 79

³⁶³² ARD, Arbeitsgemeinschaft der Rundfunkanstalten Deutschlands, gegründet 1950-06-09. Das Institut für Rundfunktechnik (IRT) ist eine Einrichtung der ARD.

³⁶³³ 1953 gab es in der Bundesrepublik ca. 1.500 Fernsehgeräte, 1957 680.000, 1961 4,6 Millionen [Quelle: Zielinski, Siegfried: Zur Geschichte des Videorecorders (Hg.: Joachim Polzer), Buchverlag der Polzer Media Group Potsdam, 2018, ISBN-13: 978-3934535299]

³⁶³⁴ Braunnühl, H.J. v., Schmidbauer, Otto, Fernsehaufzeichnung auf Magnetband nach dem Ampex-Verfahren, Rundfunktechnische Mitteilungen 1957 S. 186 – 190, Manuskript datiert 1957-08-12

³⁶³⁵ Goldmann, Joachim und Funk, Herbert, Filmaufzeichnung von Fernsehsendungen in der Bundesrepublik Deutschland, Rundfunktechnische Mitteilungen 1958, Manuskript vom 1958-04-11, S. 129 – 146

- Stepputat, Udo, Die filmtechnischen Einrichtungen beim Nord- und Westdeutschen Rundfunkverband in Hamburg, Rundfunktechnische Mitteilungen, Jg. 3, 1959, S. 184 ff. (Manuskript 1959-04-03)

³⁶³⁶ Knöpfel, Walter und Send, Paul, Interview mit Albrecht Häfner (alle SWF Baden-Baden), 1990-09-19 und 1991-04-09

- ³⁶³⁷ Menze, Werner; Hansen, Horst, Einführungslehrgang der Firma Siemens & Halske für das Ampex-Bildaufzeichnungsverfahren [Veranstaltungsbericht], Rundfunktechnische Mitteilungen Jahrgang 3 – 1958 S. 56, 1958-10-13
- ³⁶³⁸ Benannt nach dem Schweizer Vorsitzenden der zuständigen CCIR-Kommission, Dr. W. Gerber. – Quelle: Rindfleisch, Hans, Technik in Rundfunk – Ein Stück deutscher Rundfunkgeschichte von den Anfängen bis zum Beginn der achtziger Jahre, Mensing Verlag Norderstedt 1985, Seite 168
- ³⁶³⁹ Also einem geradzahlgigen Vielfachen der in Europa üblichen Netzfrequenz 50 Hz
- ³⁶⁴⁰ Machein, Kurt R., The Ampex Videotape Recorder and Its Performance on Foreign TV Standards, Journal of the SMPTE, September 1959, pp. 609-611
DIN 15900 Blatt 2, Video-Magnetband 50, Laufgeschwindigkeit und Laufrichtung, Ausgabe April 1964
- ³⁶⁴¹ Braumnühl, Hans Joachim von, Stand der Entwicklung und Anwendungsmöglichkeiten des Ampex-Verfahrens zur magnetischen Aufzeichnung von Fernsehsignalen, Rundfunktechnische Mitteilungen 1959 Nr. 2, Seiten 61 – 65, 1959-01-20
Lange, Eckhard, Zur Geschichte der Technik des Südwestfunks (1945-1975), in: Karl Schörken (Hrsg.), Sender Hörfunk Fernsehen, Spiess, Berlin 1981
- ³⁶⁴² N. N., Bei Redaktionsschluß ... [Beschaffung eines zweiten Ampex-Bildbandgeräts], Südwestfunk / Technische Blätter Heft 4, Oktober/Dezember 1958 Seite 1, 1958-11-15
- ³⁶⁴³ Zielinski, Siegfried: Zur Geschichte des Videorecorders (hg.: Joachim Polzer), Buchverlag der Polzer Media Group Potsdam, 2018, ISBN-13: 978-3934535299
- ³⁶⁴⁴ Müller, G.; Krank, B.; Weinlein, W., Verbesserungen bei der magnetischen Fernsehaufzeichnung, Rundfunktechnische Mitteilungen 1965 H. 5 S. 254 ff., 1965-05-01
- ³⁶⁴⁵ N. N., Ampex wird transportabel, FUNKSCHAU 1960 Heft 21 Seite 522, 1960-11-01
- ³⁶⁴⁶ Progress Committee Report 1961, S. 333, zitiert nach Zielinski, Siegfried: Zur Geschichte des Videorecorders, Zur Geschichte des Videorecorders (hg.: Joachim Polzer), Buchverlag der Polzer Media Group Potsdam, 2018, ISBN-13: 978-3934535299
- ³⁶⁴⁷ N. N., Ampex wird transportabel, FUNKSCHAU 1960 Heft 21 Seite 522, 1960-11-01
- ³⁶⁴⁸ Perry, Gregg, Ampex and Videotape Recording, Ampex Corp., Redwood City, 1967-03
- ³⁶⁴⁹ N. N.; Video-Magnetbandgerät aus Darmstadt; FUNKSCHAU 1959 / Heft 23 Seite 1157
- ³⁶⁵⁰ N. N., Eine deutsche Videoaufzeichnungsanlage, FUNKSCHAU 1966, Heft 13, Seite 418, 1966-07-01
- ³⁶⁵¹ Tetzner, Karl, Tragbare Farbkamera und sehr kleine Magnetbandmaschine, Funkschau 1972 Nr. 17 S. 609, 1972-09-01
- ³⁶⁵² Blum, W. (SWF Baden-Baden), AMPEX ab - AMPEX läuft / 30 Jahre Magnetische Bildaufzeichnung im SWF Baden-Baden, 1988-11-03
- ³⁶⁵³ N. N., Kurzmeldung in FUNKSCHAU 1969, Heft 12, Seite 352
- ³⁶⁵⁴ N. N., Sowjetisches Video-Aufzeichnungsgerät, FUNKSCHAU 1965, Heft 8. S. 562 / 192
- ³⁶⁵⁵ Tetzner, Karl, Sowjetische Videoaufzeichnungsanlagen (Zusammenfassung eines Beitrags von Parchomenko, W., Die Entwicklung sowjetischer Videospeichergeräte für die magnetische Aufzeichnung von Schwarzweiß- und Farbfernsehsignalen, Rundfunk und Fernsehen 1970 Heft 6, OIRT Prag), FUNKSCHAU 1972 Heft 3, Seite 71
- ³⁶⁵⁶ Beutelschmidt, Thomas, Bedingungen und Entwicklungen der Studientechnik im Fernsehen der DDR, URL: amor.rz.hu-berlin.de/~h35541q9/studio.pdf [2005-07-17]
• Jasper A. Friedrich, Zwischen Improvisation und internationalem Standard - Produktionstechnik und -ablauf im Bereich Sportfernsehen des DFF, URL: [http://www.uni-leipzig.de/~jfriedr/pdf/Jasper A Friedrich Technik DDR Sportfernsehen.pdf](http://www.uni-leipzig.de/~jfriedr/pdf/Jasper%20A%20Friedrich%20Technik%20DDR%20Sportfernsehen.pdf) [2003-06-24]
- ³⁶⁵⁷ N. N. (Ampex), Ampex Portable Recording System / VR-300 backpack VTR; URL: <http://www.digitrak.com/literature/VR3000.pdf> [2009-10-16]
- ³⁶⁵⁸ Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1961.htm>
- ³⁶⁵⁹ N. N., 1.000 Ampex-Bildaufzeichnungsanlagen, FUNKSCHAU 1962 / Heft 8, Seite 413, 1962-04-15
- ³⁶⁶⁰ N. N., A new breed of video recorders sweeps TV, Business Week, 1980-02-11. BASF SE UA Lektoratsordner 18
- ³⁶⁶¹ N. N., Major German tape maker under pressure on home market, International Broadcasting (England), 1983-04-01, BASF SE UA Lektoratsordner 24
- ³⁶⁶² Bentz, Carl, The evolution of video recording, Broadcast Engineering, October 1987, p. 67

Schrägspeicheraufzeichnung: Universalverfahren der Videoband-Technik

- ³⁶⁶³ Masterson, E., 35 mm. Magnetic Recording System, J.S.M.P.T.E., Nov. 1948
- ³⁶⁶⁴ Masterson, Earl E. (RCA), Magnetic Recording of High Frequency Signals, Patent USA 2,773,120, angemeldet 1950-11-30, ausgegeben 1956-12-04
• Schüller, Eduard, Vorrichtung zur magnetischen Aufzeichnung und Wiedergabe von Fernsehbildern, DE 927 999, angemeldet 1953-07-01, bekannt gemacht 23.9.1954-09-23, erteilt 1955-04-28, ausgegeben 1955-05-23
- ³⁶⁶⁵ Definitionen nach DIN 45 060, Fernsehtechnik / Begriffe, Ausgabe Dezember 1975 (identisch mit Entwurf Oktober 1968)
- ³⁶⁶⁶ Masterson, Earl E. (RCA), Magnetic Recording of High Frequency Signals, Patent USA 2,773,120, angemeldet 1950-11-30, ausgegeben 1956-12-04
- ³⁶⁶⁷ Schüller, Eduard, Vorrichtung zur magnetischen Aufzeichnung und Wiedergabe von Fernsehbildern, DE 927 999, angemeldet 1953-07-01, bekannt gemacht 23.9.1954-09-23, erteilt 1955-04-28, ausgegeben 1955-05-23
- ³⁶⁶⁸ Die Abbildung entstand aus Bildmontagen aus den Patentschriften DE 927 999 und USP 2,773,120
- ³⁶⁶⁹ N. N. (Kirk, David?), Videotape Formats and Standards, Studio Sound, September 1973, p. 56 ff. Nach dieser Quelle hat IVC das Model 9000 in Zusammenarbeit mit der britischen Rank Cintel entwickelt.
- ³⁶⁷⁰ Stoffel, Tim, Videotape formats, URL: <http://www.lionlmb.org/quad/format.html> [2005-12-16]
- ³⁶⁷¹ N. N., The Quadruplex Park Tour (Abschnitt Ampex VPR-3), URL: <http://www.lionlmb.org/quad/tour.html> [2005-06-23]
• N. N., IVC VTR Equipment Catalog, URL: <http://www.lionlmb.org/quad/ivc.html> [2005-06-23]
- ³⁶⁷² • Diehl, Richard, LabGuy's World: The History of Video Tape Recorders before Betamax and VHS; URL: <http://labguysworld.com/index.html> [2009-10-16]
• Mancini, Gino, The Ampex / Nagra VPR5 Web Site [unofficial], URL: <http://www.mancini99.freewebs.com/uk/index.html> [2009-10-16]
- ³⁶⁷³ R.S.S., Survey: Video tape recorders, Studio Sound, September 1973, p. 62 ff.
- ³⁶⁷⁴ Tetzner, Karl, Tragbare Farbkamera und eine sehr kleine Magnetbandmaschine, FUNKSCHAU 1973 Heft 17 Seite 609 ff., 1972-09-01
- ³⁶⁷⁵ Stoffel, Tim, Videotape formats, URL: <http://www.lionlmb.org/quad/format.html> [2003-08-07]
- ³⁶⁷⁶ Tetzner, Karl, SMPTE-Empfehlungen für die 1-Zoll-Video-magnetband-Normen, FUNKSCHAU 1978 Heft 4, Seite 133 f.
- ³⁶⁷⁷ Pers. Mitteilung von Dipl.-Ing. Ontje Arpe an F.E., 2003-10-08
- ³⁶⁷⁸ N. N., Major German tape maker under pressure on home market, International Broadcasting, 1983-04, BASF SE UA Lektoratsordner 24
- ³⁶⁷⁹ N. N. (Kirk, David?), Videotape Formats and Standards, Studio Sound, September 1973, p. 56 ff.
- ³⁶⁸⁰ Blum, W. (SWF Baden-Baden), AMPEX ab - AMPEX läuft / 30 Jahre Magnetische Bildaufzeichnung im SWF Baden-Baden, 1988-11-03
- ³⁶⁸¹ Zum Vergleich: Stereo-Spurbreite bei der Compact-Cassette: 0,6 mm, jedoch bei nur 4,76 cm/s Bandgeschwindigkeit
- ³⁶⁸² Robinson, David P. (Dolby Labs), The Design and Use of an OEM Noise Reduction and Signal Processing Module, AES Preprint 2706 (H-5), 1988-11-03 – 06
- ³⁶⁸³ Münzner, Wulf, Kurzer Überblick über die Videotechnik, BASF VIT/EMV, 1985-04-26
- ³⁶⁸⁴ Tetzner, Karl, SMPTE-Empfehlungen für die 1-Zoll-Video-magnetband-Normen, FUNKSCHAU 1978 Heft 4, Seite 133 f.
- ³⁶⁸⁵ Stanton, Julia A. und Stanton, Michael J., Video Recording: A History, SMPTE Journal, March 1987
- ³⁶⁸⁶ NN., AMPEX Videotape Recording Highlights, Ampex Corp., not dated (ca. 1970)
- ³⁶⁸⁷ Sanders, Mark, The development of the Ampex AST System, Video Systems, April 1980, p. 46
- ³⁶⁸⁸ Schmidt, G., Video-Recorder „VR 7003“, „VR 5103“ und „VR 7803“, Funk-Technik 1969 Nr. 20 S. 799 – 800, 1969-10-15
- ³⁶⁸⁹ VideOlson of Des Moines, Iowa (USA), Video Tape Formats, URL: <http://www.ultimatewebdesigning.com/articles/formats.html> [2003-08-26]
- ³⁶⁹⁰ Broadcast Television Systems, Darmstadt, zu gleichen Teilen im Besitz der Robert Bosch GmbH und Philips

- 3691 Peitzmann, Stephan, HDTV-Pilotprojekt: Herausforderung und Erwartung, FUNKSCHAU Heft 22/1988, 1988-11-15
 • Hausdörfer, Michael, Zur digitalen HDTV-Aufzeichnung, Fernseh- und Kameratechnik Nr. 7/1989, 1989-07-01
- 3692 N. N., Fußball-WM mit HDTV-Bändern der BASF aufgezeichnet, MEDIENmagazin München, 1990-09, BASF Lektoratsordner 38
- 3693 Klemmer, W., HDTV-Aktivitäten bei BTS, Fernseh- und Kameratechnik 1989, Heft 9, S. 461 - 468
- 3694 N. N., Lieferprogramm / BASF Professional Audio – Video, o.D. (ca. 1990-02-01, WMNr IAC-3200 D 2/90), BASF SE UA P 907.1
- 3695 BASF Aktiengesellschaft, Geschäftsbericht 1989, o.D. (ca. 1990-03), BASF Unternehmensarchiv
- 3696 Abramson, Albert, A Short History of Television Recording: Part II, JSMPT March 1973, p. 188 – 198
- 3697 Sugaya, Hiroshi, Consumer Video Recorders, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, p. 185; IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999
- 3698 N. N., Magnetic Video Tape: Sony Licenses du Pont, Chemical Marketing Reporter, 1972-12-18, BASF SE UA Lektoratsordner 6
- 3699 N. N., The U-matic Format, URL: <http://umatic.palsite.com/format.html> [2003-08-01]
- 3700 N. N., The Evolution of Videotape Recorders (VTRs), URL: <http://www.videocopycentre.com/history.htm> [2003-08-01]
- 3701 Strube, Dieter, Eine neue Generation auf dem Videosektor, Funkschau 1974 Nr. 24 S. 923, 1974-12-15
- 3702 ttt, Audiovision noch ohne festen Platz in der Medienlandschaft, Handelsblatt, 1973-10-08, BASF SE UA Lektoratsordner 6
- 3703 Blum, W. (SWF Baden-Baden), AMPEX ab - AMPEX läuft / 30 Jahre Magnetische Bildaufzeichnung im SWF Baden-Baden, 1988-11-03
- 3704 N. N., The U-matic Format, URL: <http://umatic.palsite.com/format.html> [2003-08-01]
- 3705 N. N., The Evolution of Videotape Recorders (VTRs), URL: <http://www.videocopycentre.com/history.htm> [2003-08-01]
- 3706 Thomsen, Dieter, Elektronischer Schnitt von digitalen Tonaufnahmen, FUNKSCHAU 1981, Heft 5, Seite 81 – 83
- 3707 N. N., Prospekt „Digital Audio Processor PCM 1610“, Sony Corporation, o.D. (ca. 1983)
- 3708 Tetzner, Karl, Einige Neuerungen bei Video-Aufzeichnungsgeräten, FUNKSCHAU 1967, Heft 19, Seite 615 – 616, 1967-10-01
- 3709 Stanton, Julia A. und Stanton, Michael J., Video Recording: A History, SMPTE Journal, March 1987, p. 259
- 3710 Stoffel, Tim, Videotape Systems Theory, URL: <http://www.lionlmb.org/quad/theory.html> [2005-12-16]
- 3711 Croesoer, Richard, The M-11 Format <sic>, Image Technology, January 1987, p. 16 ... 18
- 3712 Kumeling, W.J.M., Component Video, Broadcast Systems Engineering, January 1988
- 3713 VideOlson of Des Moines, Iowa (USA), Video Tape Formats, URL: <http://www.ultimatewebdesigning.com/articles/formats.html> [2003-08-26]
- 3714 Blum, W. (SWF Baden-Baden), AMPEX ab - AMPEX läuft / 30 Jahre Magnetische Bildaufzeichnung im SWF Baden-Baden, 1988-11-03
- 3715 Fernseh- und Kameratechnik (FKT) 2/1990, Grafik Seite 70 mit einem „Stammbaum der magnetischen Videosignal-Aufzeichnung“
- 3716 Fernseh- und Kameratechnik (FKT) 10/1987, Seite 486
- 3717 Fernseh- und Kameratechnik (FKT) 2/1990, Grafik Seite 70 mit einem „Stammbaum der magnetischen Videosignal-Aufzeichnung“
- 3718 Brief von Video Plus vom 30. Oktober 1986 im Archiv Frank Bell
- 3719 FKT 10/87, Seite 486: neuer U-matic-Recorder BVU 950 P mit einsteckbarem TBC und Timecode-Platine, neue Recorder VP 9600 P und VP 9000 P mit Dolby-Rauschunterdrückung; Sony-Katalog in FKT 10/88 kündigt Schnittplayer BVU 900 P als Ergänzung des U-matic-Programms an.
- 3720 Gespräch mit Frank Bell vom 7. November 2009; Ulla Schneider arbeitet seit Mitte der 80er Jahre im WDR-Studio Bielefeld
- 3721 Vgl. Eberhard Nuffer: „Filmschnitt und Schneidetisch“, Weltwunder der Kinematographie, siebente Ausgabe 2003; KEM: Keller Elektronik Mechanik, Hamburg
- 3722 Gespräch mit Frank Bell vom 1. November 2009
- 3723 Braunmühl, Hans Joachim von, Stand der Entwicklung und Anwendungsmöglichkeiten des Ampex-Verfahrens zur magnetischen Aufzeichnung von Fernsehsignalen, Rundfunktechnische Mitteilungen 1959 Nr. 2, Seiten 61 – 65, 1959-01-20
- 3724 David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1965.htm>
- 3725 N. N. (nach Unterlagen von 3M), Neue Magnetbänder für Videoaufzeichnungen, Funk-Technik 1971 Nr. 24, Seiten 915 – 916, 1971-12-15
- 3726 N. N. (Löwenberg, Gustav?), Magnetophonbandprüfstelle, Aktennotiz über ein Versuchsprogramm zur Aufzeichnung von Fernsehsendungen auf Magnetband, 1955-09-12, BASF SE UA P 923
- 3727 N. N., Fernseh-Tonbänder wurden jetzt in USA ..., Wirtschaftspolitische Gesellschaft von 1947, Beratungsbrief Nr. 365 vom 27.4.1956, BASF SE UA P 906
- 3728 Robl, Rudolf, [Internes Schreiben an] BASF Verkauf K 3, 1956-06-01, BASF SE UA P 936
- 3729 N. N., Jahresberichte der Verkaufsabteilung 1962 und 1963, o.D. BASF SE UA T 002 Jahresberichte
- 3730 Schmidbauer, Otto, und Altmann, K., Über den Einfluss des Magnetbandes auf die Qualität der Videoband-Aufzeichnung, Rundfunktechnische Mitteilungen Jg. 4, 1962 S. 7 ff., 1961-11-27
- 3731 Versemann, Hans Joachim, internes Schreiben: Videoband, 1968-02-12, BASF SE UA
- 3732 Die Information zur Produktnummern- und Typ-Nomenklatur von Januar 1968 führt drei Produktnummern als „für Videobänder vorgesehen“ auf, d.h., die Produkte existierten nicht (Ritter, Heinz, BASF Magnetband / Produktnummern- und Typ-Nomenklatur / Stand 1.1.1968, 1968-01-01, BASF SE UA P 909.0)
- 3733 WS (Sonnleithner, Wolf?) BASF VMU/APV, Informationssammlung „Stand der Videotechnik 1977“, 1977-05-09
- 3734 N. N., Die BASF hat mit dem Typ FV 26 AE ..., FACHKONTAKT, Heft 3/1971, ca. 1971-09-01, BASF SE UA Lektoratsordner 10
- 3735 Thurm, Helmut, Ausführungen anlässlich der Pressekonferenz am 21. Mai 1973 in Willstätt; 1973-05-21, BASF SE UA P 909.0
 • WS (Sonnleithner, Wolf?) BASF, Informationssammlung „Stand der Videotechnik 1977“, 1977-05-09
- 3736 Lange, N. N., Hören – Speichern – Sehen: Vom Magnetband zum Videotape, Typoskript, Agfa Leverkusen, 1960-11-10
- 3737 Krones, Friedrich, Agfa Magnetband-Abteilung, in: Berger, Heinz (Hg.), Geschichte der Agfa Aktiengesellschaft in Leverkusen, o.D. (ca. 1966)
- 3738 Stübbe, Manfred, Abnahmegerichtlinien für Video-Magnetbänder, Interne Mitteilung der AK 8, IRT München, 1966-07-25
- 3739 N. N. (hoc/Rg), Agfa-Gevaert auf der Hannover-Messe 1968, Agfa-Gevaert AF Pressedienst, ca. 1968-04-30
- 3740 Singhoff, Werner, pers. Mitteilung an Marcel Snijders, 2002-06-08
- 3741 N. N., Technisches Datenblatt BASF Video Tape CV 26 AE ½“, datiert „August 1974“, BASF SE UA P 974
- 3742 Manz, N. N., Leere Bänder, DER SPIEGEL Nr. 42, S. 14/15 (Panorama), 1984-10-15, BASF SE UA P 909.3 und Lektoratsordner 30
- 3743 Gietz, Axel, Notiz „SWF III, 12.41 Uhr: BASF-Bänder verlieren die Magnetschicht, 1984-10-15, BASF SE UA P 909.3
 • ders., Notiz, Spiegel-Artikel "Leere Bänder" / Chronologie der Ereignisse“, 1984-10-19, BASF SE UA P 909.3
 • Ruhr-Nachrichten 1984-10-16 "Magnetband-Panne trifft das ZDF hart: Aber es fallen keine Sendungen aus" – Mannheimer Morgen 1984-10-17 "Die BASF hat Bandsalat serviert / Produktionspanne bei Videobändern trifft besonders ZDF"; BASF SE UA P 909.3 und Lektoratsordner 30
- 3744 N. N. Kleines Video-Aufzeichnungsgerät, FUNKSCHAU 1962 Heft 14 Seite 825
 • Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1962.htm>
- 3745 Ampex VR-7000 Operator's Manual, Reproduktion unter URL http://www.labguysworld.com/VR-7100_Ops_011.jpg [2005-07-16]
- 3746 Der Widerspruch zwischen der für 1959 angegebenen Vorführung eines 2-Zoll-Quadruplex-Recorders bei Fernseh GmbH und dem hier wiedergegebenen Anspruch der Loewe-Opta AG war nicht aufzuklären.
- 3747 Fisher, David, website „Terra Media“, http://www.terramedia.co.uk/video/Loewe_Optacord_500.htm
- 3748 N. N., Das erste Video-Bandaufzeichnungsgerät aus deutscher Entwicklung, FUNKSCHAU 1961 Heft 17 Seite 383

- ³⁷⁴⁹ Hammon, Fritz, Professionelle Bänder, Manuskript o.D. (ca. 1962-01-01), Smlg Hammon
- ³⁷⁵⁰ Tetzner, Karl, Ein relativ billiges Video-Aufzeichnungsgerät, Funkschau 1964 Nr. 18 S. 483, 1964-09-15
- ³⁷⁵¹ Mayer, Walter, Bildbandgerät BK 100, FUNKSCHAU 1965 Heft 9 Seite 219 – Die Gerätebezeichnung „BK 100“ wurde 1969 auch für einen zusammen mit Philips entwickelten Videorecorder verwendet (bei Philips: LDL 1000 bzw. LDL 1002).
- ³⁷⁵² Tetzner, Karl, Farbtüchtige Videorecorder, FUNKSCHAU 1967, Heft 20, Seite 645
- ³⁷⁵³ Schmidt, Günter, Semiprofessionelle Videorecorder, Funk-Technik 1968 Nr. 22, Seite 848
- ³⁷⁵⁴ Tetzner, Karl, Neue Videoaufzeichnungsgeräte, FUNKSCHAU 1965 Heft 12 Seite 327, 1965-06-15
- ³⁷⁵⁵ N. N., Videobandgeräte für die Schnellschulung, FUNKSCHAU 1969 Heft 3 Seite 62]
- N. N., Bei Fernsehkassetten düknen sich die Japaner schon als Sieger, Stuttgarter Zeitung, 1972-03-18, BASF SE UA Lektoratsordner 12]
- ³⁷⁵⁶ N. N., Heim-Videorecorder „LDL 1000“, „LDL 1002“ und „BK 100“, Funk-Technik 1969 Nr. 11 S. 414, 1969-06-01
- ³⁷⁵⁷ Tauber, Torre (Zusammenstellung), Video-Compendium / Ein Nachschlagewerk für Interessierte, BASF VIA/MKS, 1986, Seite 6
- ³⁷⁵⁸ Foerster, G., Der erste Videorecorder für weniger als 2000 DM, FUNKSCHAU 1969 Heft 9 Seite 255 ff., 1969-05-01
- ³⁷⁵⁹ Waibel, Michael, Eingemachtes aus der Kassette für das „Heimkino“ der Nation, Mannheimer Morgen, 1970-03-06, BASF SE UA Lektoratsordner 5
- ³⁷⁶⁰ K.H.K., Der Wettlauf zur Bildkassette / Gegenwart und Zukunft der Kassette, NZZ, 1970-04-07, BASF SE UA Lektoratsordner 5
- ³⁷⁶¹ Bessler, Hansjörg, Zuviel Verschußlorbeer?, FAZ, 1970-06-29, BASF SE UA Lektoratsordner 5
- ³⁷⁶² Müller-Neuhof, Klaus, Einheitliches System gesucht, Die Welt, 1971-04-30, BASF SE UA Lektoratsordner 5
- ³⁷⁶³ Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/Chronomedia/years/1967.htm>
- ³⁷⁶⁴ kf., „Dämpfer“ bei Video-Kassetten in Amerika, Blick durch die Wirtschaft / FAZ, 1971-01-13, BASF SE UA Lektoratsordner 5
- ³⁷⁶⁵ Tetzner, Karl, Elektronische Videoaufzeichnung auf Film, FUNKSCHAU 1968, Heft 3, Seite 161
- ³⁷⁶⁶ Ohem, Karl, Televisionen von Band und Platte / Funkausstellung 1970, Stuttgarter Zeitung, 1970-08-22, BASF SE UA P 909.3
- ³⁷⁶⁷ ttt, Audiovision noch ohne festen Platz in der Medienlandschaft, Handelsblatt, 1973-10-08, BASF SE UA Lektoratsordner 6
- ³⁷⁶⁸ N. N., Video Industry on Verge Of Dramatic Breakthrough, JEI, 1973-04-18
- ³⁷⁶⁹ N. N., The video cassette runs even slower, Business Week, 1972-01-08
- ³⁷⁷⁰ Roth, Wilhelm, Das neue Video-System Bildplatte, Funk-Technik 1970 Nr. 14, Seiten 511 bis 514
- ³⁷⁷¹ Die Ullstein AV, eine Tochtergesellschaft des Springer-Verlags, wollte auf dieser Basis ein Informationssystem für Ärzte aufbauen (pro Stunde 52 Minuten Information und 8 Minuten Werbung).
- ³⁷⁷² Fisher, David, website „Terra Media“, <http://www.terramedia.co.uk/video/vidicord.htm>
- ³⁷⁷³ Gerwin, Robert, Wunschtraum TV-Konserven, Deutscher Forschungsdienst, 1970-08-05, BASF SE UA Lektoratsordner 5
- ³⁷⁷⁴ N. N., [Kurzberichte von den Funkausstellungen Berlin 1963, Stuttgart 1969 usw.], website des Deutschen Rundfunk-Museums e.V. Berlin, URL: http://www.drm-berlin.de/index_deut/technikgeschichte/wanderschaft2/body wanderschaft2.htm [2003-10-03]
- ³⁷⁷⁵ N. N., The video cassette runs even slower, Business Week, 1972-01-08
- ³⁷⁷⁶ N. N., Kassettenfernsehen / Das Multi-Milliarden-Geschäft, Der Volkswirt, 1970-08-21
- ³⁷⁷⁷ Tetzner, Karl, Stand der Kassettenpläne, Handelsblatt, Düsseldorf, 1970-07-11, BASF SE UA Lektoratsordner 05
- ³⁷⁷⁸ Müller-Neuhof, Klaus, Einheitliches System gesucht, Die Welt, 1971-04-30, BASF SE UA Lektoratsordner 5
- ³⁷⁷⁹ Tetzner, Karl, Neue Video-Kassetten-Recorder, FUNKSCHAU 1972, Heft 10, Seiten 337-338
- ³⁷⁸⁰ N. N., The video cassette runs even slower, Business Week, 1972-01-08
- ³⁷⁸¹ „Ein Firmensprecher spielt sich einfach als Vormund der Konsumenten (und Käufer) auf und dekretiert: „Zehn Minuten sind für all diese Programme ausreichend.“ (Michaels, Rolf, Rummelplatz der Elektronik / Kritischer Rundgang durch die Berliner Funkausstellung; FAZ, 1973-09-06). Das Zitat ist typisch für die Selbstherrlichkeit der deutschen Industrie, die die Konsumenten wenig später mit der Bevorzugung japanischer Produkte abstrafen.
- ³⁷⁸² Rudolf, Reginald, Das Ende der Bildplatte, Deutsche Zeitung, 1976-05-21, BASF SE UA Lektoratsordner 7
- ³⁷⁸³ Heller, Hans-Roland (Entwickler bei Telefunken in Wedel), Interviews mit Gerhard Kuper, 2003
- ³⁷⁸⁴ *Kuper, Gerhard, Interviews mit ehemaligen Servicetechnikern
- ³⁷⁸⁵ Wehde, H., Verwendung der Magnetspeichertechnik für Fernsehaufzeichnung, in: Winckel, Fritz (Hg.), Technik der Magnetspeicher, Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1960
- ³⁷⁸⁶ Warner, R.M., Jr., Earl Masterson, SPEC Feb 96 51-57, URL: <http://www.spectrum.ieee.org/publicaccess/1996index/sub1indx.html>, gefunden im Google-Archiv unter ccub.wlv.ac.uk/~in5379/history/masterson/masterson.htm
- ³⁷⁸⁷ Tetzner, Karl, Fernsehen auf Magnetband, FUNKSCHAU 1955 H. 3 S. 40, 1955-02-01
- ³⁷⁸⁸ Wolpin, Stewart, The Race to Video, Invention & Technology, fall 1994, URL: <http://ccub.wlv.ac.uk/~in5379/history/invention & technology fall 1994/The Race to Video/Race to Video.htm> [2001]
- ³⁷⁸⁹ Heller, Hans-Roland (Entwickler bei Telefunken in Wedel), Interviews mit Gerhard Kuper, 2003
- ³⁷⁹⁰ Ohe, Wilfried von der (Entwickler unter Eduard Schüller in Hannover), in Gesprächen mit Gerhard Kuper, Anfang 2007
- ³⁷⁹¹ Ohe, Wilfried von der (Entwickler unter Eduard Schüller in Hannover), in Gesprächen mit Gerhard Kuper, Anfang 2007
- Kauzmann, Gerd, Magnetische Bildaufzeichnung, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1965
- ³⁷⁹² Heller, Hans-Roland (Entwickler bei Telefunken in Wedel), Interviews mit Gerhard Kuper, 2003
- ³⁷⁹³ Schüller, Eduard, Vorrichtung zur magnetischen Aufzeichnung von Fernsehbild- und -tonsignalen, Patent DE 1 144 324 (Telefunken), angemeldet 1961-09-09, ausgegeben 1963-09-05
- ders., Magnetic Recorder-Reproducer Having Grooved Tape, Patent US 3,255,307, angemeldet 1962-09-10, erteilt 1966-06-07
 - ders., A device for the magnetic recording of television picture and sound signals, Patent GB 1013349, angemeldet 1962-09-07, veröffentlicht 1965-12-15
- ³⁷⁹⁴ Habel, Fritz (Entwickler der Transistorregelung des Telefunken-Video-Rekorders in Berlin), persönliche Information an Gerhard Kuper
- ³⁷⁹⁵ Schüller, Eduard, Vorrichtung zur magnetischen Aufzeichnung von Fernsehbild- und -tonsignalen, Patent DE 1 144 324 (Telefunken), angemeldet 1961-09-09, ausgegeben 1963-09-05
- ders., Magnetic Recorder-Reproducer Having Grooved Tape, Patent US 3,255,307, angemeldet 1962-09-10, erteilt 1966-06-07
 - ders., A device for the magnetic recording of television picture and sound signals, Patent GB 1013349, angemeldet 1962-09-07, veröffentlicht 1965-12-15
- ³⁷⁹⁶ *Kuper, Gerhard, Interviews mit ehemaligen Servicetechnikern
- ³⁷⁹⁷ Ohe, Wilfried von der (Entwickler unter Eduard Schüller in Hannover), in Gesprächen mit Gerhard Kuper, Anfang 2007
- ³⁷⁹⁸ Schüller, Eduard, Vorrichtung zur magnetischen Aufzeichnung und Wiedergabe von Fernsehbildern, DE 927 999, angemeldet 1953-07-01, bekannt gemacht 23.9.1954-09-23, erteilt 1955-04-28, ausgegeben 1955-05-23
- ³⁷⁹⁹ Ohe, Wilfried von der (Entwickler unter Eduard Schüller in Hannover), in Gesprächen mit Gerhard Kuper, Anfang 2007
- ³⁸⁰⁰ Ohe, Wilfried von der, Verfahren zur Magnetbandaufzeichnung und -wiedergabe genormter Fernsehsignale für Heimzwecke und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens, Patent DE 1 214 719, angemeldet 1963-09-18, ausgelegt 1966-04-21, erteilt 1966-11-03
- ³⁸⁰¹ Cieschinger, Günter, Mitarbeiter Schüllers in Hannover, im Gespräch mit Gerhard Kuper, Anfang 2007
- ³⁸⁰² Ohe, Wilfried von der (Entwickler unter Eduard Schüller in Hannover), in Gesprächen mit Gerhard Kuper, Anfang 2007

- ³⁸⁰³ Cieschinger, Günter, Mitarbeiter Schüllers in Hannover, im Gespräch mit Gerhard Kuper, Anfang 2007
- ³⁸⁰⁴ Dickopp, Gerhard (Prof. Dr.-Ing.), Mitarbeiter Ed. Schüllers in Berlin und sein Nachfolger als Leiter der Grundlagenentwicklung, in Gesprächen mit Gerhard Kuper, zwischen 2004 und 2007
- ³⁸⁰⁵ Ohe, Wilfried von der (Entwickler unter Eduard Schüller in Hannover), in Gesprächen mit Gerhard Kuper, Anfang 2007
- ³⁸⁰⁶ Bruch, Walter: Von der Tonwalze zur Bildplatte, Ein Jahrhundert Ton- und Bildspeicherung, 2. Teil: Tonbandaufzeichnung; Sonderdruck der FUNKSCHAU, Franzis-Verlag München 1983
- ³⁸⁰⁷ Ohe, Wilfried von der (Entwickler unter Eduard Schüller in Hannover), in Gesprächen mit Gerhard Kuper, Anfang 2007
- ³⁸⁰⁸ Dickopp, Gerhard (Prof. Dr.-Ing.), Mitarbeiter Ed. Schüllers in Berlin und sein Nachfolger als Leiter der Grundlagenentwicklung, in Gesprächen mit Gerhard Kuper, zwischen 2004 und 2007
- ³⁸⁰⁹ Thiele, Erdmann, Telefunken nach 100 Jahren, ISBN 3-87584-961-2
- ³⁸¹⁰ Dickopp, Gerhard, in Gesprächen mit Gerhard Kuper, zwischen 2004 und 2007

Bildkonserven für den Hausgebrauch

- ³⁸¹¹ Schüller, Eduard, Brief an Hans Westpfahl, 1976-04-22, Nachlass Hans Westpfahl

Bildkonserven für den Hausgebrauch

- ³⁸¹² Schüller, Eduard, Antriebsvorrichtung für Geräte zur magnetischen Schallaufzeichnung, DE 702 345, angemeldet 1936-05-06, ausgegeben 1941-02-05
- ³⁸¹³ N. N., Electronics World Magazine, May 1965, gefunden unter URL: LabGuy's World: Extinct Ampex Video Equipment, URL: <http://www.labguysworld.com/Cat Ampex.htm> [2005-07-16]
- ³⁸¹⁴ N. N., Ampex-Videorecorder für den Privatgebrauch, FUNKSCHAU 1965 Nr. 20, S. 544
- ³⁸¹⁵ Sanner, Howard, Chronology of Ampex Professional Products, 1999-11-04, URL: <http://recordist.com/ampex/docs/histapx/ampchm.txt> [2005-06-19]
- ³⁸¹⁶ Abramson, Albert, A Short History of Television Recording: Part II, JSMPT March 1973, p. 188 – 198
- Snijders, Marcel, Chester Newell, Tape Recording Genius, <http://www.labguysworld.com/ChesterNewell.htm> [2005-07-16]
- ³⁸¹⁷ Scheibenläufer sind spezielle Elektromotoren, die als rotierenden Hauptteil nicht den üblichen, mit Kupferdraht bewickelten, schweren und daher „tragen“ Eisen-Anker besitzen, sondern eine dünne, eisenlose Scheibe mit aus Kupfer gestanzten Leiterbahnen. Sie arbeiten dort, wo die Drehzahl eines Bauteils sehr genau einer Vorgabe folgen muss, sei es, dass eine bestimmte Drehzahl exakt und „ruckelfrei“ einzuhalten ist, sei es, dass sie im Bruchteil einer Sekunde aus vollem Lauf zum Stillstand kommen und in entgegengesetzter Drehrichtung laufen müssen. Anders gesagt: wegen seiner geringen „trägen Masse“ folgt die Drehzahl eines Scheibenläufermotors fast verzögerungsfrei der Frequenz des Steuersignals, er lässt sich extrem schnell abbremsen und beschleunigen.
- ³⁸¹⁸ Eine Postkarte (DIN A 6) misst 105 x 149 mm
- ³⁸¹⁹ Co., Ein vielversprechendes neues Videokassettensystem, Funkschau 1974 Nr. 17 S. 643, 1974-09-01
- ³⁸²⁰ N. N., (Cabus, Hans-Joachim?), LVR – ein neues Video-System, Presseinformation der BASF, o.D. (ca. 1974-07-20), BASF SE UA Lektorsatzordner 15
- ³⁸²¹ N. N., BASF und Bell & Howell schließen Entwicklungsabkommen über neues Video-System, 1977-06-06, BASF SE UA Lektorsatzordner 12
- ³⁸²² Cabus, Hans-Joachim, LVR bei Bosch/Blaupunkt, Presse-Information der BASF, 1977-09-28, BASF SE UA Lektorsatzordner 12
- ³⁸²³ N. N., Langsame BASF, Wirtschaftswoche, 1977-08-29, BASF SE UA Lektorsatzordner 12
- ³⁸²⁴ N. N., Eumig setzt auf BASF-Video-System, Die Rheinpfalz, 1978-09-14, BASF SE UA Lektorsatzordner 4
- ³⁸²⁵ Bö., Siemens-Videorecorder nach BASF-System?, Finanz und Wirtschaft, Zürich, 1978-11-22, BASF SE UA Lektorsatzordner 04
- ³⁸²⁶ N. N., Grundig: Know-how von BASF, DIE ZEIT, 1979-10-26, BASF SE UA Lektorsatzordner 12
- N. N., Grundig, interested in LVR, Audio Visual, London, 1980-02, BASF SE UA Lektorsatzordner 19
- ³⁸²⁷ N. N., Das LVR-System der BASF / Technische Daten, Presseinformation o.D. (ca. 1979-06-28), BASF SE UA P 964
- ³⁸²⁸ Roth, Wilhelm, Videorecorder mit feststehendem Kopf, VDI-Nachrichten, 1979-04-13, BASF SE UA Lektorsatzordner 16
- ³⁸²⁹ Bö., Siemens vertreibt Grundig-Video, Finanz und Wirtschaft, Zürich, 1980-02-13, BASF SE UA Lektorsatzordner 19
- ³⁸³⁰ Bö., Siemens-Videorecorder nach BASF-System?, Finanz und Wirtschaft, Zürich, 1978-11-22, BASF SE UA Lektorsatzordner 04
- ³⁸³¹ N. N., Österreich-Lexikon / Verlagsgemeinschaft Österreich-Lexikon, URL: <http://www.aeiou.at/aeiou.encyclop.e/e885835.htm> [2003-09-01]
- ³⁸³² N. N., BASF Video moves to new facility, Los Angeles Times, 1979-10-15, BASF SE UA Lektorsatzordner 12
- ³⁸³³ Cb (Cabus, Hans-Joachim), Die BASF zum Thema LVR, BASF SE UA P 964, 1980-05-13
- ³⁸³⁴ N. N., Späte Erkenntnis, DER SPIEGEL, 1986-09-15, Nr. 38, BASF SE UA Lektorsatzordner 29
- ³⁸³⁵ Ziller, Peter, Der stille Tod des BASF-Videorecorders, Frankfurter Rundschau, 1980-06-03, BASF SE UA Lektorsatzordner 19
- ³⁸³⁶ Goebel, Gert, Bandsalat, Mannheimer Morgen, 1980-03-06, BASF SE UA Lektorsatzordner 19
- ³⁸³⁷ Fix, Herbert Funk, Herbert und Vollenweider, Erwin: Fernseh-Zeitlupegerät für schwarzweiß- und Farbfernsehen unter Verwendung eines magnetischen Plattenspeichers; Rundfunktechnische Mitteilungen, 1968, Nr. 6, S. 249 – 259

Welterfolg: Helical Scan plus Magnetband-Kassette

- ³⁸³⁸ Schulz, Werner. Kassetten-Recorder aus den USA, FUNKSCHAU 1971, Heft 18, Seite 591, 1971-09-15
- hierin auch: EIAJ-Standard Typ 1 der Electronic Industries Association of Japan, gedacht für NTSC: ½-Zoll-Band, Vorschub mit 19,05 cm/s, standardisierte Lage von Steuer- und Tonspuren u.a.m.
- ³⁸³⁹ N. N., Kassettenfernsehen / Das Multi-Milliarden-Geschäft, Der Volkswirt, 1970-08-21
- ³⁸⁴⁰ K.B., Farbprogramme aus Magnetbandkassette / Philips-System auf dem Weg zur Europa-Norm, FAZ, 1971-08-17, BASF SE UA Lektorsatzordner 6
- ³⁸⁴¹ K.H.K., Der Wettlauf zur Bildkassette / Gegenwart und Zukunft der Kassette, NZZ, 1970-04-07, BASF SE UA Lektorsatzordner 5
- ³⁸⁴² Mayer, Walter, „VR 2000 Color“ – Ein Video-Cassetten-Recorder nach dem VCR-System, Funk-Technik 1971, Nr. 17, Seite 628, 1971-09-01
- ³⁸⁴³ N. N., Video-Cassetten-Recorder „N 1500“, Funk-Technik 1971 Nr. 16, 1971-08-14
- ³⁸⁴⁴ Sonépouse, R., Das VCR-System expandiert, Funkschau 1973 Heft. 16 S. 589, 1973-08-15
- ³⁸⁴⁵ Schulz, Werner, Die neuen VCR-Geräte, FUNKSCHAU 1972, Heft 13, Seite 453
- ³⁸⁴⁶ N. N., „Dies ist für uns das Jahr Null“, Titelgeschichte der SPIEGEL-Ausgabe 48/1980, S. 36 bis 48, 1980-11-12, BASF SE UA Lektorsatzordner 17
- ³⁸⁴⁷ H.-P., Farbträchtiges Videoband-Kassettensystem für Aufzeichnung und Wiedergabe, Funkschau 1976 Heft 02, S. 61, 1976-01-15. Die Angaben gelten für Kassetten K-30 und K-60
- ³⁸⁴⁸ • „Whatever Happened to Betamax?“, Consumers' Research, May 1989, p. 28, zitiert nach Moulding, Helge, AFU Whitepaper: The Decline and Fall of Betamax, 1996-05-08, URL: <http://www.urbanlegends.com/products/beta vs vhs.html> [2003-08-01]
- Fasoldt, Al, How Sony killed Betamax, The Syracuse Newspapers, 1988; URL: <http://aroundcny.com/technofile/texts/howbetadied.htm> [2003-08-01]
- ³⁸⁴⁹ Ketteringham, John M., Senkrechtstarter, Econ Verlag, o.J., Seiten 33 – 66
- ³⁸⁵⁰ Die Zahl gibt die Bandlänge in feet an; das L-830-Band war somit 253 m lang
- ³⁸⁵¹ Moulding, Helge, The Decline and Fall of Betamax, 1996-05-08, URL: <http://tafkac.org/products/beta vs vhs.html> [2005-08-03]
- ³⁸⁵² Stichwort Betamax in "Wikipedia, the free encyclopedia", URL: <http://www.wikipedia.org/wiki/Betamax> [2003-08-01]

- 3853 Sugaya, Hiroshi, Consumer Video Recorders, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, p. 185; IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999
- 3854 Kaiser, Peter, Super VHS / Spezifikation für Europa, FUNKSCHAU 6/1988 S. 34 – 35, 1988-03-15
- 3855 N. N., Video Home System, URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Video_Home_System
- 3856 Haas, Karl-Gerhard, Die Letzten ihrer Art: VHS-Cassetten werden nicht mehr hergestellt, heise online, <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Die-Letzten-ihrer-Art-VHS-Cassetten-werden-nicht-mehr-hergestellt-2733692.html>, 2015-07-03
- Holland, Martin, Letzter japanischer Hersteller von VHS-Videorekordern stellt Produktion ein, heise online, <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Letzter-japanischer-Hersteller-von-VHS-Videorekordern-stellt-Produktion-ein-3275143.html>, 201607-21
- 3857 BASF-Aufstellung ohne Titel und Datum (ca. 1980-03.01), Fotokopie in Smlg F.E.
- 3858 Böttcher, Albrecht, Audiovision: Wer macht das Rennen?, Die Welt, 1977-08-31, BASF SE UA Lektoratsordner 7
- 3859 Baier, Walter, Im Wettlauf um die TV-Konserven / Kampf um TV-Konserven, Allgemeine Zeitung Mainz, 1977-09-12, Frankfurter Rundschau 1977-09-21, St. Galler Tagblatt (CH), 1977-09-13, BASF SE UA Lektoratsordner 12
- 3860 oh. (Ohem, Karl?), Akai kommt mit dem Drei-Stunden-Videoband, FAZ, 1977-11-02, BASF SE UA Lektoratsordner 7
- ders., Die Videorecorder-Offensive beginnt zu rollen, FAZ, 1978-03-23, BASF SE UA Lektoratsordner 16
- 3861 So hatte das (deutsche) Institut für Film und Bildung in Wissenschaft und Unterricht (FWU) 1972 den Landesbildstellen die VCR-Recorder empfohlen. Wegen der unübersichtlichen Lage auf dem Bildbandgeräte-Sektor hielt das FWU selbst 1978 noch an dieser Empfehlung fest. – Quelle: Strecker, H., Video-Markt unter der Lupe, film + ton-magazin Januar 1979
- 3862 Freese, Gunhild, Wettkampf der Systeme, DIE ZEIT 1978-06-09, BASF SE UA Lektoratsordner 4
- oh. (Ohem, Karl?), Mit dem Vierstundenband bringt Grundig Schwung in den Videomarkt, FAZ / Blick durch die Wirtschaft, 1978-05-13, BASF SE UA Lektoratsordner 16
- 3863 Gd., Video-Recorder läuft 4 h durchgehend, VDI-Nachrichten 1978-05-19, BASF SE UA Lektoratsordner 16
- 3864 N. N., Kein letztes Wort, DER SPIEGEL, 1978-06-12, BASF SE UA Lektoratsordner 4
- 3865 Blüthmann, Heinz, Videorecorder / Den Vorsprung verstopft / Pionier Philips ließ sich von den Japanern überholen, DIE ZEIT, 1979-06-15, BASF SE UA Lektoratsordner 16
- 3866 N. N., Kein letztes Wort, DER SPIEGEL, 1978-06-12, BASF SE UA Lektoratsordner 4 (Auszüge, Anpassungen, Ergänzungen: F.E. 2003-08-01)
- Tetzner, Karl, Nur Geldwechsel-Geschäfte mit Heim-Videorecordern, Handelsblatt, 1979-04-11, BASF Lektoratsordner 04
- 3867 N. N., Systemveränderer / Technischer Zwiespalt bei Videorecordern, Capital, August 1979, BASF SE UA Lektoratsordner 16
- 3868 Blüthmann, Heinz, Videorecorder / Den Vorsprung verstopft / Pionier Philips ließ sich von den Japanern überholen, DIE ZEIT, 1979-06-15, BASF SE UA Lektoratsordner 16
- 3869 Dimaria, Eugene, Hataye, John, N.V. Philips, Grundig Introduce ½-Inch VTR, Electronic News, New York, 1979-07-09, BASF SE UA Lektoratsordner 4
- 3870 K.T. (Tetzner, Karl), Kommt 8-Millimeter-Video auf der Photokina?, FAZ / Blick durch die Wirtschaft, 1986-03-14, BASF SE UA P 909.0
- 3871 N. N., The V 2000 Format, URL: <http://v2000.palsite.com/format.html> [2003-08-01]
- 3872 N. N., Kurzmeldung „Schon im Juni vergangenen Jahres ...“, DIE ZEIT, 1980-01-25, BASF SE UA Lektoratsordner 18
- 3873 Christian, Ernst, Stereoton bei Video 2000, FUNKSCHAU 1981, Heft 23, Seite 83 – 86, 1981-12-01
- 3874 Lemke, Gerd, Neue Technik für das Feierabendvergnügen, Badische Zeitung Freiburg, 1982-08-18
- Weiler, Petra, Video wurde zu einem „tragbaren“ Hobby, Frankfurter Rundschau, 1982-09-09
- 3875 So das Ergebnis einer ohne genaue Quellenangabe zitierten Untersuchung der englischen Verbraucher-Zeitschrift „Which?“, zitiert von der website http://www.hypernova.co.uk/total_rewind/fmt_war.htm [2003-08-01]
- 3876 In einer Glosse „Hochstapelei am Videomarkt“ hatte DIE ZEIT (Ausgabe vom 1980-03-28) die von einigen Herstellern genannten Marktanteile addiert und war „auf die faszinierende Zahl 135“ – Prozent – gekommen, wobei insbesondere kleinere Anbieter sogar noch ausstanden.
- 3877 N. N., Druck verstärkt, DER SPIEGEL, 1982-11-08, BASF SE UA Lektoratsordner 26
- 3878 N. N., Lollipop der Hellseher, DER SPIEGEL, 1983-09-19, BASF SE UA Lektoratsordner 25
- 3879 K.T. (Tetzner, Karl), Kommt 8-Millimeter-Video auf der Photokina?, FAZ / Blick durch die Wirtschaft, 1986-03-14, BASF SE UA P 909.0

Camcorder verdrängen Schmalfilm

- 3880 Für die Beschreibung der Camcorder-Familien Video-8, Hi8, VHS-C und S-VHS-C wurde folgende Literatur benutzt:
- Auer, R., Video-Weltmeister, FUNKSCHAU 1984, Heft 9, Seite 39 ff.
 - ders., Griff in die Trick-Kiste, FUNKSCHAU 1984, Heft 9, Seite 40 ff.
 - N. N., Generationenfrage / Report: die Video-Systeme im Kopiervergleich, Videoaktiv 3/1990, Seite 29 – 31
 - N. N., Systemfrage / Technik hinter den Bildern, Videoaktiv 3/1990, S. 16 - 23
 - N. N., Weit vorn, DER SPIEGEL, 1985-03-11, BASF SE UA Lektoratsordner 30
 - P.G., Alles über Video-8, video 11/1985, BASF SE UA Lektoratsordner 29
 - Rekiaro, Ilka A., Spurensuche, VIDEOaktiv 1986, S. 30 (nur Jahr bekannt)
 - Tauber, Torre (Zusammenstellung), Video-Compendium / Ein Nachschlagewerk für Interessierte, BASF VIA/MKS, 1986, Seiten 122a und 125
 - Tetzner, Karl, Der Druck auf VHS wird härter, FUNKSCHAU 1985, Heft 24, Seite 46
 - Wiebke-Biaesch, C., Künstler im Stromsparen, FUNKSCHAU 1984, Heft 9, Seite 44 ff.
- 3881 Basis: Bächtold, Rudolf, Das Video-Zeitalter beginnt, Die Weltwoche, Zürich, 1978-08-30 (Auszüge, Erweiterung und Anpassung: F.E.)
- 3882 Abgee-Graf, Max, Video - Steht das Magnetbildaufzeichnen vor der Tür, NZZ, 1978-10-03, BASF SE UA Lektoratsordner 04. Als Beispiel dient hier das „Bauer-Video-System 1004“, „eine der leichtesten und kompaktesten Schwarzweiss-Video-Anlagen des Weltmarkts“.
- 3883 Poole, James, Introducing the tiny TV camera, The Sunday Times London, 1978-06-04, BASF SE UA Lektoratsordner 16
- 3884 N. N., 10 Jahre sehen, was Spaß macht; Video 1989-09
- 3885 Klr., Video wird Super-8 nicht ersetzen / Foto-Unternehmen erwarten ein Nebeneinander auf dem Markt, FAZ, 1980-09-15, BASL UA Lektoratsordner 17
- 3886 Stejskal, L., (Yashica Kyocera), Leserbrief zum Thema Video-8 kontra Super-8-Film, FUNKSCHAU 1987, Heft 14, Seite 6
- 3887 RuS, Kamera und Videorecorder in einem Gehäuse, VDI-Nachrichten, 1980-08-15, BASF SE UA Lektoratsordner 17
- N. N., Videotechnik, NZZ 1981-02-04, BASF SE UA Lektoratsordner 19
- 3888 Video-Movie 191 x 171 x 60 mm (1960 ml), Micro Video System ohne Objektiv 229 x 118 x 67 mm (1810 ml)
- 3889 Pfeumer, Fritz, und Hafner, Theodor, Improvements in or relating to Sound Record Carriers, Patent GB 511,164, Application Date (in United Kingdom): Oct. 28, 1937 – Specification not Accepted
- 3890 Bedampfte Bänder haben einen Schicht-„Volumenfüllfaktor“ von nahezu 100 % (Verhältnis von „aktivem“ Magnetspeichermaterial zum Volumen der Magnetschicht), während die beherrschbare Grenze bei Pigment-Bändern bei rund 40 % liegt.
- 3891 elz, Video-Cassette im Miniformat, Die Rheinpfalz, 1982-06-18, BASF SE UA Lektoratsordner 20
- 3892 N. N., „Krieg“ der Videosysteme / Neuheiten auf der Berliner Funkausstellung, Handelsblatt, 1981-09-03, BASF SE UA Lektoratsordner 20
- 3893 Die beispielhaft verwickelte Geschichte dieses Grundig-Versuchs, im Markt portabler Geräte Fuß zu fassen, ist dokumentiert in: Blüthmann, Heinz, Der gekaufte Knüller, DIE ZEIT, 1981-08-28, BASF SE UA Lektoratsordner 20
- 3894 kt (Tetzner, Karl), Noch keine endgültige Norm für Cassetten, Handelsblatt, 1982-04-15, BASF SE UA Lektoratsordner 20
- 3895 pp., Hersteller beschließen einheitliches Video-System, Hannoversche Allgemeine, 1983-04-07, BASF SE UA Lektoratsordner 21
- de., Elektronisches Blutvergießen hört auf, Süddeutsche Zeitung, 1983-03-26, BASF SE UA Lektoratsordner 25

- ³⁸⁹⁶ „Sony have issued misleading advertising implying that 127 manufacturers are committed to the 8mm-format, whereas it is only ten—the remainder have merely agreed the technical specification should the later adopt eight millimetre. Sony conveniently avoided the point that some 15 manufacturers are already marketing VHS CCRs using either standard size or compact cassettes.“ (N. N., Financial Times London, Dilemmas caused by 8mm video, 1986-04-29)
- ³⁸⁹⁷ Schulz, Werner. Kassetten-Recorder aus den USA, FUNKSCHAU 1971, Heft 18, Seite 591, 1971-09-15
- hierin auch: EIAJ-Standard Typ 1 der Electronic Industries Association of Japan, gedacht für NTSC: ½-Zoll-Band, Vorschub mit 19,05 cm/s, standardisierte Lage von Steuer- und Tonspuren u.a.m.
- ³⁸⁹⁸ Zum Vergleich: die Audio-Compact-Cassette ist 100,4 mm breit, 63,8 mm tief und 9,8 mm dick (Volumen: 63 ml), die Video-8-Kassette mit einem Volumen von 86,3 ml ist also um etwa ein Drittel voluminöser.
- ³⁸⁹⁹ Abtastfrequenz 31,5 kHz, Quantisierung 8 bit nichtlinear, Dynamik 80 dB, Frequenzbereich 20 Hz – 15 kHz. – Quelle: Anderegg, Peter, Kommt die digitale Audio-Revolution in Stocken? (2. Teil), HiFi-Video-test Nr. 6 1987, Seite 60
- ³⁹⁰⁰ N. N., Systemfrage / Technik hinter den Bildern, Videoaktiv 3/1990, S. 16 - 23
- ³⁹⁰¹ Digitale Aufzeichnung erlaubt „im Prinzip“ beliebig viele Kopiergenerationen, da die Kopie weitgehend identisch mit der Originalaufzeichnung ist.
- ³⁹⁰² Bücken, Rainer, Videotechnik in allen Bereichen (I), Fernseh- und Kinetik 1989, Heft 1, S. 39 – 44
- ³⁹⁰³ Kinnebrock, Wolfgang, Interview , sowie Grün, Frank-Oliver, Hi End?, VIDEOaktiv, 1990-09-01, BASF SE UA Lektoratsordner 38
- ³⁹⁰⁴ E.K., Badische Anilin sieht große Chancen im Magnetbandgeschäft, Die Welt, 1971-07-27, BASF SE UA P 909.1
- ³⁹⁰⁵ Löwenberg, Gustav, Videobänder - Chromdioxid oder Cobalt dotierte Eisenoxide?, o.D. (ca.1972-09-15), BASF SE UA P 953
- ³⁹⁰⁶ N. N., Neu von der BASF: Video-Cassetten (Presseinformation), 1973-08-27, BASF SE UA P 909.3
- ³⁹⁰⁷ N. N., Bildaufzeichnung in Farbe und Schwarzweiß, Neue Zürcher Zeitung, 1974-02-25, BASF SE UA Lektoratsordner 15
- ³⁹⁰⁸ N. N., Datenblatt für Videocassetten VC 15, VC 30, VC 45 und VC 60, o.D. oder WMNr (1974), BASF SE UA T 181
- ³⁹⁰⁹ So gleichlautend in den Texten
- Thurn, Helmut, Ausführungen anlässlich der Pressekonferenz am 21. Mai 1973 in Willstätt; 1973-05-21, BASF SE UA P 909.0
 - Versemann, Hans-Jochen, Das Tonband – heute, 1974-04-19, BASF SE UA P 909.62 (Pressemappe "40 Jahre Tonband")
- ³⁹¹⁰ Thurn, Helmut, Referat Behördentag Willstätt, 1979-05-03, BASF SE UA P 909.0
- ³⁹¹¹ WS (Sonnleithner, Wolf?) BASF VMU/APV, Informationssammlung „Stand der Videotechnik 1977“, 1977-05-09
- ³⁹¹² Heckle, Manfred, Der Unternehmensbereich Informationssysteme, Referat anlässlich einer Informationsveranstaltung für Mitarbeiter mit betrieblichen Führungsaufgaben am 17. März 1983, „BASF referate“, 1973-03-17
- ³⁹¹³ N. N., Victor Co. Licenses West German Firm To Make Video Tapes, Asian Wall Street Journal Weekly, New York, 1979-09-17
- Japan Victor gives BASF right to make video tapes, Japan Economic Journal, Tokyo, 1979-09-11
- ³⁹¹⁴ Cabus, H.-J.(?), Video-Marktzahlen: Deutschland an dritter Stelle, (BASF-)Information für die Fachpresse, 1981-09, BASF SE UA Lektoratsordner 19
- ³⁹¹⁵ Zitat Dr. Helmut Thurn und Verbraucheranalyse nach Goebel, Gert, Bei Video wird nicht schwarzgesehen, Mannheimer Morgen, 1982-01-09, BASF SE UA Lektoratsordner 24
- ³⁹¹⁶ Dies Hochrechnung erwies sich als recht genau: Für 1983 wurden weltweit 324 Mio. Videokassetten erwartet, nach 226 Mio. 1982 (sl, Markt für Videocassetten wächst weltweit stürmisch, Handelsblatt, 1983-05-30, BASF SE UA P 909.3)
- ³⁹¹⁷ Cabus, H.-J.(?), Video-Marktzahlen: Deutschland an dritter Stelle, (BASF-)Information für die Fachpresse, 1981-09, BASF SE UA Lektoratsordner 19
- ³⁹¹⁸ Knoll, Thomas, Gnadenschuß für Video 2000, FUNKSCHAU 1986 Heft 6, 1986-03-14, BASF SE UA P 909.0 / Presseauschnittmappe 1
- Wildhagen, Andreas, Video 2000 / Das Geschäft ist tot, STERN Nr. 14/1986, BASF SE UA P 909.0 / Presseauschnittmappe 1, 1986-04-02
- ³⁹¹⁹ Heckle, Manfred, Der Unternehmensbereich Informationssysteme, Referat anlässlich einer Informationsveranstaltung für Mitarbeiter mit betrieblichen Führungsaufgaben am 17. März 1983, „BASF referate“, 1973-03-17
- ³⁹²⁰ Ostertag, Wolfgang, Datensammlung Werk Willstätt, Typoscript o.D. (ca. 1987), BASF SE UA P 920
- ³⁹²¹ Odrich, Peter, Auch bei Videokassetten zeichnen sich Überkapazitäten ab, FAZ, 1982-10-09, BASF SE UA Lektoratsordner 26
- ³⁹²² rtr., Preiskampf bei Video bei wachsenden Märkten, Schwarzwälder Bote, 1984-01-20, BASF SE UA P 909.67
- ³⁹²³ Sauer, Wilfried, E 300: Die erste VHS-Videocassette mit fünf Stunden Spielzeit, Presse-Information der BASF Aktiengesellschaft, 1989-08-16, BASF SE UA Lektoratsordner 37
- ³⁹²⁴ Jas., 3M kalkuliert hohe Währungsgewinne ein, Süddeutsche Zeitung Nr. 98, 1986-04-29, BASF SE UA P 909.0 / PAM 1
- ³⁹²⁵ Is., Harter Preiskampf bei Video-Bändern, Stuttgarter Zeitung, 1986-04-29, BASF SE UA P 909.0 / PAM 1
- ³⁹²⁶ K.T. (Tetzner, Karl), Das Dreistunden-Band ist am beliebtesten, FAZ, 1987-03-23, BASF SE UA P 909.3
- ³⁹²⁷ Goebel, Gert, Bei Video sehen viele rot, Mannheimer Morgen, 1987-08-01, BASF SE UA Lektoratsordner 32
- ³⁹²⁸ N. N., BASF-Audio/Video gut gerüstet, VWD-Chemie, 1987-09-01, BASF SE UA Lektoratsordner 32
- ³⁹²⁹ Pers. Mitteilung Dipl.-Ing. Ontje Arpe an F.E., 2003-10-08
- ³⁹³⁰ Die entsprechenden Technischen Datenblätter haben die Signatur BASF SE UA P 974
- ³⁹³¹ Figlethaler, Peter, Die totale Botschaft der Medien, FAZ, 1977-09-28 sowie N. N., Zeitalter der Videotie, DER SPIEGEL, 1979-08-13, BASF SE UA Lektoratsordner 16.
- N. N., Supreme Court decision in Sony v. Universal Studios 464 U.S. 417 (1984), dokumentiert in URL [http://www.eff.org/Legal/Cases/sony v universal decision.html](http://www.eff.org/Legal/Cases/sony_v_universal_decision.html) [2003-08-01]
- ³⁹³² N. N., Traumfabriken erstrahlen in neuem Glanz / Der Verkaufserfolg mit bespielten Bändern hat selbst Branchenkenner überrascht, DER SPIEGEL Nr. 48/1980, 1980-11-12, BASF SE UA Lektoratsordner 17
- ³⁹³³ Bücken, Rainer, Video – ein potentieller Kulturgut-Killer?, HiFi Stereophonie (Video Spezial), Nr. 1/1981, 1981-01-01, BASF SE UA Lektoratsordner 19
- ³⁹³⁴ Pape, Rainer, EMTEC – ein neuer Name mit Tradition / Magnetband-Weltmarke BASF im Wandel, Presse-Information der EMTEC Magnetics GmbH, 1999-07-05
- ³⁹³⁵ Mücke, Herbert, Messen und Beurteilen von Videocassetten, Fernseh- und Kinetik 1989, Heft 1, S. 29
- ³⁹³⁶ Schwarz, Karl-Friedrich, Videokassetten – ein Millionenmarkt, Film & TV Kameramann (Fachzeitschrift), 1990-02-21, BASF SE UA Lektoratsordner 39
- ³⁹³⁷ Zusatz (Zietlow, Ekkehard?) zu Büllsbach, Martin, Der Industriepark Willstätt aus Sicht der ansässigen Unternehmen, BASF Presse-Information, 1994-06-16, BASF SE UA P 920
- ³⁹³⁸ Müller-Ernesti, Rolf (AEG Berlin), Verfahren zum Kopieren einer magnetischen Schallaufzeichnung, DE 910 602, 1941-10-31 (Ausgabe 1954-05-03)
- ³⁹³⁹ Siebert, H.P., Vervielfältigung von Video-Magnetbändern durch Bifilarwickel-Kopie, FUNKSCHAU 1978, Heft 16, Seite 773
- ³⁹⁴⁰ N. N., Schnelles Kopieren von Videobändern, FUNKSCHAU 1969, Heft 11, Seite 982 – Beschrieben wird ein von der japanischen Firma Matsushita gebautes Gerät, das nach dreijähriger Entwicklungszeit vorgestellt wurde
- Siebert, H. P., Vervielfältigung von Video-Magnetbändern durch Bifilarwickel-Kopie, FUNKSCHAU 1978 Heft 16, Seite 773 ff., 1978-08-15
- ³⁹⁴¹ Schwarz, Karl-Friedrich, Videokassetten – ein Millionenmarkt, Film & TV Kameramann (Fachzeitschrift), 1990-02-21, BASF SE UA Lektoratsordner 39
- ³⁹⁴² N. N., Neue Produkte, Fernseh- und Kinetik 36. Jahrg., Nr. 1/1982, S. 34, 1982-01-01
- ³⁹⁴³ N. N., website der Sony Precision Technology Inc., URL: <http://www.sonypt.co.jp/en/spt/history.html> [2003-08-25]
- ³⁹⁴⁴ Smith, Tim Leigh, Sony Sprinter, Part 1: System Development, One to One (englische Fachzeitschrift), September/October 1989, pp. 21 ... 23
- ³⁹⁴⁵ N. N., Sony introduce improved HPS800 Sprinter, One to One, May/June 1992, p. 21
- ³⁹⁴⁶ Singhoff, Werner, Die Geschichte des Agfa-Magnetbandes, unveröff. Manuskript, Mai 2006

- ³⁹⁴⁷ Eichler, Wolfgang; Greiner, Joachim; Krones, Friedrich, alle Agfa, Magnetisches Aufzeichnungsverfahren, DE 1 449 692, angemeldet 1964-02-29, ausgegeben 1969-12-18; • diess., Curie point magnetic recording process, US 3, 364,496, angemeldet 1965-02-15, ausgegeben 1968-01-16 und weitere internationale Patentanmeldungen
- ³⁹⁴⁸ Paney, Harry, Otari T-700: Thermal Magnetic Duplication, Tape Business, October 1987, p. 8
- ³⁹⁴⁹ N. N., Otari Company Profile, URL: http://www.otari.co.jp/company/index_e.html [2001]
- ³⁹⁵⁰ Lanser, Bryan, Thermal Magnetic Duplication, One to One, March, 1988, p. 18 ... 20

Digitale Tonaufzeichnung auf Magnetband

- ³⁹⁵¹ Roth, W., Neuer digitaler Audiorecorder für den Studiobetrieb, Fernseh- und Kinotechnik Nr. 7/1978 S. 266 ff., 1978-07-01
- Locanthi, Barth, Standardization in Professional Digital Audio Engineering at the AES, 3rd International Conference, Present and Future Of Digital Audio, 1985-06-20...21
- ³⁹⁵² Der als Beispiel gewählte Zeitabstand 1/48.000stel Sekunde entspricht der „Samplingfrequenz“ (Probenentnahme-Häufigkeit) 48 kHz, zu finden bei den meisten digitalen Magnetbandverfahren. Die CD benutzt als Samplingfrequenz 44.1 kHz; hochwertige Studiogeräte arbeiten auch mit 96 kHz.
- ³⁹⁵³ Die Standardanzahl der vorgegebenen Bits ist 16 (in Sonderfällen 24). Die „bit rate“ oder Auflösung bestimmt natürlich die mögliche Genauigkeit, anders gesagt: die Dynamik, des Systems, damit maßgeblich auch den technischen Aufwand. Grob gerechnet, bringt jedes zusätzliche Bit eine um 6 dB höhere Dynamik, 16 bit demnach 96 dB.
- ³⁹⁵⁴ vergleiche dazu: Matthes, Johann-Nikolaus [Universität der Künste Berlin], 25 Jahre Tonmeister und Produzent beim Alban Berg Quartett, Vortrag anlässlich der Tonmeistertagung 2002, Hannover
- ³⁹⁵⁵ N. N., Evolution of Digital Audio up to DAT, JEI (Journal of Electronics Industry), 1987-07-27
- ³⁹⁵⁶ • Takasu, Takeaki, PCM recording - the future?, Studio Sound Oct. 1976, p. 28 – 30, 1976-10-01
- Ranada, David, [Interview mit] Takeaki Anazawa, Audio June 1993, p. 56 – 60, 1993-06-01
- ³⁹⁵⁷ Stockham, Thomas G., The Promise of Digital Audio, AES Publication on Digital Recording, 1982
- ³⁹⁵⁸ N. N., Decca Digital Recording, Studio Sound, June 1979, 1979-06-01
- Griffith, F.A., A Digital Audio Recording System, AES Preprint No. 1580, 1980-02-25
- Foster, Bill, Digital Decca, One-to-One 11/12-1994, 2. Seite des Beitrags
- ³⁹⁵⁹ Grubb, Suvi Raj: "Kann der Partitur lesen?" fragte Otto Klemperer: Erinnerungen eines Musikproduzenten; Suvi Raj Grubb. [Dt. von Wolfram Ströle]. - Zürich : SV internat., Schweizer Verl.-Haus, 1989, S. 269 ff.
- ³⁹⁶⁰ N. N., EMI digital recording, AUDIO NEWS, July 1979, <http://www.gramophone.net/Issue/Page/July%201979/125/750999/AUDIO+NEWS> [2019-10-09]
- ³⁹⁶¹ Bellis, F.A. und Smith, M. K. E., A Stereo Digital Sound Recorder, British Broadcasting Corporation, BBC RD 1974/39, 1974, zitiert in: Warnock, R. B., Longitudinal Digital Recording of Audio, Nachdruck in Camras, Magnetic Tape Recording, p. 416 / 428
- ³⁹⁶² N. N., 30 Years of Studio Sound / January 1978 ..., Studio Sound, January 1990
- ³⁹⁶³ McCracken, John A., A High performance Digital Audio Recorder, AES preprint no. 1268, 1977-11-4... 7
- ³⁹⁶⁴ Tanaka, Kunimaru und Uetake, Katsuhito, A Stereo PCM Tape Deck Employing Stationary Head, AES preprint no. 1227, 1977-05-10...13
- ³⁹⁶⁵ Jung, Tom, RETRO REVIEW: Mitsubishi X-80 Open Reel Digital Recorder, URL: <http://www.proaudioreview.com/par/september99/RetroReview-web.shtml> [2003-12-01]
- ³⁹⁶⁶ Nachdem das japanische Fernsehen mit der Bildwechselfrequenz 30 Hz und 525 Zeilen pro Bild arbeitet, und in einer Videozeile 2 x 3 Datenwörter zu je 16 bit unterzubringen waren, ergab sich eine Abtastfrequenz von 44,1 kHz, wie sie bei der CD zum Standard wurde. Neuere Digitalsysteme gingen zu 48 kHz über, die auch das Digital Audio Tape, DAT, übernahm
- ³⁹⁶⁷ Hostenstein, Peter: Die sprechenden Maschinen – Studer-Revox, das Lebenswerk des Audiopioniers Willi Studer, Seiten 250/251, 382, 386 und 387, Schweizer Verlagshaus Zürich, 1996
- ³⁹⁶⁸ Eller, Wolfgang, Sony PCM-3348, dB [so der Zeitschriftentitel], Ausgabe 11-12-1988, Seite 42
- ³⁹⁶⁹ Daley, Dan, Digital Multitracks Are Refining Top-End in Order to Stay Even, Pro Studio News, April 1995
- ³⁹⁷⁰ Pers. Information aus dem Haus Studer, September 1996
- ³⁹⁷¹ Thomsen, Dieter, Elektronischer Schnitt von digitalen Tonaufnahmen, FUNKSCHAU 1981, Heft 5, Seite 81, 1981-03-01
- ³⁹⁷² Lang, Jürgen Karl, Das Compact Disc Digital Audio System: ein Beispiel für die Entwicklung hochtechnologischer Konsumelektronik, Dissertation an der RWTH Aachen (1996), erschienen 2012; <http://publications.rwth-aachen.de/record/95066/files/3940.pdf> [2019-10-10]
- ³⁹⁷³ Matthes, Johann-Nikolaus, Der manipulierte Klang - Erinnerungen eines Tonmeisters von 1968 bis 2008, mit einem Vorwort von Dr. Herfrid Kier. Eigenverlag
- ³⁹⁷⁴ Hopf, Jürgen, Digitale Tonaufzeichnung / Einführung und Marktbetrachtung, Agfa-Gevaert Werk München, 1976
- ³⁹⁷⁵ Ritter, Manfred, 1982 eingeführte Audio/Videoprodukte, 1983-01-24, BASF SE UA P 907.2
- N. N., Digital Studio Tape DSM 26 CR [Datenblatt in englischer Sprache], o.D. (1983), BASF SE UA P 974
- ³⁹⁷⁶ N. N., Digital Master 930 [Datenblatt in englischer Sprache], 1984-03-01, BASF SE UA P 974
- ³⁹⁷⁷ Dönicke, Horst, Mitsubishi vertreibt BASF-Speichermedien in Japan, 1982-12-27 (in Datenbank „useFUL“ der BASF SE)
- ³⁹⁷⁸ Frantz, John, Development of Digital Tapes, Pro Sound News, New York, 1986-01-10, BASF SE UA Lektoratsordner 29
- ³⁹⁷⁹ N. N., Audio / Audio Recording Media for Professionals / Audio Excellence by BASF (Produkt-Prospekt), 1994-03-01, BASF SE UA P 907.1
- ³⁹⁸⁰ Matern, Andreas, Digital-Audio-Recorder / PCM-Aufzeichnung auf VHS-Kassette, FUNKSCHAU 1981, Heft 18, Seiten 72 – 73 1981-09-15
- ³⁹⁸¹ Bashour, Frederick J., Sony PCM-F1 Digital Recording Processor / A Glance Back; URL: <http://www.proaudioreview.com/par/may00/SonyPCM-F1RetroReviewWeb.shtml> [2003-12-01]
- ³⁹⁸² Ders. (nach einem Vortrag von Dieter Thomsen), Sechzig Meter Band – zwei Stunden Musik / Neue Dimensionen in der Magnetbandaufzeichnung FUNKSCHAU 1987, Heft 7, Seiten 28 – 31, 1987-04-01
- ³⁹⁸³ Snape, Carl A, R-DAT: A New Standard?, One to One, June 1996
- ³⁹⁸⁴ Rapoport, Carla, Japanese press the pause button, Financial Times London, 1986-07-14
- ³⁹⁸⁵ Immink, Kees A. Schouhamer, The Compact Disc Story, J. Eng. Soc., Vol. 46, No. 5, 1988 May, p. 462
- ³⁹⁸⁶ dpa, Damm gegen das digitale Tonband bricht, Die Rheinpfalz, 1987-02-14, BASF SE UA Lektoratsordner 29
- ³⁹⁸⁷ N. N., R-DAT / Zweiter Frühling im Herbst, FUNKSCHAU 1990, Heft 24, Seite 16, 1990-12-15
- ³⁹⁸⁸ Müller, Jürgen, Digitale Aufnahmegeräte noch kein Schlager / Von DAT ist bei der Internationalen Berliner Funkausstellung nur wenig zu hören, Die Rheinpfalz, 1989-08-20, BASF SE UA Lektoratsordner 37
- ³⁹⁸⁹ Thiele, Michael, Ein neuer Tonträger erobert die Welt, FUNKSCHAU 1992, Heft , Seite 30 – 37, 1992-05-01
- ³⁹⁹⁰ Saner, Thomas, DCC – die europäische Alternativ zu R-DAT?, SOUND Nr. 5-6/1991, Seiten 30 – 33, 1991-05, BASF SE UA Lektoratsordner 39
- ³⁹⁹¹ N. N., Digital Compact Cassette / Unterstützung für Philips von BASF?, FUNKSCHAU 1991, Heft 1, 1990-12-28
- ³⁹⁹² Wienforth, Ulrich, Die digitale Compactcassette lässt auf sich warten, STEREO, 1992-04-01, BASF SE UA Lektoratsordner 42
- ³⁹⁹³ N. N., Presentatie DCC in Japan, Pro-Audio-Magazin, Nieuwegein, NL, Nr. 12 (1991-12-01)
- ³⁹⁹⁴ hof., BASF Magnetics 1994 mit schwarzen Zahlen?, Frankfurter Allgemeine Zeitung, 1993-09-28
- ³⁹⁹⁵ N. N. („Gyrator“), DCC-Vorstellung: Geräte Philips DCC730 und DCC900, URL: <http://mb.abovenet.de/forum2/showtopic.php?threadid=7212&s=21bc7dea40e6f163890c2fd660a37095> [2008-01-03]
- ³⁹⁹⁶ Thiele, Michael, Ein neuer Tonträger erobert die Welt, FUNKSCHAU 1992, Heft , Seite 30 – 37, 1992-05-01

- 3997 <http://de.wikipedia.org/wiki/DTRS> und http://de.wikipedia.org/wiki/Alesis_Digital_Audio_Tape [2004-11-15]
- 3998 Pape, Rainer, EMTEC – ein neuer Name mit Tradition / Magnetband-Weltmarke BASF im Wandel, Presse-Information der EMTEC Magnetics GmbH, 1999-07-05
- 3999 N. N., The Personal Computer Based Music Studio, URL: http://home.earthlink.net/~rongonz/home_rec/background.html [2004-11-06]
- 4000 Pape, Rainer, EMTEC – ein neuer Name mit Tradition / Magnetband-Weltmarke BASF im Wandel, Presse-Information der EMTEC Magnetics GmbH, 1999-07-05
- 4001 Daley, Dan, Digital Multitracks Are Refining Top-End in Order to Stay Even, Pro Studio News, April 1995
- 4002 Lang, Klaus; Musikschätze der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft; Die Rückkehr von ca. 1.500 Tonbändern aus Moskau ins Berliner „Haus des Rundfunks“, ISBN 3-922564-02-X, 1992
- Sender Freies Berlin, Schallarchiv: Musikschätze der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft / SFB-Archiv, 1992
 - Lang, Klaus, Rettung auf abenteuerlichen Umwegen / Zum 50. Jahrestag von Stereo-Tonbandaufnahmen, Booklet zur gleichnamigen CD der Audio Engineering Society, 1993
 - Decker, Kerstin: Klaus Lang - Musik, war das nicht Religion mit anderen Mitteln?, <http://www.tagesspiegel.de/berlin/nachrufe/klaus-lang-geb-1938/8516392.html> 2013-07-19 [2017-09-23]
- 4003 Schubert, Hans, RRG-Tonbandaufnahmen im Deutschen Rundfunkarchiv gesichert; in: Mitteilungen des Studienkreises Rundfunk und Geschichte, 22. Jhg. 1996, Seite 297-298 [6294 f.]
- 4004 Wallaszkovits, Nadja et al., Patent WO2012088553, Verfahren zur Rekonditionierung von Datenträgern, an-gemeldet 2011-12-23, ausgegeben 2012-07-05
- 4005 Grancy, Alice, Wie lassen sich alte Tondokumente am besten bewahren? Forscher haben einen chemischen "Jungbrunnen" entwickelt; <http://diepresse.com/home/science/forschungsfrage/3884695/Wie-lassen-sich-alte-Tondokumente-am-besten-bewahren> [Zugriff 2019-05-06]
- 4006 Berdux, Silke; Wallaszkovits, Nadja und Füßl, Wilhelm: Audio Goes Video, Ein Projekt zur Digitalisierung von Tonbändern aus dem Nachlass von Oskar Sala; ARCHIVAR, 64. Jahrgang, Heft 01, Februar 2011; <https://www.yumpu.com/de/document/view/1941408/archivar-64-2011-s-15-28-archive-in-nordrhein-westfalen> [2019-10-11]
- 4007 Bücken, Rainer, Digital Video Cassette: Videosystem von morgen?, RFE 5/1994, S. 30 f., 1994-05-01
- 4008 Eine DV-Standardkassette mit den Abmessungen 125 x 76 x 14,6 mm für den Konsumentenbereich sollte 270 min Spielzeit erlauben, ist aber nicht realisiert worden.
- 4009 Quelle: DVC – Digital Video Cassette – Vergleich mit Hi8 und VHS, TAPE ONE [Kundenzeitschrift der BASF Magnetics GmbH], 1995-02, Seite 10
- 4010 N. N., Scharfe Bilder, schlechter Ton, Stiftung Warentest, Juli 2009, Seite 48. ff., 2009-07-01
- N. N., Superfilmer (hochauflösende Camcorder), Stiftung Warentest, November 2009, Seite 48 ff., 2009-11-01
- 4011 Dieser Abschnitt basiert auf Informationen aus folgenden Quellen:
- Sadashige, Koichi, Digital Video Recording, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999
 - N. N. (iabm), Technical Reference / Video Tape Recordings Formats, URL: <http://www.theiabm.org/pdf/files/video.formats.pdf> [2003-08-06]
 - N. N., Video Formats, URL: http://www.users.bigpond.com/kaywand/wand/tech_docs/formats.htm [2003-08-06]
- 4012 SMPTE, Society of Motion Pictures and Television Engineers (Hauptsitz USA); EBU, European Broadcasting Union, CCIR, Comité Consultatif International des Radio-Communications; NHK, Nippon Hoso Kyokai, nationale japanische Rundfunk- und Fernsehanstalt
- 4013 Ganzseitige Anzeige „Unser Beitrag zur Zukunft des digitalen Fernsehens“ der BTS GmbH in Fernseh- und Kameratechnik 1990, Heft 2, S. 81
- 4014 Iseaka, K. et al., The Application of High-Coercivity Cobalt Iron Oxide Tape for Digital Video Recording, SMPTE Journal, March 1989, p. 168 .. 171
- 4015 „Auch hier muß erwähnt werden, daß der SWF wiederum die erste Rundfunkanstalt der ARD ist, die das digitale Aufzeichnungsformat D1 in ihrem Produktionsbetrieb eingeführt hat.“ (Blum, W. (SWF Baden-Baden), AMPEX ab - AMPEX läuft / 30 Jahre Magnetische Bildaufzeichnung im SWF Baden-Baden, 1988-11-03)
- 4016 Flenner, Günter, Neuer Digital-Standard aus Japan, FUNKSCHAU 1991, Heft 24, Seite 82, 1991-12-15
- 4017 VideOlson of Des Moines, Iowa (USA), Video Tape Formats, URL: <http://www.ultimatewebdesigning.com/articles/formats.html> [2003-08-26]
- Bücken, Rainer, NAB '94 (Teil 4): Im Studio: Basis bleibt Magnetband, FKT Nr. 9/1984, S. 484 – 488, 1994-09-01
- 4018 Flenner, Günter, Digitale Komponententechnik: D-5, Professional Production, Juni 1993, S. 55 f. 1993-06-01
- 4019 Ströble, Sabine, Startschuß fällt in Barcelona: BASF liefert erste Bänder für digitale HDVT-Aufzeichnung, Presse-Information der BASF Magnetics GmbH, 1992-07-17, BASF SE UA Bildarchiv P 933 T 01
- 4020 Bücken, Rainer, NAB '94 (Teil 4): Im Studio: Basis bleibt Magnetband, FKT Nr. 9/1984, S. 484 – 488, 1994-09-01
- 4021 Bücken, Rainer, NAB '94 (Teil 4): Im Studio: Basis bleibt Magnetband, FKT Nr. 9/1984, S. 484 – 488, 1994-09-01
- 4022 N. N., Interoperability Material Exchange, <http://de.wikipedia.org/wiki/IMX> [2012-10-31]
- 4023 Tchinarov, Denis, Schöne neue Welt, http://www.schnittpunkt.de/wissen/Fachartikel/Diplomarbeit/schoene_neue_welt.htm, o.D. [ca. 2001]
- 4024 N. N., Sony Corp., MPEG IMX von Sony - Ein überragendes Digitalformat für SD-Anwendungen, 2008
- 4025 N. N., Sony Corp., MPEG IMX von Sony - Ein überragendes Digitalformat für SD-Anwendungen, 2008
- 4026 Tchinarov, Denis, Schöne neue Welt, http://www.schnittpunkt.de/wissen/Fachartikel/Diplomarbeit/schoene_neue_welt.htm, o.D. [ca. 2001]
- 4027 N. N., Ein Jahr XDCAM beim WDR, Broadcast-Produktion; Ausgabe 09/05, 2005-09-01
- 4028 N. N., XDCAM, <http://de.wikipedia.org/wiki/XDCAM>; N. N., XDCAM HD, http://de.wikipedia.org/wiki/XDCAM_HD [2012-10-31]
- 4029 N. N., Grafik "Drum Head Allocation", <http://www.maxell-usa.com/getpdf.aspx?id=187&type=support> [2012-10-04]
- 4030 N. N., WDR Mediagroup nutzt Jordi-Archivsystem ADAM, Film-TV-Video; 2010-02-26, <http://www.film-tv-video.de/newsdetail+M52cd092d6b3.html> [2012-10-31]
- 4031 Scheibel, Claudia, Digitalisierung: Automatisiertes Digitalisierungssystem der WDR mediagroup arbeitet erfolg-reich, WDR mediagroup GmbH, 2012-02-22, http://www.jordi-com.ch/123/newpage/images/stories/PDF-DAT/digital_adamgeburtstag_feb.pdf [2012-10-23]
- 4032 Sadashige, Koichi, Digital Video Recording, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999
- 4033 N. N., Neuregelung für Konsum-Elektronik, wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/4K2K> [2012-10-23]
- 4034 N. N., Tagesschau ab 1. Juli im 16:9-Format; 2007-06-29; <http://www.digitalfernsehen.de/Tagesschau-ab-1-Juli-im-16-9-Format.news170175.0.html> [2012-10-31]
- 4035 N. N., HDCAM, <http://de.wikipedia.org/wiki/HDCAM> [2012-10-31]
- 4036 Versluis, Jan; What's the difference between HDCAM and HDCAM SR?; Broadcast Nuggets, 2010-02-05, <http://www.versluis.com/2010/02/whats-the-difference-between-hdcam-and-hdcam-sr/> [2012-10-31]
- 4037 N. N., Sony HDCam SR White Paper, o.D., 56. <http://www.panavision.co.uk/pdf/downloads/equipment-info/other/sony-hdcam-sr-white-paper.pdf> [2012-10-31]
- 4038 N. N., Sony Produktinformation HDCAM, http://www.ludwig-kamera.de/uploads/tx_tproducts/datasheet/SRW-5800.pdf sowie <http://www.sony.de/pro/product/hdcamvtrs/srw-5500/overview> [2012-10-31]
- 4039 N. N., Firmendruckchrift "HDCAM SR von Sony, Die ultimative Wahl für HD-Anwender", 2008
- 4040 N. N., Sony Electronics Inc., Firmendruckchrift "BCT-SR Series HDCAM SR™ Cassettes", 2008
- 4041 Versluis, Jan; What's the difference between HDCAM and HDCAM SR?; Broadcast Nuggets, 2010-02-05, <http://www.versluis.com/2010/02/whats-the-difference-between-hdcam-and-hdcam-sr/> [2012-10-31]
- 4042 N. N., Jetzt beginnt die Zukunft von SR Memory, PresseBox Berlin, 2011-05-11, <http://www.pressebox.de/pressemitteilungen/sony-europe-limited/boxid/422929> [2012-10-31]

Instrumentationsband

- 4043 Bezeichnenderweise führen englische Dictionaries (z.B. Collins) den Begriff „instrumentation“ nur im Sinn von „Instrumentierung“ auf, dem Arrangieren musikalischer Notenvorlagen für bestimmte Instrumente oder Instrumentengruppen.
- 4044 Davies, G.L. Magnetic Tape Instrumentation, McGraw Hill, New York 1961, S. 1
- 4045 Thiele, Heinz, Vom Ursprung der Amateur-Tonbandgeräte, FUNKSCHAU 1979 H. 22 S. 1306, 1979-11-15

- 4046 Krones, Friedrich, Zur Meßwertspeicherung mit Magnetbändern, Süddeutsche Zeitung Nr. 37, Beilage DER MENSCH UND DIE TECHNIK; Mittwoch, 12. Februar 1969
- 4047 Über die entsprechenden Entwicklungen in der UdSSR liegen nach Wissensstand des Verf. keine Publikationen vor.
- 4048 N. N., Computer Desktop Encyclopedia, URL: <http://www.answers.com/topic/ampex>
- 4049 Stolaroff, M. J., Performance Results of the Ampex Magnetic Tape Recorder Recording Frequency Modulated and Pulse Width Telemetry Data, Joint AIEE-NTF Conf. on Telemetry, 1950, zitiert nach Davies, G.L., Magnetic Tape Instrumentation, McGraw Hill, New York 1961, S. 5
- 4050 So laut der Legende auf der Rückseite des Bildes CR 24468-4/10 – Treßer im BASF SE UA Bildarchiv P 981 T 09

Magnetfolien

- 4051 Goebel, Gerhard, [Referat über die] Schallspeicherungs-Tagung im Fernmeldetechnischen Zentralamt, FTZ 1951 Nr. 01 S. 38 ff., 1951-01-01
- Büscher, Gustav, Magnetton-Geräte, Elektrotechnische Zeitschrift Ausg. B, Band 4, Heft 11, S. 321 – 325, 1952-11-21
 - N. N., Relaisgesteuertes Diktiergerät, FUNKSCHAU 1955 H. 18 S. 406, 1955-09-15
- 4052 Rosenkranz, Hugo und Klippel, Hermann, Verfahren zur Kennzeichnung von Gegenständen oder Stoffen, Patent DE 843 660, angemeldet 1950-05-17
- 4053 de., BASF hat Fahrkarten für Paris, Mannheimer Morgen, 1973-03-18, BASF SE UA Lektoratsordner 01
- 4054 BASF Magnetics GmbH: Datenblätter „Magnetfolien“, Datenblatt-Druckvorlagen 1992 bis 1994, BASF SE UA P 955

Magnetband im Sprachlabor

- 4055 Göbel, Jochen, Das Tonband als Assistent des Lehrers, Beilage zu jpi januar 1961, 1961-01-30, BASF SE UA T 33
- 4056 N. N., BASF Pressestelle, Wertvoller Helfer des Lehrers: Das Tonband im Unterricht, 1960-11-08, BASF SE UA P 909.7 und T 33

Flugsicherungsband

- 4057 Mühlstadt, Günter, Magnetbandspeicher für die Sprachdokumentation, FUNKSCHAU 1966 Nr. 02 S. 51, 1966-01-15
- 4058 N. N., Magnetbänder für den Flugsicherungsdienst, Badische Anilin- & Soda-Fabrik AG, September 1968; BASF SE UA P 981
- 4059 Stülpner, Klaus (Wolfgang Assmann GmbH), Magnetbänder für den Flugsicherungsdienst, radio mentor 1961, H. 9, S. 712 ff., 1961-09-01, BASF SE UA P 906 und T 33
- 4060 N. N., Bogen Electronic GmbH, Magnettontechnik. <http://www.bogen-electronic.com/magnettontechnik-german.html>, 2014 [2017-07-24]
- 4061 Quellen für diesen Abschnitt:
- Raumfahrttechnik, Firmenschrift AEG-Telefunken, April 1969
 - AZUR, erster deutscher Forschungssatellit - Schritt der Bundesrepublik Deutschland in den Weltraum, BMwF (Bundesminist. für wissenschaftl. Forschung) und GfW (Gesellschaft für Weltraumtechnik), o.J. (etwa 1969)
 - Satelliten-Bordbandspeicher SBS 1/50, AEG-Telefunken-Schrift der Reihe Informationstechnik - Raumfahrt, Mai 1968
 - German research Satellite Project AZUR, GRS-A, Scout 169, NASA, o.J. (etwa 1966)
 - Photos und persönliche Informationen der Projektverantwortlichen Jürgen Müller, Konstanz und H. Marlow, Allensbach/Konstanz
 - siehe auch „Erfassung des Gesamtbestandes Raumfahrt“; Deutsches Museum München; URL: http://www.deutsches-museum.de/fileadmin/Content/2009/06_Forschung/04_Projekte/Erfassung_Raumfahrt-1.pdf [2009-12-23]

Magnetspeicher zur Datenaufzeichnung

- 4062 Hollerith, Herman, Art of Compiling Statistics, US Patent 395,782 (Original application filed September 23, 1884 ... Again renewed September 8, 1888; Patented January 8, 1889)
- 4063 Hartkopf, Herbert, Der gewisse Kniff [Hermann Hollerith], Mannheimer Morgen, 1987-07-25/26, Seite 3
- 4064 Katalog 125 Jahre BASF - Stationen ihrer Geschichte, Ludwigshafen 1990, S. 62
- 4065 Tauschek, Gustav, Elektromagnetischer Speicher für Zahlen und andere Angaben, besonders für Buchführungseinrichtungen, Patent DE 643803, angemeldet 1933-07-01, ausgegeben 1937-04-17
- 4066 Greiner, Joachim, Der magnetische Kraftfluß im Lesekopf bei der Wiedergabe digitaler Informationen vom Magnetband, Mitteilung aus der AGFA-GEVAERT AG, Leverkusen; Sonderdruck aus „Frequenz“, Band 21, Jahrgang 1967, Heft 3, S. 81 ... 94
- 4067 Dirks, Gerhard (Vater) und Dirks, Gerhard (Sohn), Einrichtung zur wahlweisen Aufzeichnung, Speicherung, Abführung oder Löschung von digital dargestellten Daten, Patent DE 1 011 178, angemeldet 1943-07-17, ausgegeben 1966-10-20
- diess., Rechenvorrichtung mit einem magnetisierbaren Speicher, Patent DE 976 669, angemeldet 1944-10-11, ausgegeben 1964-03-19
- 4068 Zuse, Konrad; Der Computer: Mein Lebenswerk, Springer; Auflage: 5. unveränd. Aufl. 2010, ISBN-13: 978-3642120954
- 4069 Billing, Heinz: Eine Numerische Rechenmaschine mit Magnetophonspeicher; ZAMM (Journal of Applied Mathematics and Mechanics / Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik, 1949) S. 1
- 4070 Hölten, Stefan, Medientechnisches Wissen: Band 1: Logik, Informationstheorie, Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 07.11.2017
- 4071 Zuse, Konrad; Der Computer: Mein Lebenswerk, Springer; Auflage: 5. unveränd. Aufl. 2010, ISBN-13: 978-3642120954
- 4072 N. N., Artikel Heinz Billing, https://de.wikipedia.org/wiki/Heinz_Billing
- Stiller, Andreas, Schwarze Löcher belauscht, c't 2019 Heft 21 Seite 62 ff.
- 4073 Rubens, Sidney M, Data Storage on Drums, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999, page 237 ... 238
- 4074 Johannsen, Hans R., Eine Chronologie der Entdeckungen und Erfindungen vom Bernstein zum Mikroprozessor Berlin, Offenbach. vde-verlag, 1986 (Geschichte der Elektrotechnik, 3); **im Folgenden: Johannsen, Chronologie**
- 4075 Johannsen, Chronologie
- 4076 Johannsen, Chronologie
- 4077 Phillips, William B., Data Storage on Tape, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording; – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999, pages 252 ... 269, **im Folgenden: THE FIRST 100 YEARS-B**
- 4078 Johannsen, Chronologie
- 4079 Johannsen, Chronologie
- 4080 THE FIRST 100 YEARS-B, p. 257
- 4081 Stevens, Louis D., Data Storage on Hard Magnetic Disks, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999, pages 270 – 299, **im Folgenden: THE FIRST 100 YEARS-C**
- 4082 THE FIRST 100 YEARS-B, p. 260
- 4083 THE FIRST 100 YEARS-C, page 270 und 100 years of magnetic recording milestones, IBM-Website
- 4084 THE FIRST 100 YEARS-B, p. 260
- 4085 THE FIRST 100 YEARS-C, page 284 f.
- 4086 Grochla, N. N., BASF Computerband, Situations- und Tätigkeitsbericht 1966, 1967-02-28, BASF SE UA P 949; **im Folgenden: Grochla 1967**
- 4087 Bates, G., Thin Metallic Films for High Density Digital Recording, 1965-09, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. MAG-1, No. 3
- 4088 N. N., BASF Aktiengesellschaft, Jahresbericht der Verkaufsabteilung 1965, o.D. (ca. 1966-03-31), BASF SE UA T 002
- 4089 Grochla 1967

- 4090 THE FIRST 100 YEARS-C, page 285
- 4091 N. N., BASF Aktiengesellschaft, Informationsbrief des Verkaufs Nr. 27 (Heft 3 – 1967), o.D. (ca. 1967-09-01), BASF SE UA T 06
- 4092 N. N., Jahresbericht der Verkaufsabteilung 1968, o.D. (ca. 1969-03-31), BASF SE UA T 002 Jahresberichte
- 4093 THE FIRST 100 YEARS-B, p. 264
- 4094 N.N., Industriekurier. 1969-10-09
- 4095 N. N., Jahresbericht der Verkaufsabteilung 1969, o.D. (angen. 1969-12-31), BASF SE UA T 002 Jahresberichte
- 4096 Noble, David, Data Storage on Floppy Disks, in: Eric Daniel, Denis Mee, Mark Clark, ed., Magnetic Recording – The First 100 Years, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999, pages 300 ...315, **im Folgenden THE FIRST 100 YEARS-D**
- 4097 BASF, Cb (= Cabus, Hans-Joachim), Schnelle Expansion im Markt für magnetische Speichermedien, Presse-Information, 1971-03-31, BASF SE UA P 909.4 4
- 4098 <http://www.GEOCITIES-A/SiliconValley/Lakes/6757/HISTORY.HTML> [2003-11-24]; **im Folgenden: GEOCITIES**
- 4099 THE FIRST 100 YEARS-B, p. 260
- 4100 THE FIRST 100 YEARS-C, page 287 f.
- 4101 GEOCITIES-A
- 4102 GEOCITIES-A
- 4103 Johannsen, Chronologie
- 4104 GEOCITIES-A
- 4105 N. N., 40 000 Bänder sind zuviel / BASF will 3850 installieren, COMPUTERWOCHE Nr. 40 vom 03.10.1975, Archiv COMPUTERWOCHE
- 4106 GEOCITIES-A
- 4107 THE FIRST 100 YEARS-D, p. 308
- 4108 THE FIRST 100 YEARS-D, p. 306
- 4109 N. N., A mini-disk for minicomputers, Business Week, New York, 1978-06-12, BASF SE UA Lektoratsordner 16
- 4110 THE FIRST 100 YEARS-C, p. 290
- 4111 URL: www.tecchannel.de [2003-08-20]
- 4112 GEOCITIES-B
- 4113 ee, Optische Speicher: Zwanzigfach billiger, COMPUTERWOCHE Nr. 44 vom 31.10.1980, Archiv COMPUTERWOCHE
- 4114 THE FIRST 100 YEARS-D, page 308
- 4115 N.N., Stagnation bei den 8-Zoll-Platten?, Mark & Technik, München, 1982-02-26 BASF SE UA Lektoratsordner 11
- 4116 THE FIRST 100 YEARS-B, p. 262
- 4117 Johannsen, Chronologie
- 4118 Grau, Werner, Metalldünnsschichtplatte vor dem Durchbruch, COMPUTERWOCHE Nr. 06 vom 03.02.1984, Archiv COMPUTERWOCHE N840203xx
- 4119 pi, BASF entwickelt neues Computerband, COMPUTERWOCHE Nr. 21 vom 18.05.1984, Archiv COMPUTERWOCHE, N840518
- 4120 N. N., Senkrechte Bits sind erst ab 1990 verfügbar, COMPUTERWOCHE Nr. 26 vom 22.06.1984, Archiv COMPUTERWOCHE, N840622xx
- 4121 Dönicke, Horst Magnetische Speicherung – quo vadis?, 1984-10-01, BASF SE UA P 909.4
- 4122 Dönicke, Horst, Neues 5-GB-Plattensystem BASF 6485/86, 1985-03-01, BASF SE UA P 909.4
- 4123 Dönicke, Horst, BASF-Band für IBM 3480 – Erster nach IBM mit Chromband für die EDV, 1985-10-28, BASF SE UA P 909.4
- 4124 Dönicke, Horst, BASF beginnt Großserienproduktion metallbeschichteter Platten, 1985-10-28, BASF SE UA P 909.4
- 4125 pi, Höhere Kapazität auf Reinmetallbasis, COMPUTERWOCHE Nr. 45 vom 08.11.1985, Archiv COMPUTERWOCHE
- 4126 Johannsen, Chronologie
- 4127 Diverse Zeitungen, 1986-07-30, BASF SE UA P 909.4, ; Buchenau, Karl-Wilhelm, Bald Festplatten-Laufwerke aus Singapur, Badische Neueste Nachrichten, 1986-07-30, BASF SE UA Lektoratsordner 02
- 4128 N. N., Winchester-Markt: BASF steigt aus, Markt & Technik (Wochenzeitung für Elektronik), 1987-03-27 BASF SE UA Lektoratsordner 31
- 4129 N. N., Eine Lösung auf der Suche nach Problemen, COMPUTERWOCHE Nr. 36 vom 05.09.1986, Archiv COMPUTERWOCHE
- 4130 N. N., BASF bringt 3.5-Zoll-Disk mit 2 MB, COMPUTERWOCHE Nr. 13 vom 27.03.1987, Archiv COMPUTERWOCHE
- 4131 Rudolph, Jochen (BASF Testzentrum Band-Datenmedien), Eine neue Generation von Magnetbändern setzt sich durch, Presseinformation der BASF AG, neunseitiges Typoskript, 1987-10-19, BASF SE UA Lektoratsordner 33;
Rudolph, Jochen, Evolution bei Bändern ist noch nicht abgeschlossen / 3480-Kassetten verdrängen allmählich die Magnetbandspulen, COMPUTERWOCHE vom 04.12.1987, BASF SE UA Lektoratsordner 33 sowie Archiv COMPUTERWOCHE;
ders., Computerbänder zur Datensicherung unentbehrlich / Eine neue Generation von Magnetbändern setzt sich durch, EC Woche (Aarau, CH), 1988-02-24, BASF SE UA Lektoratsordner 33
- 4132 Seggern, Bernd v., 3.5-Zoll-Diskette als Gewinner / 3M setzt auf neue Impulse im EDV-Speichermedien-Markt, Computer-Zeitung, 1988-06-08, BASF SE UA P 909.4
- 4133 Dönicke, Horst, BASF erwartet den Durchbruch Optischer Speicherplatten Mitte der neunziger Jahre, 1989-03-08, BASF SE UA Lektoratsordner 35;
• N. N., Optische Platten, Neuheiten (Mannheim) Nr. 3, Mai/Juni 1989, BASF SE UA Lektoratsordner 36 N890
- 4134 Sauer, Wilfried, BASF weltweit einziger Anbieter von 250-MB-Magnetbandkassetten für 3480-Systeme, Presse-Information der BASF, 1989-08-16, BASF SE UA Lektoratsordner 37
- 4135 Sauer, Wilfried, BASF entwickelt Disketten mit noch höherer Speicherkapazität, Presse-Information der BASF, 1990-03-08, BASF SE UA Lektoratsordner 38
- 4136 Sauer, Wilfried, BASF erwartet steigende Nachfrage nach Magnetbandkassetten 250 MB MTCs für schnellere Roboterzugriffe, 1990-03-08, BASF SE UA Lektoratsordner 38
- 4137 Hildebrand; Emy, Das Zeitalter der Diskette ist noch lange nicht vorbei, COMPUTERWOCHE Nr. 37 vom 14.09.1990, Archiv COMPUTERWOCHE
- 4138 N. N., Computerband Mega 2000, ERFOLG (Bad Wörishofen) Nr. 6, 1991-06, BASF SE UA Lektoratsordner 39
- 4139 pi, Magnetband von BASF vollstaendig wiederverwertet, COMPUTERWOCHE Nr. 14 vom 07.04.1995, Archiv COMPUTERWOCHE, N950407A
- 4140 URL: www.tecchannel.de [2003-08-20]
- 4141 THE FIRST 100 YEARS-C, p. 270
- 4142 URL: www.tecchannel.de [2003-08-20]
- 4143 Die Differenz zu den in Tabelle 28 genannten 31.173 km (Versandmenge!) dürfte mit dem Verlust größerer Mengen von fertigen Produkten bei der Explosion von 28. Juli 1943 zu erklären sein

Tabellen, Statistiken, Informationen, grafische Darstellungen

- 4144 Pflaumer, Karl, Bericht über Fabrikation von Magnetophonbändern, I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Farben-Gruppe, 1945-07-11. Die Tabelle ist im Original ein Querformat, die Monatsnamen sind abgekürzt und die Bemerkungen rechts angeordnet
- 4145 Diese Institution ist bisher nicht bekannt geworden
- 4146 Vermutlich ist der „Reichsautozug Deutschland“ gemeint, eine Propagandaeinrichtung der „Deutschen Arbeitsfront“

ZEITSCHICHTEN: MAGNETBANDTECHNIK

Vierte Ausgabe: 2020 – Seite 770

NACHSPANN
Endnotenverzeichnis

⁴¹⁴⁷ Quelle: Auszüge aus N. N. (Deutsches Rundfunk-Archiv), Auflistung A 43 Rundfunktechnische Unterlagen (Braunbücher), 52-seitige Aufstellung, Stand 2/2007

⁴¹⁴⁸ Quellen:

- N. N., Jahresproduktion der Magnetophonband- und Luvitherm-Fabrik (1937 – 1949; 1950 – 1963), maschinen- und handschriftliche Tabelle o.D., ca. 1960, BASF SE UA P 923
- Robl, Rudolf, „Buch III: Kunststoff - Kapitel 4: Magnetophonband“, Typoskript, 1963, BASF SE UA P 902
- N. N., Die Alizarin-Abteilung in den Jahren 1948 – 1950, o.D. (ca. 1951), Seite 104; BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv J 1201/02 (Ordner Alizarinabteilung, Entwicklung und Jahresberichte 1939 – 1950, Band 3)
- N. N. (Dr. La), Alizarinabteilung / Entwicklung und Jahresberichte 1869 – 1954 / Band 4, Seiten 24/1951, 23/1952, 24/1953 und 25/1954, 1960-06-09, BASF Aktiengesellschaft / Unternehmensarchiv J 1201/02

⁴¹⁴⁹ N. N. (Kuro-Dr. Ol/Dri., BASF Aweta), Aktennotiz Besprechung am 20.2.1953 betr. Magnetophonband BASF, 1953-03-10, BASF SE UA P 917

⁴¹⁵⁰ Hauptquelle: Cabus, Hans-Joachim (?), Referenz-Leerbänder: International genormt, BASF-Information für die Fachpresse, o.D. (ca. 1983-06-15), BASF SE UA Lektoratsordner 24

⁴¹⁵¹ Quelle: http://home.arcor.de/christoph_rose/studerundrevox/wissenswert.htm [2005-05-31]

⁴¹⁵² Hammon, Fritz, Über den Kopiereffekt, Vortrag zur Tonmeistertagung 1966 in Köln; veröffentlicht im Berichtsband dieser Tagung, Seite 75 ff.

Quellennachweise

⁴¹⁵³ Zusammenfassende Beiträge: Finger, Erhard, Die Geschichte des Magnetbandes und die Filmfabrik Wolfen sowie Die Produktion magnetischer Informationsaufzeichnungsmaterialien in Wolfen und Dessau nach dem 2. Weltkrieg, in „Die Filmfabrik Wolfen“, Aus der Geschichte, Heft 6, Mai 2000