GFGF

Langlebige Röhren für die Nachrichtentechnik

GFGF

Denkschrift eines Fachkreises im Techn. Ausschuß der AER

(herausgegeben Jan. 43)

A k t e n v e r m e r k

E 158/47

Fachkreisteilnehmer:		
	Kluge	Vorsitz
	Hässler	AEG
	Maas	Telefunken
	Kleen	"
	Herriger	C. Lorenz
	Wiesner	" "
	Thierbach	Siemens & Halske
	Rath	" "

Inhaltsübersicht

Fragestellung GFGF

A. Die technischen Voraussetzungen

I. Bedeutung der Röhre in der Nachrichtentechnik

1) Anwendungsgebiet

2) Anforderung an Weitverkehrsröhren

3) Typenbedarf an langlebigen Röhren

II. Lebensdauer von Verstärkerröhren

1) Fragen der Konstruktion

2) Fragen der Fertigung

3) Fragen des Betriebes

B. Praktische Folgerungen

1) Begriffsbestimmung und Messung der Lebensdauer

GFGF 2) Einstufung von Weitverkehrsröhren in Lebensdauerklassen

3) Folgerungen

Fragestellung GFGF GFGF

Die Nachrichtenübertragung auf große Entfernung, in erster Linie das drahtgebundene und drahtlose Fernsprechen, Fernschreiben und Fernsehen, sowie die Rundfunkprogrammübertragung, hat sich seit jeher besonderer Röhren bedient, die sich durch erhöhte Zuverlässigkeit auszeichnen und als "Technische Röhren" bezeichnet werden.

GFGF

Im Laufe der letzten Jahre sind weitere Typenreihen in den Wehrmachtsröhren entstanden, für deren Entwurf neben dem Gesichtspunkt der Zuverlässigkeit besonders die Forderung nach Kleinheit und geringem Leistungsverbrauch maßgebend war. GFGF

Neben den beiden Klassen von Behördenröhren gibt es weiterhin die Rundfunkröhren, welche in erster Linie als billige Konsumröhren Bedeutung haben, für die kommerzielle Nachrichtentechnik aber bisher nur in zweiter Linie in Betracht gezogen wurden. Da es möglich ist, daß Rundfunkröhren einen Grad der Zuverlässigkeit erreichen, der ihren Einsatz in bestimmten Behördengeräten rechtfertigt und da dieser Einsatz aus Beschaffungsgründen gelegentlich erforderlich werden kann, werden sie in den folgenden Untersuchungen vergleichsweise am Rande mitbehandelt. GFGF

Im Zuge der aus technischen und wirtschaftlichen Gründen zu fordernden Einschränkung der Zahl der vorhandener und neu entstehenden Röhrentypen muß geprüft werden, ob und in welchem Umfang eine Unterscheidung zwischen Technischen Röhren und Wehrmachtsröhren vom Standpunkt der Anwendung und des Röhrenbaues notwenc ist und wie weit daher das Nebeneinanderbestehen beider Typenklassen auch für die Zukunft erforderlich ist.

Ein Fachkreis, der im Rahmen des TA-AER aus je einem Vertreter der Röhren- und Apparatetechnik der Firmen AEG, Lorenz, Siemens & Halske und Telefunken gebildet wurde, hat das für die Entscheidung der genannten Fragen grundlegende Material zusammengetragen und in vorliegender Ausarbeitung niedergelegt. (Teil A). GFGF

Der Fachkreis hat weiter einige praktische Folgerungen aus den allgemeinen Überlegungen gezogen, die er dem TA-AER zur Entscheidung vorlegt (Teil B).

Diese Ausarbeitung ist zur internen Unterrichtung des TA-AER bzw. der AER gedacht; sie ist in dieser Form nicht zur Weitergabe an die Behörden bestimmt. Ein für diesen Zweck geeigneter Auszug kann leicht hergestellt werden, nachdem der TA-AER über die in Teil B angeschnittenen Fragen Beschluß gefaßt hat.

A. Die technischen Voraussetzungen. GFGF

I. Bedeutung der Röhre in der Nachrichtentechnik

1) Anwendungsgebiet GFGF

Die Elektronenröhre ist als Verstärker, Sender und Gleichrichter bei jeder Nachrichtenübertragung über größere Entfernung in großer Stückzahl als lebenswichtiges Schaltelement beteiligt. Für diese Zwecke geeignete Röhren werden im folgenden als Weitverkehrsröhren bezeichnet. Bestimmend für die Anforderungen an die einzelne Röhre ist die Tatsache, daß eine Vielzahl von Röhren (bis zu über 1000) in Hintereinanderschaltung verwendet werden können, wobei der Ausfall nur einer Röhre die ganze Verbindung unterbrechen kann. Das gilt für drahtlose Übertragung ebenso wie für Drahtstrecken, da die drahtlose Strecke meist ein Glied im Zuge einer Zusammenschaltung von Leitungs- und Funkwegen oder in einer reinen Funk-Relaisstrecke darstellt. Von der folgenden Betrachtung werden größere Senderöhren von 1 kW aufwärts ausgenommen, da diese stets auf höchste Zuverlässigkeit hin gezüchtet werden und deshalb eine Unterscheidung von verschiedenen Typenreihen gegenstandslos ist. Ferner scheiden Röhren aus, die sich noch im Stadium grundsätzlicher Entwicklung befinden, wie z.B. die Dezimeterröhren. GFGF

Es sei auch vorab betont, daß die im folgenden entwickelten Anforderungen nicht allgemein für alle Röhren in Weitverkehrsgeräten gelten. Die erhöhten Anforderungen an Zuverlässigkeit beziehen sich vielmehr hauptsächlich auf die Röhren in Zwischenverstärker- oder Relaisstationen, welche infolge ihrer gegenüber den reinen Endstellen großen Zahl und wegen der durch die Trägerfrequenztechnik bewirkten Bündelung einer Vielzahl von gemeinsam durch einen Verstärker laufenden Gesprächen die Betriebssicherheit der Nachrichtenkanäle in besonders hohem Maße gefährden. Dazu kommt noch, daß die große Zahl der Zwischenämter und ihre räumliche Verteilung in großen Abständen, sowie der steigende Einsatz unbemannter Ämter eine laufende Überwachung erschweren. GFGF

Im Gegensatz dazu gehen die Röhren der reinen Endgeräte mit kleinerer Häufigkeit und vorwiegend nur für den einzelnen Gesprächskanal in die Verbindung ein. Die Häufung zahlreicher Endgeräte an einem Knotenpunkt erleichtert die laufende Überwachung und drängt dazu, wenn nötig, unter Einbuße an Zuverlässigkeit mit Raum- und Strombedarf der Röhren möglichst sparsam umzugehen. Deswegen sind in den folgenden Abschnitten unter Weitverkehrsröhren vornehmlich die Röhren in Zwischenverstärker- und Relaisstellen zu verstehen.

GFGF2) <u>Anforderungen an Weitverkehrsröhren</u> GFGF

Die bisherige Anwendung technischer Röhren in großem Umfang betraf Verstärkertrioden (z.B. Ba-Röhre) in Niederfrequenz-Fernsprechverstärkern. Hierbei mußte neben guten elektrischen Allgemeineigenschaften auf einen engen Spielraum der für die Verstärkung maßgebenden Kenngrößen (Steilheit und Innenwiderstand) und auf gute Konstanz dieser Eigenschaften während der möglichst hochzutreibenden Lebensdauer Wert gelegt werden. Streuung und zeitliche Änderung der Kenngrößen geht bei diesen Verstärkern unmittelbar in die Restdämpfung einer Verbindung ein, für welche nur enge Toleranzen zulässig sind.

GFGF

Neuzeitliche Verstärker und Empfänger benutzen vorwiegend Pentoden. Da die Verstärker meist mehrere Sprachkanäle gemeinsam verstärken, müssen sie durch besondere Schaltmaßnahmen (Gegenkopplung) linearisiert werden. Die Gegenkopplung in dem zur Zeit üblichen Maße verringert bei ein- und mehrstufigen Verstärkern die Verstärkung um Werte zwischen 2 und 6 Neper, das ist ein Faktor von 7...400. Der Verstärkerverlust kann dank der hohen Verstärkung neuzeitlicher Pentoden in Kauf genommen werden. Durch die Gegenkopplung werden aber auch die Krümmung der Kennlinie, Streuungen der Kenngrößen und Schwankungen der Verstärkung in Abhängigkeit von den Speisespannungen herabgesetzt. Infolgedessen ist es nicht mehr notwendig, für Weitverkehrsröhren gesteigerte Anforderungen an <u>Kennlinienverlauf</u> und <u>engen Streubereich der Kenngrößen</u> zu stellen. Streuungen der Steilheit $\pm$ 10 bis $\pm$ 20 %, wie sie von normalen Röhren eingehalten werden, genügen im allgemeinen auch für Weitverkehrsröhren. Es kann Sonderfälle geben, in denen eine Gegenkopplung nicht anwendbar ist, hier müssen unter Umständen engere Toleranzen für die Kenngrößen gefordert werden. GFGF

Dagegen ist die Forderung nach hoher Lebensdauer bei neuzeitlichen Verstärkerröhren noch dringender als bei den früheren Niederfrequensverstärkern, da die Zahl der Röhren im Zuge einer Verbindung größer und die Gesprächszahl je Röhre ebenfalls gewachsen ist. Diese Verhältnisse wurden durch folgende Tabelle verdeutlicht (Tabelle 1).

GFGF

Tabelle 1

GFGF

System	Niederfrequ.	Zweiband	Vierband	Zwölfband	Vielband	Vielband-Vorschlag
a Verstärkerabstand km	140	70	70	35	35	7
b Röhrenzahl je Verstärker	2	4	4	6	8	6
c Röhrenzahl $c = 1000 \frac{b}{a}$ je 1000 km	14	57	57	170	230	860
d Zahl der Gespräche je Leitung	1	2	4	12	200	600
e Zahl der Röhren je 1000 Gespr. km $e = \frac{c}{d}$	14	28	14	14	1,2	1,4
f Gesprächsgefährdung $f = c.d$	14	114	228	2040	46000	516000
g relative Gesprächsgefährdung $g = \frac{f}{14}$	1	8,2	16,3	146	3300	37000

GFGF

Mit zunehmender Mehrfachausnutzung steigt auch die Zahl der Röhren je Leitung (c). Die Zahl der Röhren je Gesprächskilometer (e) bleibt jedoch in der Größenordnung etwa konstant, so daß der absolute Röhrenbedarf der Weitverkehrstechnik auf Draht nur wenig von der Übertragungstechnik abhängen wird. Dagegen steigt die Gesprächsgefährdung des Übertragungssystems durch Röhrenausfall (f), welche als Produkt aus Röhrenzahl je Längeneinheit und Zahl der Gespräche je Leitung definiert wird, außerordentlich rasch (etwa quadratisch) mit dem Grade der Mehrfachausnutzung an. Rein theoretisch könnte man die Forderung vertreten, daß die Lebensdauer der Röhren für Mehrfachausnutzung im Verhältnis g gegenüber der von Röhren in Niederfrequenzverstärkern gesteigert werde. Eine solche Forderung wäre jedoch vom Standpunkt des Röhrenausbaus heute nicht erfüllbar. Um trotzdem eine ausreichende Sicherheit der Weitverbindungen selbst

bei der zu erwartenden beträchtlichen Erhöhung der Verbindungslängen zu erreichen, stehen außer der Gegenkopplung noch weitere technische Mittel zur Verfügung, z.B. automatische Pegelhaltung, selbsttätige Ersatzschaltungen, Fehlersignalisierung usw. Die Forderung nach Sicherheit der Nachrichtenverbindungen ist aber so dringend und sie wird bei der für die Zukunft zu erwartenden Steigerung der Verbindungslängen vermutlich noch sehr viel dringender werden, daß alle zur Verfügung stehenden technischen Mittel zu möglichst weitgehender Erfüllung dieser Forderung eingesetzt werden müssen. Daher darf auf die Erzielung höchster Lebensdauer der Röhren, als eines der wirksamsten Mittel, unter keinen Umständen verzichtet werden. Zu einer sinnvollen Forderung an die Röhre kommt man, wenn man davon ausgeht, daß in regelmäßigen Zeitabständen eine Überwachung aller Röhren vorgenommen werden muß. Dann kann man die Gefahr eines Ausfalls der Strecke durch Röhrenfehler dadurch verringern, daß man bei Entwicklung und Fertigung der Röhren darauf hinarbeitet GFGF

1) den unvorhersehbaren Ausfall von Röhren durch "gewaltsamen Tod" (Fadenbruch, Elektrodenschluß, Gasausbruch u.ä.) möglichst weitgehend auszuschalten;

2) die natürliche Alterung der Röhren durch Kathodenerschöpfung so zu leiten, daß der "Alterstod" in ausreichendem Zeitabstand vorhergesehen werden kann. GFGF

Aus den Betriebsbedingungen der Nachrichtenverbindungen kann man ungefähre Anhalte für die Mindestforderung an die Lebensdauer ableiten. Eine solche Forderung ist natürlich vom Stand der Übertragungstechnik abhängig und kann sich mit diesem ändern; immerhin ist es für die weitere Diskussion nützlich, irgendwelche zur Zeit gültige quantitative Angaben zu machen. Diese kann man daraus ableiten, daß die Mindestlebensdauer ein Mehrfaches des Zeitabstandes der Streckenüberwachungen betragen muß. Geht man von einer monatlichen Überwachung der Strecke (etwa 1000 Stunden) aus, so wird eine Mindestforderung für die mittlere Lebensdauer von etwa 5000 Stunden zweckmäßig sein. Dabei ist noch festzulegen, was unter dem Tod einer Röhre zu verstehen ist. GFGF

Mit Rücksicht auf die Anwendung in linearisierten Verstärkern kann man vorschlagen, eine Röhre als unbrauchbar zu bezeichnen, wenn ihre Steilheit bis um etwa 20 % unter den Kleinstwert abgesunken ist, der für die neue Röhre zugelassen wird. Mit der Bezeichnung einer mittleren Lebensdauer von 5000 Stunden als Mindestwert wurde

GFGF

bereits ausgedrückt, daß höhere Werte anzustreben sind. Beispielsweise ist es sinnvoll, in einem Verstärker, der aus zwei Vorstufen und einer mit einer anderen Röhrentype bestückten Endstufe besteht, wobei die Lebensdauer der Endröhre 5000 Stunden betragen möge, für die Vorstufenröhre eine mittlere Lebensdauer von 10 000 Stunden zu fordern, sodaß die Störgefährdung der Strecke durch beide Typen gleich groß wird. Wenn man so als Maß für die Störgefährdung den Quotienten: Häufigkeit einer Röhrentype in der Strecke durch ihre mittlere Lebensdauer benutzt, so folgt daraus, daß es wünschenswert ist, die Lebensdauer einer Röhrentype proportional zu ihrer Häufigkeit zu erhöhen. Da demnach die Anforderungen an die Röhren hinsichtlich ihrer Lebensdauer sehr verschieden sein können, ist es zweckmäßig, Lebensdauerklassen für die Röhren einzuführen.

GFGF

Besonders wichtig ist neben der Bedingung hoher mittlerer Lebensdauer vom Standpunkt der Betriebssicherheit von Weitverkehrsstrecken die Bedingung, daß der prozentuale Anteil von Kurzbrennern (Röhren mit Lebensdauer unter etwa 200 Stunden) und von Röhren mit anderer innerer Todesursache als die natürliche Alterung so klein wie nur irgend möglich gehalten wird. Denn der Ausfall dieser Röhren kann auch durch einen sorgfältigen Überwachungsdienst nicht vorhergesehen und verhindert werden, sondern führt zu einem Ausfall der Nachrichtenverbindung, sofern nicht verteuernde und nicht für alle Übertragungs-Aufgaben zulässige Ersatzschaltungsmaßnahmen getroffen werden.

GFGF GFGF

Es ist wahrscheinlich, daß eine Vervollkommnung der Technik der selbsttätigen Ersatzschaltung und Fehlersignalisierung es in Zukunft erlauben wird, die Anforderungen an die Lebensdauer von Röhren für die Nachrichtentechnik in extremen Fällen zu mildern. Zur Zeit ist der Gesichtspunkt hoher Lebensdauer bei diesen Röhren der beherrschende; der Fachkreis ist daher der Ansicht, daß die bisherige Bezeichnung "technische Röhren" durch eine zutreffendere ersetzt werden sollte. Hierfür wurden die Bezeichnungen "Weitverkehrsröhren","langlebige Röhren" und "Kettenröhren" vorgeschlagen.

In gleicher Weise wie für alle sonstigen Behördenröhren ist für die Röhren der Nachrichtentechnik zu fordern, daß ihre Liefermöglichkeit bei gleichbleibenden Eigenschaften auf lange Sicht, wenigstens für die zu erwartende Lebensdauer (Betriebsdauer) der mit den Röhren bestückten Nachrichtengeräte sichergestellt wird.

GFGF

GFGF 3) **Typenbedarf an langlebigen Röhren** GFGF

Eine überschlägige Ermittlung ergibt, daß die Nachrichtentechnik für Zwecke, bei denen Langlebigkeit der Röhren gefordert werden muß, nur eine, gemessen an der Mannigfaltigkeit der vorhandenen Typen, verhältnismäßig kleine Zahl von Röhrenarten benötigt. Es sind das

1) **für die Drahtnachrichtentechnik**

GFGF GFGF

Vorstufenpentode	
Vorstufenregelpentode	
Breitbandpentode	
Endstufenpentode	
Leistungsstufenrohr	
Netzgleichrichter	50 mA; 300 V
Netzgleichrichter	100 mA; 500 V
Netzgleichrichter	300 mA; 500 V

2) **für die drahtlose Technik**

zusätzlich zu den Röhren nach 1)

GFGF GFGF

Kurzwellendiode	
Langwellendiode	
Oszillatorröhre	
Mischröhre	
Senderöhre	50 W
Modulationsverstärkerröhre	700 W
Verstärker-Trioden	
Netzgleichrichter	400 mA; 1000 V
Netzgleichrichter	500 mA; 1500 V

unter 2) sind die noch in Entwicklung befindlichen Röhren für kürzeste Wellen nicht mit aufgeführt.

Die angegebenen Typenklassen der Verstärkerröhren werden verdeutlicht durch die Zusammenstellung in Tabelle 2 (Anlage 1),+) in der jeweils in eine Klasse gehörende Typen aus verschiedenen Reihen (Rundfunk, Wehrmacht, deutsche und ausländische Nachrichtenröhren) mit ihren kennzeichnenden Daten zusammengefaßt sind. Für die in diesem Zusammenhang wichtigste Größe, die Lebensdauer, konnten keine Zahlen in die Tabelle aufgenommen werden, da außer den Garantiewerten für einige Röhren keine zuverlässigen und vergleichbaren Angaben zu erhalten waren.

GFGF GFGF

+) nicht mehr vorhanden

II. Lebensdauer von Verstärkerröhren GFGF

Unterschiede hinsichtlich der Lebensdauer zwischen verschiedenen Röhrentypen sind, wenn nicht grobe Fehler in Herstellung oder Anwendung auftreten, durch Faktoren der Konstruktion, der Fertigung und des Betriebes bestimmt. Die wichtigsten dieser Faktoren- und soweit angebbar - ihr quantitativer Einfluß werden in folgendem behandelt.

1) Fragen der Konstruktion

Diese sind in erster Linie Kathodentemperatur, Kolbenwerkstoff und Art der Vakuumdichtung sowie das Vakuumvolumen. Auch die Temperatur der übrigen Elektroden gehört teilweise hierher, teilweise unter die Betriebseinflüsse (s. II - 3). Sie wird dort behandelt.

Kathodentemperatur GFGF

Die Lebensdauer einer Röhre wird ausschlaggebend durch die Kathodentemperatur bestimmt. Die Temperatur von Oxydkathoden liegt um 800° C; sie muß bei hochbelasteten Röhren höher gewählt werden als bei schwacher Kathodenbelastung. Die Kathodentemperaturen der in Tabelle 2 aufgeführten Röhren, soweit sie ermittelt werden konnten, unterscheiden sich bei jeweils zu einer Klasse gehörenden Röhren nur unwesentlich. Bei einem Vergleich ist zu berücksichtigen, daß der Einfluß der Temperatur auf die Lebensdauer in komplizierter Weise von sonstigen Faktoren wie Trägermaterial, Vakuumgüte und Ähnlichem abhängt. Zahlenmäßig wird die Bedeutung der Kathodentemperatur durch den unter II - 3 behandelten Heizspannungseinfluß beleuchtet.

Kolbenmaterial und Vakuumdichtung GFGF

Von allen Glasröhren sind solche aus Weichglas, unter ihnen solche mit Quetschfuß am günstigsten. Je näher die Kathode der Einschmelzstelle benachbart ist, desto geringer ist die zu erwartende Lebensdauer. In dieser Hinsicht verhalten sich verschiedene Konstruktionen (Hartglas, Weichglas) Teller oder Quetschfuß, Glas- oder Metallröhre verschieden günstig. GFGF

Großes Vakuumvolumen bildet zweifellos einen Sicherheitskoeffizienten hinsichtlich Lebensdauer. Bei einer ganzen Anzahl von Wehrmachtsröhren, die unter dem Gesichtspunkt kleinster Abmessungen entworfen wurden, würde durch Vergrößerung der Vakuumreserve sicherlich eine Erhöhung der Lebensdauer (von größenordnungsmäßig 30 %) zu erzielen sein.

GFGF

Es gibt Anwendungsaufgaben für Röhren, bei denen dem Konstrukteur in der Ausnutzung der genannten Faktoren zum Zweck, eine möglichst langlebige Röhre zu erzielen, Grenzen gesetzt sind. Das gilt zum Beispiel bei Verstärkerröhren für höchste Frequenzen, deren Konstruktion bedingt ist durch die Forderung nach größtem S/C-Verhältnis, kleinen Laufzeiten und kleinen Zuleitungsreaktanzen. Diese primären Forderungen stehen teilweise den Konstruktionsregeln für höchste Lebensdauer entgegnen.

2) Fragen der Fertigung GFGF

Es ist aus der Röhrenfabrikation bekannt, daß auch Fragen der Fertigung einen wesentlichen Einfluß auf Güte und Lebensdauer einer Rörentype haben können. Der quantitative Einfluß derartiger Faktoren ist schwer anzugeben, da einmal Fabrikationserfahrungen meist sorgfältig gehütete Betriebsgeheimnisse sind, zum anderen Imponderabilien wie Einarbeitung und Disziplin einer Belegschaft an sich zahlenmäßig nicht zu fassen sind. Immerhin können einige Faktoren von großer Bedeutung qualitativ angeführt werden. Dazu gehören Reinheit und Fehlerfreiheit der Werkstoffe. Besonders die langjährigen Erfahrungen bei der Herstellung von Kleinröhren haben gezeigt, daß man bei diesen zu besonders starker Beachtung der Werkstoffragen gezwungen war. Die Anwendung solcher Erfahrungen auf größere Röhren bedeutet sicherlich einen erheblichen Sicherheitskoeffizienten für die Lebensdauer. GFGF

Ebenso wichtig sind Dauer, Gleichmäßigkeit und Menge der Fertigung.

Die gefertigten Stückzahlen müssen dabei so groß sein, daß eine systematische statistische Fehlerüberwachung einwandfrei durchgeführt werden kann. Die Stetigkeit der Fertigung gewährleistet darüber hinaus größere Wirtschaftlichkeit durch sinkenden Ausfall.

Bei elektrisch und im Herstellungsverfahren gleichwertigen Typen ist im allgemeinen die Röhre überlegen, die in größeren Mengen und bereits seit längerer Zeit gefertigt wird.

3) Fragen des Betriebes GFGF

In den meisten Fällen kann angenommen werden, daß Geräte des Nachrichtenweitverkehrs in normalen, von mechanischen Erschütterungen freien, häufig auch gewarteten Räumen Aufstellung finden. Die hier interessierenden Betriebsbeanspruchungen sind also vorwiegend elektrischer Natur. GFGF

An erster Stelle steht dabei die spezifische Kathodenbeanspruchung, ausgedrückt durch den Kathodenstrom je Watt Heizleistung. Mit steigender spezifischer Kathodenbelastung nimmt die Lebensdauer der Röhre ab. Der Einfluß kann quantitativ durch das Beispiel der RV 12 P 2000 beleuchtet werden, für die bei einer Heizleistung von rund 1 Watt, betrieben mit 10 mA eine mittlere Lebensdauer von etwa 2000 Stunden, mit 2 mA eine solche von etwa 10 000 Stunden gefunden wird. Eine weitere Senkung der Kathoden-Belastung läßt bei der P 2000 keine nennenswerte Lebensdauersteigerung erwarten.

Die Kathodenbelastung ist demnach ein recht wesentlicher Faktor; dieser Tatsache trägt die Praxis dadurch Rechnung, daß häufig in Fällen, in denen hohe Lebensdauer der Röhren wichtig ist, ein an sich für die vorliegende Aufgabe zu großes Rohr mit herabgesetztem Kathodenstrom betrieben wird. GFGF

Ähnliche Gesichtspunkte gelten, wenn auch in einem bei kleinen Verstärkerröhren geringerem Maße für die Beanspruchung der übrigen Elektroden. Maßgebend ist hierbei die Temperatur, die von den Elektroden angenommen wird und die für lebensdauerverkürzende Fehler wie Verschlechterung von Isolation und Vakuum, thermische Gitteremission u.ä. verantwortlich ist. GFGF

In engem Zusammenhang mit der unter II 1) behandelten Frage der Kathodentemperatur steht der Betriebseinfluß, der Abweichungen der Heizleistung vom Sollwert auf die Lebensdauer ausüben können. Bei Heizung der Röhre aus einer ergiebigen Spannungsquelle entsprechen Schwankungen der Heizspannung um ± 5 % Leistungsschwankungen von etwa ± 7,5 % und Temperaturschwankungen (bei Oxydkathoden) von etwa ± 30° C. Im allgemeinen ergibt sich die längste Lebensdauer bei Normalheizung. 10 % Heizspannungserniedrigung haben zum mindesten bei nicht extremer Belastung der Kathode kaum Einfluß, dagegen erniedrigen 5 % Heizspannungserhöhung die Lebensdauer schon deutlich. Für die meisten Nachrichtengeräte der Weitverkehrstechnik muß gefordert werden, daß die Betriebsspannung nötigenfalls durch Regeleinrichtungen sicher innerhalb der genannten Grenzen bleibt. Bei mit vorgegebenem Strom geheizten Röhren (Vorwiderstand, Reihenheizung) ist der Einfluß von Schwankungen auf Kathodentemperatur und Lebensdauer größer als bei Heizung mit vorgegebener Spannung. GFGF

Die bisherige Verstärkeramtstechnik arbeitet mit zentraler Heizstromquelle und Speisung über Sammelschienen. In diesem Fall läßt die Rücksicht auf bequeme Regelung und kleine Leiterquerschnitte bei vorgegebener Heizleistung kleine Ströme und hohe Spannungen vorteilhaft erscheinen. Andererseits sind der Höhe der Fadenspannung aus röhrentechnischen Gründen Grenzen gesetzt. Aus diesen Erwägungen heraus ist die Fadenspannung der bei der Deutschen Reichspost und Reichsbahn verwendeten Röhren zu 18 V gewählt worden (vergl. Tabelle 2).

Werden alle Faktoren zur Erreichung einer hohen Lebensdauer entsprechend ihrer Bedeutung bei Konstruktion und Fertigung berücksichtigt, so lassen sich recht hohe Lebensdauern erreichen. Wie die Erfahrungen mit der direkt geheizten Ba-Röhre mit im Mittel 18 000 Betriebsstunden und an der indirekt geheizten Bi-Röhre mit im Mittel 20 000 Betriebsstunden bestätigt haben. Die gleichen Erfahrungen liegen bei Behördenröhren, die durch Verbesserung von Rundfunkröhren entstanden sind, wie AC 100, vor. GFGF

Demgegenüber haben Kleinröhren, deren Konstruktionsprinzip sich völlig von dem der genannten Röhren unterscheidet, bei schonendem Betrieb mittlere Betriebsdauern von 10 000 Stunden aufzuweisen (vergl. das Beispiel der RV 12 P 2000 bei Betrieb mit 2 mA).

GFGF

B. Praktische Folgerungen GFGF

1) Begriffsbestimmung und Messung der Lebensdauer

Die Lebensdauer bildet nach den obigen Ausführungen eine der wichtigsten Eigenschaften einer Röhre und muß als solche zahlenmäßig erfaßbar sein, besonders wenn verschiedene Röhren bezüglich dieser Eigenschaft miteinander verglichen werden sollen. Die Ergebnisse der bisher durchgeführten Lebensdauerversuche sind dafür weder ausreichend noch allgemein geeignet, da die verwendeten Begriffe und die Meßverfahren nicht einheitlich und meist nicht einmal vergleichbar sind und daher die von verschiedenen Stellen gemachten Angaben einander häufig widersprechen. Es wird deshalb vorgeschlagen, einen Ausschuß oder Fachkreis einzusetzen, mit der GFGF Aufgabe, aufgrund der vorhandenen Erfahrungen Begriffsbestimmung und Meßverfahren für die Lebensdauer von Verstärkerröhren einheitlich und verbindlich festzulegen. Nach diesen Richtlinien sind laufende

und neu zu beginnende Lebensdauerversuche auszurichten, deren Ergebnisse dann die Grundlage für die Aufstellung der zahlenmäßigen (technischen, betrieblichen, lieferungsmäßigen und sonstigen) Bedingungen bilden, die an die Weitverkehrsröhren zu stellen sind.

2) Einstufung von Weitverkehrsröhren in Lebensdauerklassen GFGF

Was man beachten muß, um langlebige Röhren zu erhalten, ist nach A II bekannt, man kann daher Röhren entwerfen, die, richtig hergestellt und betrieben, die für Weitverkehrsstrecken erforderliche hohe Lebensdauer erwarten lassen. Eindeutige und vergleichbare Lebensdauerwerte lassen sich aber nur durch Lebensdauerversuche ermitteln. Es wird deshalb vorgeschlagen, die Lebensdauer der Röhren aufgrund einer objektiven Messung zu ermitteln und hiernach die Röhren in Lebensdauerklassen einzuteilen. Die Stufung der Lebensdauerklassen

nnte ebenfalls eine Aufgabe des genannten Fachkreises sein. Vorläufige und überschlägige Überlegungen des berichtenden Fachkreises haben ergeben, daß bei der Klassifizierung von Röhren als Weitverkehrsröhren folgende Faktoren berücksichtigt werden müssen:

1) Herstellungsgenauigkeit; Richtwert:
Steilheitsstreuung
± (20) %

2) Lebensdauer; Richtlinien: GFGF

GFGF

a) Die Lebensdauer, begrenzt durch eine Abnahme der Steilheit auf (60) % des Sollwertes, muß, ermittelt an einem Kollektiv von (?) Stück, (5000) Stunden betragen. Dabei darf höchstens (1,2) % aller Röhren eine Lebensdauer von (200) Stunden unterschreiten.

b) Die Konstruktion der Röhren muß so sein, daß bei normalem Betrieb (praktisch erschütterungsfrei, Betriebsspannung auf ± 5 % geregelt) höchstens (1) % der Röhren an anderen Ursachen als Emissionsalterung sterben.

3) Sicherstellung des Ersatzes; Richtlinie: GFGF

Die Liefermöglichkeit für "langlebige Röhren" muß für die Lebensdauer von Nachrichtengeräten (wenigstens (15) Jahre) gewährleistet sein.

zu 1) ... 3) Die eingeklammerten Zahlenwerte sind als Beispiele aufzufassen.

3) Folgerungen GFGF GFGF

Wenn nach dem vorgeschlagenen Verfahren die vorhandenen Röhren in Lebensdauerklassen eingestuft sind, wird sich feststellen lassen,

ob in den einzelnen Typenklassen und Lebensdauerklassen wirklich gleichwertige Röhren vorhanden sind bzw. ob Röhren z.B. hoher Lebensdauerklassen noch fehlen. Man wird dann Paralleltypen streichen können bzw. die Entwicklung fehlender Typen in Angriff nehmen. Hierbei empfiehlt es sich, folgende Gesichtspunkte zu beachten: Damit solche Röhren möglichst vielseitig anwendbar sind, ist anzustreben, daß die langlebigen Röhren für Nachrichtenzwecke als abgestimmte Glieder einer allgemeinen Normaltypenreihe erscheinen und als solche universell in allen Zweigen und Spielarten der Übertragungstechnik eingesetzt werden können. Dazu ist in erster Linie eine Normung von Konstruktion (Halterung) und Heizspannung erforderlich. An der Verwirklichung der ersten Bedingung wird bereits im TA 9-Funk gearbeitet, voraussichtlich mit dem Ergebnis, daß für Neuentwicklungen von Röhren die RLM-Norm zugrunde gelegt wir Die zweite Frage der Vereinheitlichung bzw. Beschränkung der Heizspannungswerte bleibt eine wichtige und vordringliche Aufgabe, die von Seiten der gerätebauenden Industrie bei den zuständigen Behörden vorangetrieben werden sollte. Vorab ist eine industrieseitige Abstimmung der anzustrebenden Heizspannungen notwendig. GFGF

Röhren, die aufgrund der oben angegebenen Einstufung als Weitverkehrsröhren erklärt wurden, sollen dann nicht wie bisher nur für kommerzielle Systeme (Post und Bahn), sondern grundsätzlich in allen für die Betriebssicherheit von Weitverkehrskanälen verantwortlichen Nachrichtengeräten Anwendung finden, gleichgültig, welche Behörde oder Firma die Nachrichtenübertragung betreibt.

Zusammenfassend ergeben sich folgende Aufgaben:

a) <u>für den neu zu begründenden Fachkreis</u>:

1) Festlegung des Verfahrens der Lebensdauerprüfung
2) Festlegung der Stufung von Lebensdauerklassen

b) <u>Aufgabe des TA-AER ist es</u> GFGF GFGF

1) über die erforderliche Besetzung der einzelnen Typen- und Lebensdauerklassen im allgemeinen Typenprogramm zu entscheiden,
2) Vorschläge für eine Vereinheitlichung der Heizspannungen vorzubereiten.

GFGF

c) Damit die Röhren verschiedener Lebensdauerklassen sinngemäß eingesetzt werden, ist es erwünscht, daß in einem

für Fragen der Verstärker- und Weitverkehrstechnik zuständigen Kreise Richtlinien zur Bestimmung der für ein bestimmtes Nachrichtensystem erforderlichen Lebensdauerklasse ausgearbeitet werden.

GFGF

gez. Kluge

Wiedergabe einer 1942 erschienenen Ausarbeitung