RADIORAMA

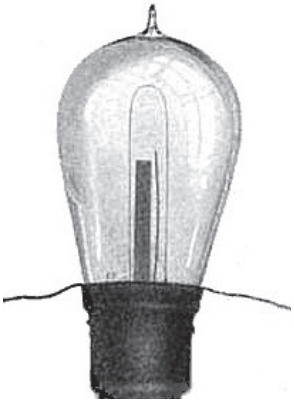
INTERESSANTES FÜR FUNK- UND A/V-LIEBHABER

Nr. 39

Brand-Entdecker...

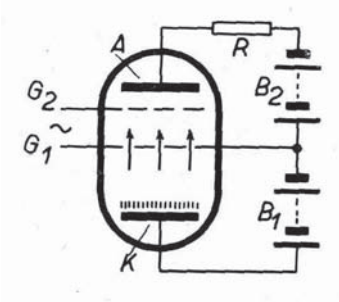
Mit bestem Dank an:
Werner Schefer-Gujer

Ob die Glühlampe von Göbel oder von Edison erfunden wurde spielt hier keine Rolle. Edison jedenfalls hatte das Patent, tätigte damit gute Geschäfte, forschte weiter und machte 1880 eine recht interessante Entdeckung. Er hatte in einer seiner «Birnen» einen Draht eingeschmolzen und konnte in eingeschaltetem Zustand mit dem Elektroskop einen vom Glühfaden zur «Elektrode» fliessenden Strom nachweisen – den «Tanz der Elektronen».



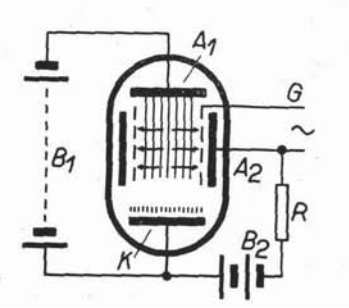
Historische Glühlampe, an der Edison den Effekt beobachtete

«Kopfstrom»-Glimmverstärker:
Mit Hilfe der Batterie B wird zwischen den Elektoden K (Kathode) und G_1 eine Glimmentladung unterhalten (schaffierte Fläche). Von den in der Glimmentladung entstehenden Elektronen wird ein grosser Teil nicht von der gitterartigen Anode (G_1) abgefangen und kann durch die Maschen weiterfliegen (Pfeile). G_1 dient demzufolge als Kathode des folgenden, aus G_2 und A bestehenden Elektrodenssystems. G_2 ist gegen G_1 schwach negativ vorgespannt und dient als Steuergitter. Legt man die zu verstärkende Wechselspannung zwischen G_1 und G_2, so tritt an dem im Stromkreis der eigentlichen Anode A angeordneten Widerstand R die mehr oder weniger verstärkte Wechselspannung auf. Da zur Steuerung ausschliesslich Elektronen herangezogen werden, verhält sich eine solche Röhre ähnlich wie eine Dreipol-Elektronenröhre.



«Wandstrom»-Glimmverstärker:
Die Batterie B_1 unterhält eine Glimmentladung zwischen der Kathode K und der Anode A_1. Im Gegensatz zur «Kopfstrom»-Variante werden hier die Elektronen seitwärts aus der Glimmsäule herausgesaugt. Sie gelangen zum Steuergitter G und schliesslich zur eigentlichen Anode A_2. Wird zwischen G und A2 die zu verstärkende Wechselspannung angelegt, so kann am Anodenwiderstand R die kurvengetreu verstärkte Wechselspannung abgenommen werden.

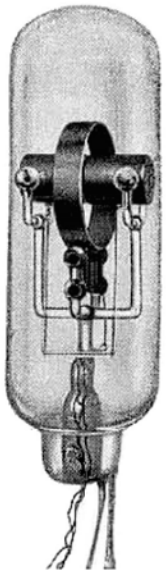
(aus einem Pamphlet unbekannter Herkunft)



Auf dieser Erkenntnis basierte die rund zwanzig Jahre später (1904) von Fleming entwickelte Diode, eine erste «Röhre», kurz darauf entstand – durch Zufügen der «Gitter»-Elektrode – die «Triode» (De Forest, Von Lieben) als verstärkendes Element, das die Welt veränderte, weil sich deswegen der Rundfunk rasant in alle Himmelsrichtungen ausbreitete. Das Weiterentwickeln der Röhren war dann jahrelanges, unglaublich diffiziles Forschen der Laboratorien – zu Beginn vor allem darauf gerichtet, das für die Elektronen-Emission der Kathode am besten geeignete Material zu finden.

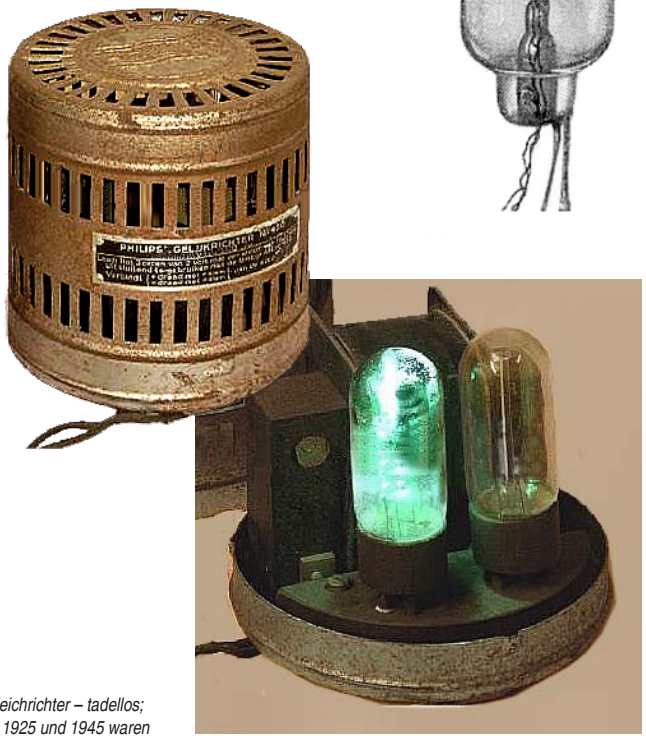
Glimmentladungsverstärker nach Kossel mit Kanalstrahlen-Steuerung durch ein Hilfsfeld.

Abbildung in der Broschüre «25 Jahre Telefunken» (1903 - 1928)



Fleming-Diode

Triode von Lee de Forest (Audion)



Glimm-Gleichrichter – tadellos; zwischen 1925 und 1945 waren diverse «Glimmlicht-Gleichrichter» verschiedener Hersteller zum Aufladen der Radio-Akkus am Markt.

Abbildung: Philips Modl. 450 mit Glimm-Gleichrichter und Eisenwasserstoffwiderstand. (Radiomuseum)

Man experimentierte alternativ zur beheizten Kathode auch mit dem «Glimmentladungs-Prinzip» (Gasentladung) – zwar mit beeindruckendem Erfolg (im NF-Bereich), aber diese Röhren arbeiteten nie stabil und so wurde das Projekt wieder beendet, während sich schnell schaltende «Glimmrelais» anderweitig sehr bewährten, wie der nachfolgende Bericht von Werner Schefer-Gujer zeigt.

Bild 1 Röhrenfertigung bei Cerberus um 1950.

Der zigtausendfache Schaltverstärker

Die Kaltkathodenröhre als Glimmrelais | Ein Steuerstrom von wenigen Mikroampère bewirkt im Glimmrelais die Einleitung eines Stromflusses von mehreren Milliampère. Im Jahr 1932 entwickelte C. Ingram bei Bell Telephon in den USA ein Glimmrelais für spezielle Schalt- und Zähloperationen in Telefonanlagen. Führend in der Weiterentwicklung, Produktion und Anwendung dieses Röhrentyps waren die Schweizer Firmen Cerberus und Elesta.

TEXT WERNER SCHEFER

Vor einem Jahrhundert stellte die Basler Glühlampenfabrik versuchsweise «Elektronen- und Ionenröhren» nach Vorgaben des an der Universität Basel lehrenden Prof. Hans Zickendraht her. Es waren Radiolampen (Trioden), welche in kleiner Stückzahl gefertigt wurden und erstmals 1920 mit der Typenbezeichnung ER1 in der Verkauf gelangten. Wenige Jahre später kam es zu einer Neuordnung der fünf Schweizer Glühlampenfabriken durch die Firma Landis & Gyr. Nach sukzessiver Übernahme der meist in finanziellen Schwierigkeiten steckenden Fabriken wurden um 1925 diejenigen mit aussichtsreicher Glühlampenproduktion zusammengeführt und die übrigen stillgelegt. Grund dafür war der damals noch vorwiegend für Beleuchtungszwecke bezogene Strom. Jede dieser Installationen benötigte einen Elektrizitätszähler für die Stromverrechnung und Glühlampen für den Betrieb; beides verständlicherweise von Landis & Gyr. Die Elektronenröhre hingegen passte nun aber nicht mehr ins Konzept der neu gegründeten «Licht AG, Vereinigte Glühlampenfabriken».

Wachsender Bedarf an Elektronenröhren

Der Anstoss für ein vermehrtes Interesse an eigener Entwicklung und Produktion von Elektronenröhren kam von verschiedenen Seiten. Die Wirtschaftskrise Anfang der 1930er-Jahre zwang die Unternehmen zu Investitionen in neue, Wachstum versprechende Entwicklungen. Immer deutlicher begann sich auch das Ineinandergreifen elektromechanischer und elektronischer Schaltelemente abzuzeichnen (Beispiel: Netzkommandoanlagen). Absehbar war demnach der vermehrte

Bild: Siemens Building Technologies

Einsatz von Elektronenröhren nicht nur in der Hochfrequenztechnik, sondern auch im Steuer- und Leistungskreis von Wechselstromanlagen. Im Bau von Mutatoren, einem speziellen Typ von Hochleistungs-Quecksilberdampf-Gleichrichterröhren, erlangte die Firma Brown Boveri (BBC) schon in den 1920er-Jahren eine führende Stellung. 1936 erfolgte bei BBC, nun auch in Richtung Hochfrequenztechnik, der volle Einstieg ins Elektronenröhrengeschäft. An die zehn Schweizer Firmen wagten diesen Schritt und vertrieben ihre Produkte im In- und Ausland.

Die ETH Zürich feierte 1930 ihr 75-Jahr-Jubiläum. Dem Elektrotechnischen Labor wurde damals ein eigenes, von Prof. Franz Tank entwickeltes Hochfrequenzlabor angegliedert. Begründet wurde es mit der wachsenden Bedeutung der Radiotechnik. Nebst der praktischen Einführung in das Hochfrequenzgebiet und das weitverzweigte Gebiet der Elektronenröhren war das Labor auch für die Forschungsarbeit der Schwingungslehre gedacht. Franz Tank vermochte nicht wenige leitende Mitarbeiter und Firmengründer in ihrer Studienzeit für die Fachrichtung Elektronenröhren zu begeistern. Die 1937 an der ETH gegründete Abteilung für industrielle Forschung (AFIF) unter der Leitung von Fritz Fischer trug ein Weiteres dazu bei.

Eigenschaften und Funktion des Glimmrelais

Die Kaltkathodenröhre gehört zur Gruppe der Gasentladungsröhren. In ihrer Funktion als Glimmrelais erlangte sie in Überwachungs- und Steuerungsanlagen ihre grösste Verbreitung. Qualitätsmerkmale sind die lange Lebensdauer, eine hohe Stabilität und der verlustfreie Betrieb im ungeschalteten Zustand. Mit geringstem Steuerstrom lässt sich ein Relais aktivieren (daher auch als Relaisröhre bezeichnet) und das mittels einfachst konzipierter Schaltkreise.

Eine Glimmlampe besteht aus einer mit Edelgas gefüllten Röhre, in der sich zwei planparallele Metallplatten im Abstand einiger Millimeter befinden. Legt man an diese über einen Begrenzungswiderstand eine kleine Gleichspannung an, passiert vorerst nichts. Erhöht man diese Spannung bis zu einem bestimmten Wert (Zündspannung), beginnt plötzlich Strom zu fliessen. Dieser Stromfluss erfolgt durch äussere Einwirkung (kosmische Strahlung, Radioaktivität), welche einzelne Fremd- oder Zufallselektronen entstehen lässt. Diese werden zur Anode hin beschleunigt und stossen unterwegs mit neutralen Gasmolekülen zusammen.

Je nach Energie des Elektrons wird das Gasmolekül auf ein energiereicheres Niveau gebracht (metastabiles Atom), wobei ein Teil der Moleküle die Energie durch Lichtemission wieder abgibt (Photon). Oder es wird ein Elektron des gestossenen Gasmoleküls befreit, woraus ein positives Ion und ein zusätzliches Elektron entstehen. Jedes weitere Elektron kann auf dem Weg zur Anode hin weitere Gasmoleküle ionisieren; eine Elektronenlawine entsteht. Übrig bleiben Photonen, metastabile Atome und positive Ionen, von denen ein Teil zur Kathode gelangt und dort zu weiteren Elektronenauslösungen führt. Diese bilden ihrerseits Lawinen und diese wieder Elektronen. Aus der Summe dieser Effekte resultiert der Strom der Glimmentladung.

Nach eingeleiteter Entladung sinkt die Spannung bei sehr kleinen Strömen (0,1 µA bis 1 mA); im Bereich von 1 bis 50 mA bedeckt sich die ganze Kathodenoberfläche mit Glimmlicht, ohne dass die Spannung über den beiden Metallplatten ansteigt. Dieser Effekt der stabilen Brennspannung wird bei den Stabilisatorröhren genutzt **(Bild 2, Kurve A)**. Bei noch grösserem Strom wird die Kathode durch den Aufprall der positiven Ionen so stark aufgeheizt, dass sie Glühelektronen emittiert. Eine weitere Steigerung des Stroms führt erst zu einem Anstieg, dann zum Zusammenbruch der Spannung; es entsteht ein Lichtbogen, der zur Zerstörung der Röhre führen kann. Die Bogenentladung wird beim Überspannungsableiter und bei der Hochstromimpulsröhre genutzt.

Bei der Steuerung der Röhre wird von einer Verkleinerung der Zündspannung bei vorhandenem kleinen Fremdstrom Gebrauch gemacht **(Bild 2, Kurve B)**. Durch diese Einspritzung von Ladungsträgern schafft man die Bedingung, welche die Zündung der Hauptstrecke durch eine sonst ungenügende Spannung ermöglicht. Die Einspritzung des Steuerstromes erfolgt mit einer separaten Starteranode mit stark

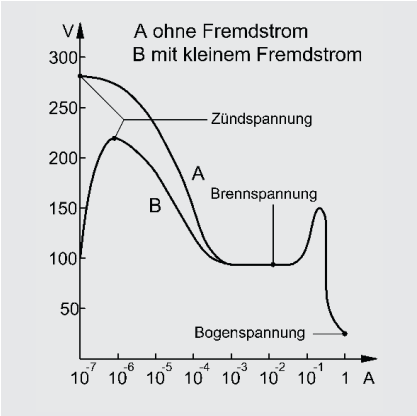


Bild 2 Kennlinie der Kaltkathodenröhre.

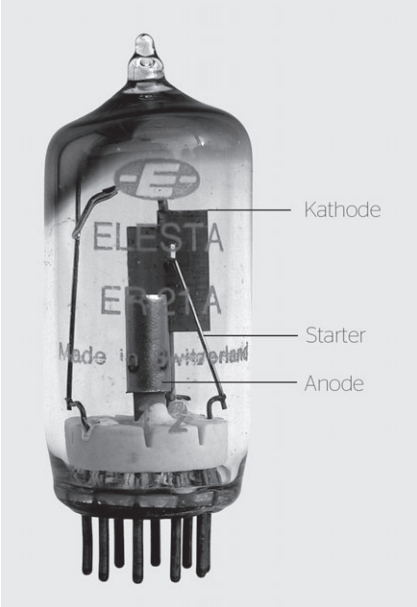


Bild 3 Glimmrelaisröhre Typ ER 21A.

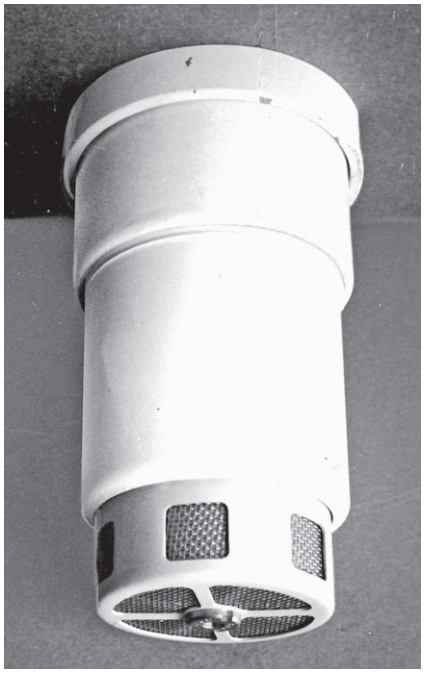


Bild 4 Ionisationsmelder F3.

Bilder: Elesta AG; Siemens Building Technologies AG

Bild 5 Messestand an der Muba 1953 mit dem Ionisationsmelder F3.

Bild 6 Neues Fabrikgebäude in Männedorf 1958.

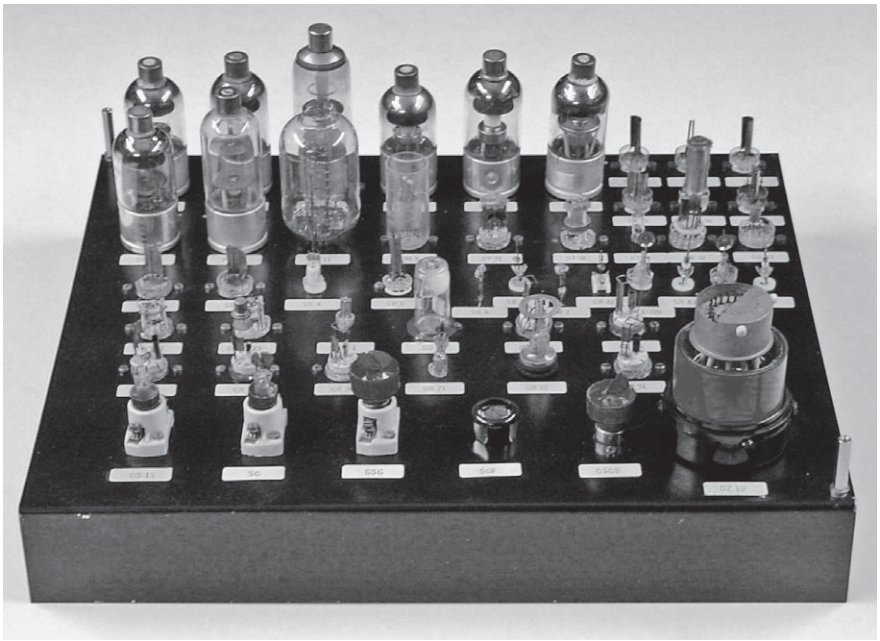


Bild 7 Ein Grossteil der bei Cerberus entwickelten und produzierten Kaltkathodenröhren.

vermindertem Abstand zur Kathode **(Bild 3)**. Unterbrechen lässt sich ein einmal eingeleiteter Stromfluss nur durch kurzzeitiges Absenken der Anodenspannung unter die Brennspannung. Bei geeigneter Asymmetrie der Elektroden resultiert bei Wechselspannungsbetrieb von Steuer- und Hauptstrecke ein Gleichrichtereffekt auf der Hauptstrecke. Dieser Röhrentyp ER21A von Elesta lässt sich mit Gleich- und Wechselspannung betreiben.

Cerberus AG

Drei Physiker – Walter Jäger als Gründer, Ernst Meili als Technischer Leiter und Hans Lutz von Gugelberg als Entwickler von Kaltkathodenröhren – prägten die Anfangszeit von Cerberus (1941 bis 1953). Die Beteiligung des Unternehmens Elektrowatt sicherte den finanziellen Rückhalt, erwies sich doch die Herstellung eines Ionisations-Feuermelders als ausserordentlich schwierig.

Wohl gab es in den 1920er-Jahren schon Ansätze für die Verwendung einer Ionisationskammer zur Früherkennung von Rauch und Verbrennungsgasen. Deren Detektierung in der Ionisationskammer lässt sich mit einer signifikanten Veränderung eines Höchstohm-Widerstandes vergleichen. Mit einer kleinen Menge radioaktivem Radium wird die Luft in der Kammer ionisiert. Eine Spannung wird an die zwei darin platzierten Elektroden angelegt und im entstehenden elektrischen Feld kommt es zur Wanderung der ionisierten Luftmoleküle; der resultierende Stromfluss beträgt wenige Nanoampère. Eindringende Rauchteilchen (Aerosole) lagern sich an diesen Ionen ab und reduzieren ihre Beweglichkeit und somit auch den Stromfluss, was einer Erhöhung des Widerstandes gleichkommt.

Zwei gleichartige in Reihe geschaltete Kammern – die eine offen, die andere geschlossen – liegen an einer Spannungsquelle; bei gewöhnlicher Umgebungsluft stellt sich über ihnen dieselbe Spannung ein. Ist die Luft mit Verbrennungsgasen durchsetzt, steigt die Spannung über der offenen Kammer an und löst über die Starteranode eines im Melder integrierten Glimmrelais den Schaltvorgang aus. Dieses hochempfindliche Glimmrelais mit millionenfacher Schaltverstärkung erforderte eine auf Spitzenqualität ausgelegte Röhrenproduktion **(Bilder 1 und 4)**.

Bilder: Siemens Building Technologies AG

Bild 8 In den Einbrennbuchten erhalten die Röhren ihre Endqualität.

Mit dem 1946 lancierten F2-Feuermelder gab es die ersten ermutigenden Resultate. Der grosse Durchbruch brachte der erstmals 1951 an der Muba gezeigte Typ F3 **(Bilder 4 und 5)**. 1958 erfolgte der Umzug von Bad Ragaz nach Männedorf **(Bild 6)**. Bis 1979 war Ernst Meili der «Dreh- und Angelpunkt» von Cerberus; von deren Anfängen als Kleinbetrieb bis zum weltweit tätigen Unternehmen mit knapp 2000 Mitarbeitern. Rund fünf Millionen Ionisationsmelder wurden insgesamt mit dem Glimmrelais bestückt; ab 1967 kamen erste Serien mit Transistorschaltungen zur Auslieferung. Namhafte Kunden bevorzugten noch über mehrere Jahre weiterhin die ihnen als äusserst zuverlässig bekannte Glimmrelais-Ausführung.

Cerberus stellte eine ganze Palette von Kaltkathodenröhren **(Bild 7)** her. Von einfachen Glimmlampen und Überspannungsableitern über mehrere Typen von Stabilisatorröhren, Glimmrelais, Zähl- und Ziffernanzeigeröhren bis hin zu Hochstromimpulsröhren. Anfang der 1980er-Jahre gingen die letzten Röhren in Produktion. Heute ist Cerberus Teil der Gruppe Siemens Building Technologies AG.

Elesta AG

Nach Studienabschluss trat H.L. von Gugelberg 1947 in die Firma Cerberus ein. Zu seinen Aufgaben gehörte die Weiterentwicklung des im Feuermelder verwendeten, hochempfindlichen Glimmrelais. Eine Vertiefung der daraus gewonnenen Kenntnisse brachte ihm eine zweijährige Tätigkeit bei den Bell Laboratories (New Jersey, USA). 1950 kehrte er zurück zu Cerberus und war als Entwicklungsleiter erheblich am Markterfolg des F3-Feuermelders beteiligt. Drei Jahre später gründete er mit seinem Bruder Andreas die Firma Elesta, welche 1954 die Produktion von elektrischen Steuerapparaten aufnahm. Anfänglich noch mit Cerberus-Röhren bestückt, kamen schon 1956 Kaltkathodenröhren aus eigener Produktion zum Einsatz **(Bild 8)**.

Im Vordergrund stand die Entwicklung und Produktion von Steuerapparaten, deren Funktion mit Kaltkathodenröhren technisch wie kommerziell am vorteilhaftesten zu erreichen war. In eigener Fabrikation wurden auch sämtliche für die Röhren und Schaltfunktionen passenden Relais hergestellt. Röhren und Relais sollten aber nicht nur in Elesta-Geräten Verwendung finden. Durch die rasche Verbreitung der Kaltkathodenröhre in industriellen Geräten gewann dieser Absatz denn auch an Bedeutung. So entstand in wenigen Jahren mit Elesta in der Region Sarganserland ein weiterer wichtiger Arbeitgeber **(Bild 9)**.

Relaisröhren und Stabilisatorröhren wurden in grossen Stückzahlen produziert; rund eine Million vom Typ ER21A **(Bild 3)**. Anfang der 1960er-Jahre standen vergleichbare Röhren auch in Sub-

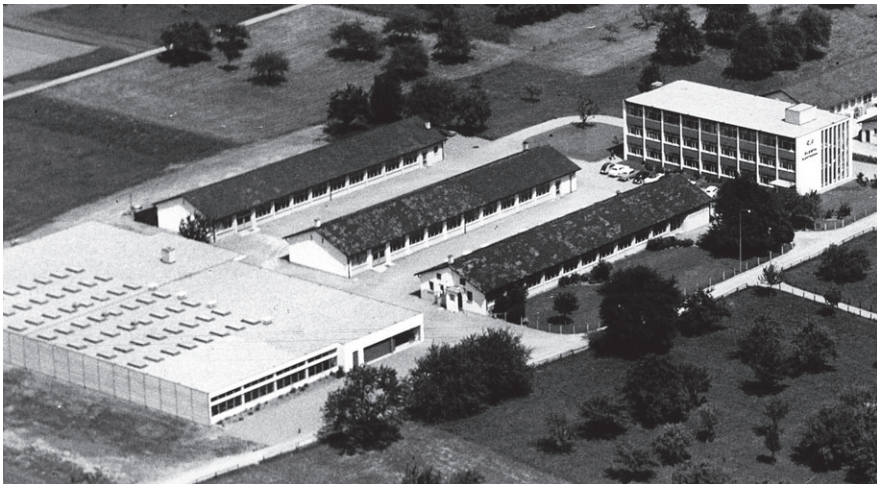


Bild 9 Die Gebäude der Firma Elesta, Bad Ragaz, im Jahre 1962.

Bilder: Elesta AG

Bild 10 Erstmals an der Muba 1957 gezeigte Zählröhre.

miniaturausführung für direktes Einlöten zur Verfügung. Die in Kleinserien hergestellte Zählröhre EZ10 zeichnete sich durch kleine Abmessungen und hohe Zählgeschwindigkeit aus **(Bild 10)**. Funktional vereint die Zählröhre einen dekadischen Zählkreis,

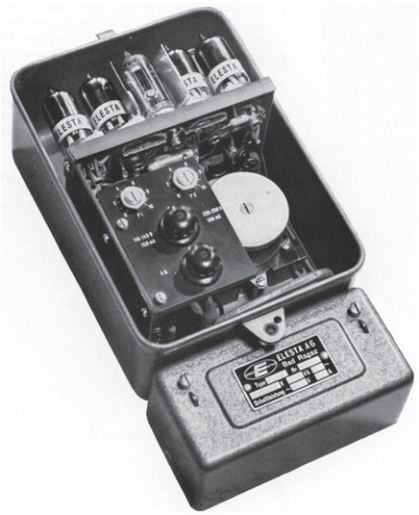


Bild 11 An der Muba 1956 vorgestellter Dämmerungsschalter.

gebildet aus zehn einzelnen, entsprechend verschalteten Glimmrelais. Auch diese Entwicklung nahm in den Bell-Laboratories ihren Anfang. Zum Gerätesortiment gehörten in erster Linie die verschiedenen Ölfeuerungsautomaten, dann die diversen Zeitrelais für den Kurz- und Langzeitbereich, weiter die Dämmerungsschalter **(Bild 11)**, Lichtstrahlsteuerungen und Kontaktschutzrelais sowie der mit EZ10-Röhren bestückte Dekadenzähler.

Der Unfalltod von Hans Lutz von Gugelberg 1961 traf Entwicklung und Produktion in gleichem Masse. Hinzu kam die sich vermehrt abzeichnende Ablösung der Kaltkathodenröhren durch Halbleiterelemente. Veränderte Besitzverhältnisse und eine teils neue Ausrichtung führten zu Wachstum in der Produktion elektronischer Schaltapparate; rückläufig entwickelte sich ab Mitte der 1960er-Jahre der Röhrenumsatz. Rund 700 Mitarbeiter betrug die Belegschaft beim 20-Jahr-Firmenjubiläum und mehr als 20 Auslandvertretungen gehörten zum Vertriebsnetz. Um 1980 erfolgte die Einstellung der Röhrenproduktion und 1996 wurden die Akten der «alten Elesta» geschlossen. Relais und Sensorik finden sich auch wieder im Angebot der beiden Nachfolgefirmen.

Literatur

→ Eduard Willi, Schweizer Elektronenröhren 1917 – 2003, ISBN 13978-3-033-0052-5 (Quelle der Elesta-Fotos).
→ Zum 75. Jubiläum der ETH Zürich, Bulletin SEV/VSE 1930/21, S. 685–691.
→ Ernst Meili, Ionisations-Feuermelder, Bulletin SEV/VSE 1952/23, S. 933–939.
→ Ernst Meili, Mein Leben mit Cerberus, Stäfa, 1985.
→ Hans Lutz von Gugelberg, Kaltkathoden-Röhren, Bulletin SEV/VSE 1953/3, S. 81–87.
→ Christian Padrutt, 20 Jahre Elesta AG, Sarganserländer-Druckerei, Terra Plana Nr. 8/1973.
→ Pioniere der Wirtschaft, Karl Heinrich Gyr, ISBN 978-3-909059-57-7.

Autor

Werner Schefer, dipl. El.-Ing. HTL
→ Felsenhofstrasse 2, 8340 Hinwil
→ w.schefer-gujer@pop.agri.ch

RÉSUMÉ

L'amplificateur de commutation de l'extrême

Le tube à cathode froide en tant que tube commutateur à gaz

Un tube commutateur à gaz est un tube à cathode froide, c'est-à-dire un tube de décharge à gaz n'impliquant pas de préchauffage. Il a été conçu à des fins d'éclairage et appliqué en tant que stabilisateur de tension et tube relais.

Un courant de commande de quelques microampères provoque le déclenchement d'un courant électrique de plusieurs milliampères dans le tube commutateur à gaz. En 1932, C. Ingram de Bell Telephon aux États-Unis, a conçu un tube commutateur à gaz spécialement adapté pour les opérations de commutation et de comptage dans les installations téléphoniques. Les sociétés suisses Cerberus et Elesta ont été les leaders pour le développement, la production et l'application de ce type de tubes. Ils ont été appliqués, par exemple, dans des détecteurs ioniques capables de détecter la fumée et les gaz de combustion très rapidement. Le détecteur d'incendie F2, lancé en 1946 par Cerberus, a donné les premiers résultats encourageants. Le type F3, présenté pour la première fois à la Muba de 1951, a permis la commercialisation. Un total d'environ 5 millions de détecteurs ioniques a été équipé d'un tube commutateur à gaz et les premières séries avec circuit à transistors ont été commercialisées à partir de 1967. NO

Bilder: Elesta AG

Johannes M. Gutekunst, 5102 Rupperswil (Kontakt: johannes.gutekunst@sunrise.ch)
verbunden mit der Gesellschaft der Freunde der Geschichte des Funkwesens
und Radiomuseum.org

GFGF

Radiomuseum