Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 53 (1962)

Heft: 2

Artikel: Moderne Sende- und Spezialröhren

Autor: Branz, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916903

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Moderne Sende- und Spezialröhren [1])

Von *E. Branz*, München

621.385 + 621.396.694

1. Einleitung

Die folgenden Ausführungen sollen einen Überblick über moderne Sende- und Spezialröhren und deren Anwendung in der heutigen Technik geben.

Die Aufteilung der Elektronenröhren in Rundfunk-, Sende- und Spezialröhren wurde nach kommerziellen Gesichtspunkten durchgeführt. Der Anwenderkreis für Sende- und Spezialröhren ist ein vollkommen anderer als der für Rundfunkröhren. Deshalb kann man Rundfunkröhren in fast jedem Elektrogeschäft über den Ladentisch kaufen, während die Lagerung und der Verkauf von Sende- und Spezialröhren nur bei einer Anzahl von Verkaufsstellen grosser Elektrofirmen möglich ist. Sende- und Spezialröhren können nach Eigenschaften und Anwendungsgebieten in folgender Weise aufgeteilt werden:

Senderöhren:

a) Senderöhren grosser Leistung für Rundfunk, Fernsehen, Nachrichtenübertragung und HF-Generatoren der Industrie,

b) Senderöhren kleiner Leistung in Verkehrsfunkanlagen und Navigation.

Spezialröhren:

a) Röhren in Spezialverstärkern, z. B. für industrielle Steuer- und Regeleinrichtungen, Elektronenrechner, Funk- und Ortungsgeräte der See- und Luftfahrt,

b) Röhren für die Weitverkehrstechnik mit der besonderen Gruppe der Höchstfrequenzröhren zur Übertragung von Nachrichten in modernen Vielkanaltelefoniesystemen.

c) Geiger-Müller-Zählrohre für die Messung und Untersuchung von radioaktiven und Röntgen-Strahlungen,

d) Kathodenstrahlröhren in Oszilloskopen der elektronischen Messtechnik,

e) Gasgefüllte Röhren für Steuer-, Zähl-, Schalt- und Regeleinrichtungen.

2. Senderöhren

Senderöhren unterscheiden sich in ihrer grundsätzlichen Wirkungsweise nicht von den anderen gittergesteuerten Röhren, wohl aber in ihrer Technologie und im mechanischen Aufbau. Die hohen Leistungen bei einem Wirkungsgrad von etwa 80 % zwingen zu konstruktiven Massnahmen, um die Verlustwärme abzuführen. Man verwendet hiefür Strahlungskühlung, forcierte Luft- sowie Wasser- und Verdampfungskühlung, während die Wärmeleitung nur bei kleinsten Senderöhren für die Kühlung ausreichend ist.

In Fig. 1 sind eine Reihe von strahlungs-, luft-, wasser- und verdampfungsgekühlten Senderöhren dargestellt. Das Leistungsspektrum erstreckt sich bei Senderöhren von 400 kW bei 10 MHz bis etwa 10 kW bei 1000 MHz. Die hohe Leistung bei 1000 MHz ist den Fortschritten der letzten Jahre, insbesondere auf technologischem Gebiet zu verdanken. Fig. 2 zeigt eine Sendetetrode, die in Metall-Keramik-Technik hergestellt wurde. Diese Röhre gibt in einem Band-V-Fernsehsender eine Leistung von 10 kW ab. Sie bringt Vorteile in der Montage und auch im Betrieb eines derartigen Senders. Der Röhrenwechsel z. B., wie ihn Fig. 3 zeigt,

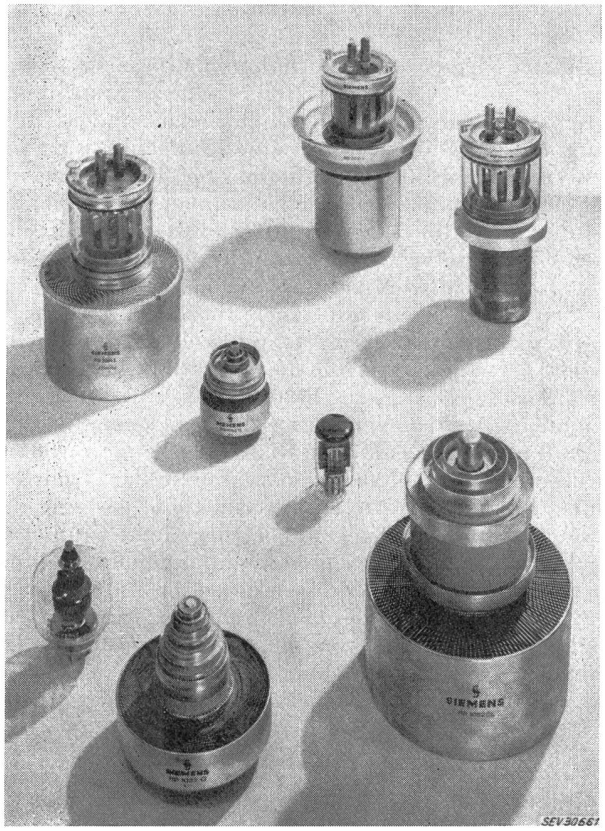

Fig. 1
Senderöhren moderner Konstruktion

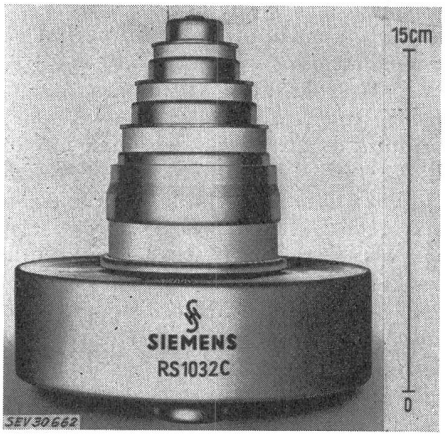

Fig. 2
Luftgekühlte Sendetetrode für Fernsehsender
Keramikausführung

[1]) Vortrag, gehalten an der Elektronik-Tagung im Rahmen der Schweiz. Ausstellung für Fernsehen, Elektronik, Radio/Phono am 1. September 1961 in Zürich.

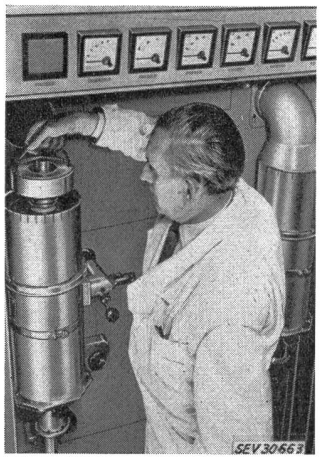

Fig. 3
Fernsehsender, 470...790 MHz
Röhrenwechsel
am 20-kW-Leistungsverstärker

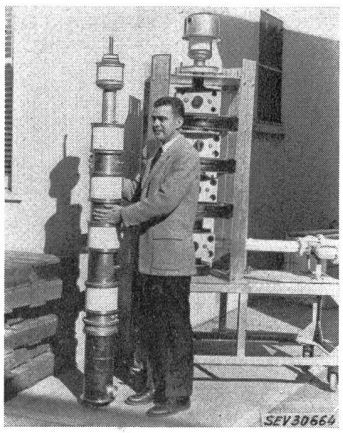

Fig. 4
Vierkreis-Klystron

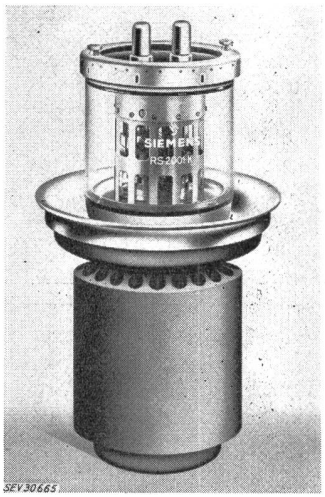

Fig. 5
Senderöhre
mit Verdampfungskühlung

ist in wenigen Sekunden vorgenommen. Die Verwendung von Klystrons für Fernsehsender in dem Frequenzgebiet bis 800 MHz erscheint umständlicher und auch kostspieliger. Ein solches Klystron zeigt Fig. 4. Die Schmalbandigkeit des Klystrons zwingt zu einer Lagerhaltung von mindestens 2 Typen für die Frequenzbereiche von 400...600 MHz und von 600...900 MHz. Mit einer gittergesteuerten Senderöhre kann dagegen das gesamte Frequenzband bis 900 MHz überstrichen werden.

In modernen Gross-Sendeanlagen wird meist Verdampfungskühlung verwendet. Die in Fig. 5 gezeigte Senderöhre mit Verdampfungskühlung hat eine zulässige Anodenverlustleistung von 110 kW gegenüber 60 kW der wassergekühlten Ausführung.

Ausser für Rundfunk- und Fernsehsender hat sich die Anwendung der Senderöhren auch auf industriellem Gebiet stark ausgedehnt. Senderöhren jeder Grösse sind vor allem in den Hochfrequenzgeneratoren der Industrie von steigendem Interesse. Sie werden z. B. in der Härterei, bei Holztrocknungsanlagen und in der Plastikschweissung verwendet.

In Fig. 6 ist ein 12-kW-Hochfrequenzgenerator zu sehen, in dem zwei Röhren eingesetzt sind. Hier wird Wasserkühlung bevorzugt, da die Verdampfungskühlung bei Hochfrequenzgeneratoren einen für Anlagen in Fabrikräumen zu umfangreichen Apparat erfordert. Dieser Hochfrequenzgenerator dient zum Härten von Ventilen für Verbrennungsmotore.

Fig. 7 zeigt beispielsweise eine Hochfrequenz-Parkettverleimungsanlage mit einem 6-kW-Generator.

Der Betrieb der Röhren in Hochfrequenzgeneratoren stellt an diese besondere Anforderungen, von denen die wichtigsten sind:

1. Bedienung durch Nicht-Fachleute;
2. Rauhe Umwelteinflüsse;
3. Meist stark schwankende Belastung;
4. Intermittierender Betrieb;
5. Netzspannungsschwankungen;
6. Stromversorgung mit ungefilterter Anodengleichspannung;
7. Erschütterungen während des Betriebes, besonders bei fahrbaren Geräten.

Bei steigender Frequenz ist der Anwendung der einzelnen Röhrentypen durch die vorhandenen Kapazitäten zwischen Eingang und Ausgang sowie durch die Induktivitäten und Elektronenlaufzeiten eine Grenze gesetzt. Will man stabil arbeitende Sender bauen, so muss die Rückkopplung vom Ausgangs- zum Eingangskreis möglichst gering gehalten werden. Dies gelingt bis zu 200 MHz mit Trioden zum Teil in Gitterbasisschaltung. In diesem Falle sind Röhren mit grosser Steilheit und kleinem Durchgriff, d. h. grossem Verstärkungsfaktor vorteilhaft. Steilheiten von 40...60 mA/V sind ohne weiteres zu erreichen. Der Verstärkungsfaktor liegt etwa bei 65.

Beim Übergang zu noch höheren Frequenzen muss man Tetroden verwenden, um kleinere Kapazitäten zwischen Anode und Kathode zu erreichen. Als Röhrentypen sind RS 1032 C mit einer Spitzenleistung von 10 kW und die RS 1052 C mit einer Spitzenleistung von 2,2 kW bei etwa 800 MHz zu nennen. Diese beiden Röhrentypen gibt es nur in luftgekühlter Ausführung, welche eine einfache Konstruktion der Topfkreise zulässt. Erwähnenswert ist, dass auch diese Röhren für höchste Frequenzen mit einer thorierten Wolframmaschenkathode ausgerüstet sind, wobei jede einzelne Masche verschweisst ist, um die Induktivität der Kathodenzuleitung gering zu halten und eine möglichst gleichmässige Stromverteilung zu erreichen.

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Senderöhren ist durch die Einseitenband-Übertragung in der Nachrichtentechnik beeinflusst. Diese ermöglicht es, mit der halben Bandbreite gegenüber der herkömmlichen Zweiseitenband-Übertragung auszukommen. Die hiefür geeigneten Röhren müssen eine hohe Linearität in der Senderendstufe besitzen, um die erforderliche Übersprechdämpfung von 40...45 db garantieren zu können. Für diese Bedingungen wird bei Siemens eine 30-kW-Tetrode in Metall-Keramik-Technik hergestellt.

3. Spezialröhren

Unter diesen gewinnen die *Spezialverstärkerröhren* bei ihrem Einsatz in der kommerziellen Technik immer mehr an Bedeutung. Diese müssen im Hinblick auf die erforderliche Betriebssicherheit eine lange

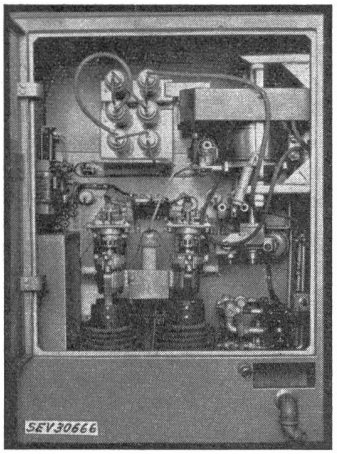

Fig. 6
Hochfrequenzteil eines 12-kW-Hochfrequenzgenerators

Lebensdauer und eine hohe Zuverlässigkeit besitzen. In industriellen und mobilen Anlagen wird eine erhebliche Stoss- und Erschütterungsfestigkeit verlangt. Schliesslich ist auch die Einhaltung enger Toleranzen bei fabrikneuen Röhren und während der Lebensdauer für den Anwender vorteilhaft.

Fast alle Spezialröhren sind mit einer zwischenschichtfreien Spezialkathode ausgerüstet, die auch einen Betrieb der Röhren mit anodenstromlosen Pausen bei eingeschalteter Heizung ohne wesentliche Änderung der Eigenschaften gestattet.

Um alle diese Bedingungen zu berücksichtigen, muss die Entwicklung und Fertigung von Spezialverstärkerröhren ein Höchstmass an Präzision und Qualität sicherstellen.

Ein umfangreiches Programm international eingeführter Typen umfasst Trioden, Dioden, Doppeltrioden, Pentoden und Stabilisatoren. Sie finden ihre Anwendung z. B. im Regel- und Schaltgerätebau, in Signal- und Steuereinrichtungen, beweglichen Funkanlagen, z. B. in Taxifunkgeräten, in Industriefernsehanlagen, in Oszilloskopen, in Fernsehanlagen für Grossbanken, Baustellen, Verkehrssteuerungen, in elektromedizinischen Geräten sowie in der Studiotechnik der grossen Rundfunk- und Fernsehsender, d. h. überall dort, wo auf eine hohe Betriebssicherheit der Geräte Wert gelegt wird. Auch den Anforderungen des Einsatzes in militärischen Geräten werden diese Röhren gerecht. Sie erfüllen zum grössten Teil die Bedingungen der MIL-E-1D-Vorschrift der amerikanischen Army, Navy sowie der Air Force.

Unter den Spezialverstärkerröhren sind Typen, die für fast jede Anwendungsart besondere Vorzüge haben, wie z. B. die E 235 L mit einem geringen inneren Leistungswiderstand von nur 100 Ω. Die Röhre ist daher als Längsröhre für geregelte Stromversorgung in der Technik kommerzieller Geräte hervorragend geeignet.

Ein anderer Röhrentyp, die Doppeltriode E 88 CC wird in den meisten Antennenverstärkern des Lang—Mittel—Kurzwellenbandes und der Fernsehbänder I bis III verwendet. Für die einzelne Röhre wird, wie für alle Spezialverstärkerröhren langer Lebensdauer, eine solche von 1 Jahr gewährleistet, während die mittlere Lebensdauererwartung bei den meisten Spezialverstärkertypen weit höher ist. Bei der Röhre E 88 CC kann beispielsweise eine mittlere Lebensdauer von etwa 25 000 h erzielt werden. Diese gilt für den Betrieb einer Röhre bei den im Datenblatt angegebenen Kenndaten unter maximaler Belastung der Anode.

Neben der langen Lebensdauer ist als weiteres Qualitätsmerkmal die Zuverlässigkeit zu nennen. Unter der Zuverlässigkeit der Röhren versteht man die Wahrscheinlichkeit, mit der sie während einer gewissen Zeitspanne innerhalb der vorgeschriebenen Toleranzen bleiben. Normalerweise wird an Stelle der Zuverlässigkeit die Ausfallrate, über eine grosse Zahl von Röhren gemittelt, während einer Zeitspanne von 1000 h angegeben. Während der garantierten Lebensdauer von 10 000 h wird gewöhnlich die Ausfallrate kleiner als 1,5 ‰ pro 1000 h sein.

Auch für den Begriff «enge Toleranzen» liegen Zahlenwerte fest. Es wird der Spielraum für Anodenstrom- und Steilheitsstreuung fabrikneuer Röhren auf ± 15 % begrenzt. Während der Lebensdauer betrachtet man eine Abnahme der Steilheit bzw. des Anodenstromes auf 70 % des im Datenblatt angegebenen Nennwertes als zulässig, so dass beim Entwurf eines Gerätes eine Streuung von +15 bis —30 % des angegebenen Nennwertes von Steilheit und Anodenstrom zu berücksichtigen ist.

Der Einsatz von Spezialröhren in mobilen Geräten erfordert eine hohe Stoss- und Erschütterungsfestigkeit. Im allgemeinen beträgt bei den Spezialverstärkerröhren die Stossfestigkeit 500*g* (*g* = Erdbeschleuni-

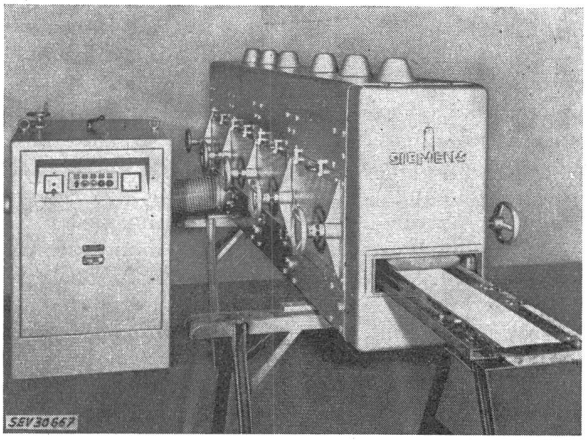

Fig. 7
Hochfrequenz-Parkettverleimung mit 6-kW-Generator

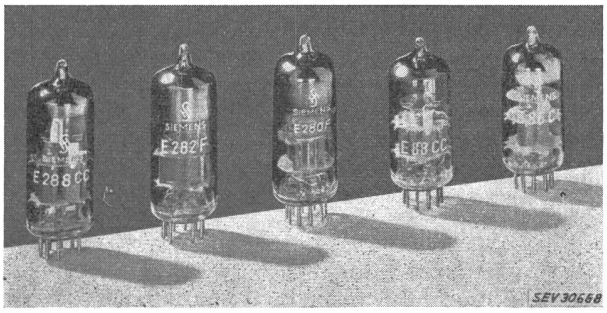

Fig. 8
Spezialverstärkerröhren für Antennenverstärker

gung), während die zulässige Vibrationsbeanspruchung im Frequenzbereich von 50...150 Hz 2,5*g* beträgt.

In den letzten Jahren ist das Programm der Spezialverstärkerröhren stark erweitert worden. Fig. 8 zeigt eine Reihe von Spezialverstärkerröhren, die insbesondere in Antennenverstärkern und Oszillographenverstärkern Verwendung finden. Es wird beispielsweise auf die Breitbandpentoden E 280 F und E 282 F hingewiesen, die vor allem eine hohe Steilheit von 26 mA/V und kleine Kapazität besitzen. Bei einer Breitbandgüte von 185 bzw. 165 MHz ermöglichen sie hohe Verstärkung breiter Bänder und eine unverzerrte Impulswiedergabe. Ihr Hauptanwendungsgebiet sind Breitbandverstärker für Gemeinschafts-Empfangsanlagen und Oszilloskope.

Ein weiteres Einsatzgebiet der Spezialröhren ist die Technik der Nachrichten- und Bildübertragung. Die hiefür geeigneten Röhren werden auch als *Weitverkehrsröhren* bezeichnet. Sie zeichnen sich durch eine besonders hohe Betriebssicherheit und höchste Lebensdauer aus. Heute liegen Erfahrungen bei der C3m-Röhre über eine mittlere Lebensdauer von 60 000 h vor (Fig. 9).

Um einen Begriff über die Anforderungen an Röhren in Weitverkehrstelefoniesystemen zu geben, wird auf den Einsatz der modernen Breitbandverstärkerröhre D3a in einem Fernsprech-Koaxialkabelverstärker für 2700 Kanäle hingewiesen, der in Fig. 10 gezeigt wird. Auf einer Strecke von 1000 km sind etwa 2000 Stück D3a-Röhren in Betrieb. Es wird daher von einer derartigen Röhre ein Höchstmass an Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit verlangt. Selbstverständlich werden auch von der Anwenderseite her in dem Verstärker alle erdenklichen Massnahmen getroffen, um die hohe Betriebssicherheit zu erreichen. Es sind beispielsweise in dem Verstärker die Fassungen für die Röhren etwas über das Chassis herausstehend, wobei die Trennwände zwischen den einzelnen Stufen gleichzeitig als Kühlrippen dienen. Dadurch wird erreicht, dass die Röhrentemperatur möglichst niedrig bleibt und die erzeugte Wärme nicht in das Innere des Chassis eindringt, womit eine Aufheizung der dort befindlichen übrigen Bauelemente vermieden wird. Ermittlungen der Zuverlässigkeit bei Weitverkehrsröhren haben eine Ausfallrate von weniger als 1 ‰ pro 1000 h ergeben.

An die in den Leitungsverstärkern der Weitverkehrstechnik verwendeten Breitbandpentoden werden vor allem folgende Anforderungen gestellt: hohe Steilheit, kleine Kapazitäten, lineare Kennlinie, geringes Rauschen, kleine Elektronenlaufzeiten, günstige Verteilung

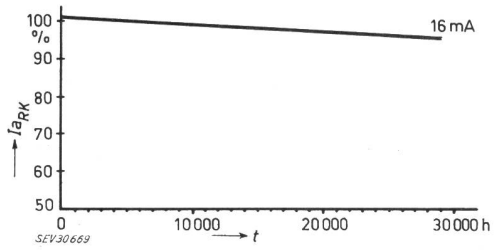

Fig. 9
Lebensdauermessungen an C3m-Röhren
I_{aRK} Anodenstrom; t Zeit

der Kapazitäten, hohes Verhältnis von Steilheit zu Anodenstrom und von Steilheit zur Betriebskapazität.

Zu einem Übertragungssystem im Fernsprechverkehr gehören jedoch nicht nur Röhren für die Verstärkung breiter Bänder, sondern auch solche, die für die Durchführung verschiedener anderer Aufgaben geeignet sind, d. h. Röhren für Oszillatoren, Vervielfacher, Trennstufen, Multivibratoren. Impulsverstärker. Es ist für die Lagerhaltung vorteilhaft, mit einer geringen Typenzahl in einem Weitverkehrssystem auskommen zu können. Daher wird auf die universelle Verwendbarkeit einer Breitbandröhre grosser Wert gelegt.

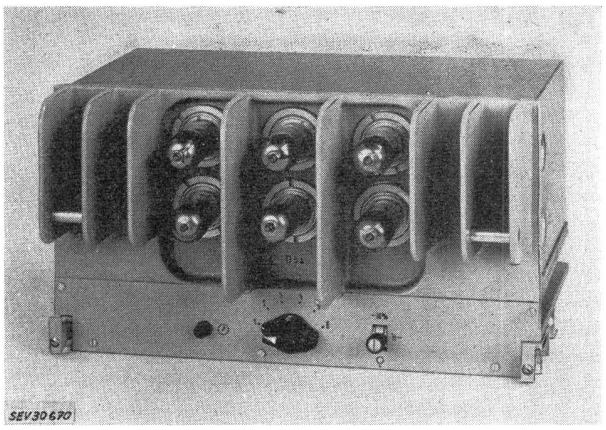

Fig. 10
Leitungsverstärker (entzerrend) für TF-System 12 MHZ

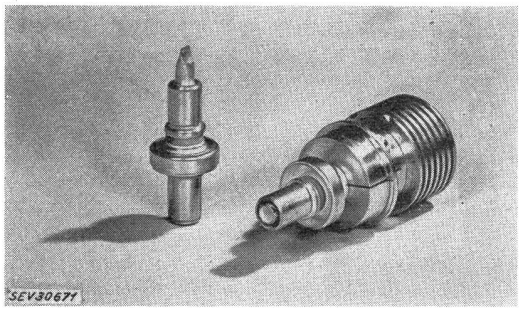

Fig. 11
Scheibentriode bis 6 GHz

Neben der universellen Verwendbarkeit spielt auch die Typenlanglebigkeit und Typenkonstanz eine Rolle. Die Typenlanglebigkeit besagt, dass dem Kunden die Gewähr gegeben sein muss, dass er zu seinen meist hochwertigen Anlagen solange Ersatzröhren bekommt, wie er diese Anlagen in Betrieb hat. Typenkonstanz bedeutet, dass eine Weitverkehrsröhre während ihrer gesamten Fertigungszeit, die sich über Jahrzehnte erstrecken kann, gleiche Daten und Eigenschaften beibehält. Diese Daten sind in sehr ausführlich gehaltenen Pflichtenheften festgelegt.

Die Ausweitung der Nachrichtenübertragung vom erdgebundenen Kabel auf die Richtfunktechnik hat auf die Entwicklung der *Höchstfrequenzröhren* einen erheblichen Druck ausgeübt. Es existieren heute gittergesteuerte Röhren, sog. Scheibentrioden, die bis zu einer Frequenzgrenze von etwa 7...10 GHz zuverlässig und mit ausreichender Lebensdauer in Schaltungen für Verstärker, Schwingungserzeuger sowie Frequenzvervielfacher arbeiten.

Fig. 11 zeigt Scheibentrioden bis 6 GHz. Es ist zu bemerken, dass eine solche Triode ohne Radiator, nur mit Kontaktkühlung versehen, bis zu einer Frequenz von 8...10 GHz Leistungen von etwa 100 mW abgibt, während sie bei 6 GHz etwa 1 W und unterhalb 2 GHz 7 W Leistung erzeugen kann.

Bei den laufzeitgesteuerten Röhren wird der Laufzeiteffekt der Elektronen in der Röhre und die Laufzeit des Signals im Wellenleiter bewusst für die Verstärkung herangezogen. Zu den laufzeitgesteuerten Röhren gehören z. B. Wanderfeldröhren, Klystrons, Carcinotrons, Driftröhren. In Fig. 12 wird eine Wanderfeldröhre für eine Leistungsverstärkung bis zu etwa 40 db und eine Ausgangsleistung bis zu 6 W gezeigt. Der Verstärker hat eine periodische magnetische Fokussierung und kann aus diesem Grunde räumlich klein gehalten werden. Bei den Wanderfeldröhren bilden Röhre und Fokussiereinrichtung eine Einheit und werden vom Hersteller gemeinsam geliefert. Bei einer gut konstruierten Röhre ist es möglich, beim Röhrenwechsel von einem gleichzeitigen Austausch des Verstärkers abzusehen. Die Lebensdauer der Wanderfeldröhren ist im Mittel sehr hoch, man kann mit etwa 15 000 h Lebensdauererwartung rechnen. Die Wanderfeldröhre ist für die Übertragung sehr breiter Frequenzbänder geeignet. Der Übertragungsbereich z. B. des Typs RW 6 geht von 5...7 GHz. Lediglich die Anpassung und die geringe Bandbreite der Hohlleiter verhindern die Ausnützung der grossen Bandbreite der Wanderfeldröhre. Diese muss auch die Anforderungen des CCIF (Comité Consultatif International Telefonique) hinsichtlich Linearität erfüllen. Die Röhre RW 6 ist in der Lage, die Forderungen der modernen Richtfunktechnik für die Übertragung von 1800 bzw. 2700 Gesprächen zu erfüllen.

Bei einer anderen Gruppe von Laufzeitröhren, den Klystrons, liegt der Anwendungsbereich zwischen 1 und etwa 100 GHZ. Der Einsatz des Klystrons ist dort vorteilhaft, wo nur eine relativ kleine Frequenzbandbreite erforderlich ist, wie z. B. in Richtfunkgeräten mit geringer Kanalzahl, in Messgeräten und Radaranlagen.

In Fig. 13 ist ein modernes Klystron kleiner Leistung in Metall-Keramik-Ausführungen dargestellt, das in einem Frequenzbereich zwischen 6 und 7 GHz arbeitet und eine Leistung von etwa 0,1 W abgibt. Auch bei diesem Klystron ist auf eine hohe Linearität der Modulationssteilheit Wert gelegt worden. Die Abweichung der Modulationssteilheit im Frequenzbereich des Klystrons ist kleiner als 1 %.

Wesentlich breitbandiger als Klystrons und Wanderfeldröhrenverstärker sind die Rückwärtswellenoszillatoren, auch Backward-Wawe-Oscillators bzw. Carcinotrons genannt. Ein typischer Vertreter dieser Gattung ist der RWO 40. Der Oszillator ist im Frequenzbereich von 30...45 GHz elektronisch mit Hilfe der Spannung von Auffänger und Verzögerungsleitung (800...2700 V) durchstimmbar und hat eine mittlere Ausgangsleistung von etwa 40 mW. Die Röhre dürfte mit den in Entwicklung befindlichen Typen bis zu einer Frequenzgrenze von etwa 100 MHz für die Erforschung und für Entwicklungsarbeiten in diesem Frequenzgebiet, z. B. für die Nachrichtenübertragung in Hohlkabeln, von Bedeutung sein. Diese Röhren werden insbesondere dann eine Rolle spielen, wenn die Übertragung von mehreren Fernsehbändern, z. B. auch für Farbfernsehen, und weiterhin zur Übertragung von Zehntausenden von Telephongesprächen in Betracht gezogen werden muss. Die Zunahme der Gespräche durch das Selbstwählfernnetz wird in absehbarer Zeit zu einem solchen Bedarf führen.

Zu den Spezialröhren zählen auch die *Geiger-Müller-Zählrohre*. Diese haben nicht allein in der Forschung, sondern auch in der Industrie an Interesse gewonnen. Man unterscheidet dampfgelöschte, halogengelöschte und Proportionalzählrohre (Fig. 14).

In neuester Zeit sind die Szintillationszählrohre im Vordringen. Während bei jenen die durch die Strahlung hervorgerufene Ionisierung des Gases in der Röhre zu Stromstössen in den angeschlossenen Stromkreisen führt, wird beim Szintillationszähler die einfallende Strahlungsmenge mit Hilfe eines Kristalls in Lichtblitze verwandelt, die mit Hilfe eines Photoelektronenvervielfachers in Elektronen umgesetzt und verstärkt werden. In allen Fällen werden die von der einfallenden Strahlung erzeugten Stromimpulse über Verstärker elektronischen Zähleinrichtungen zugeführt. Die

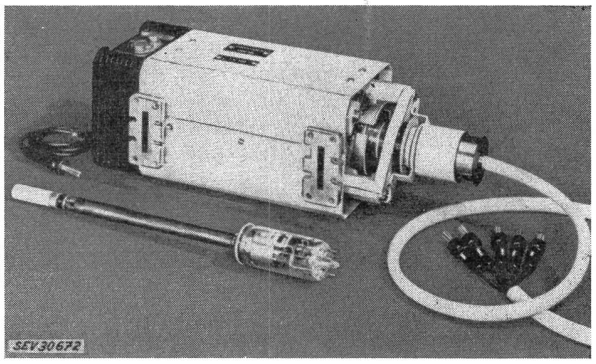

Fig. 12
Wanderfeldröhre RW6 mit Magnetsystem
Frequenzbereich 5,8...7,3 GHz

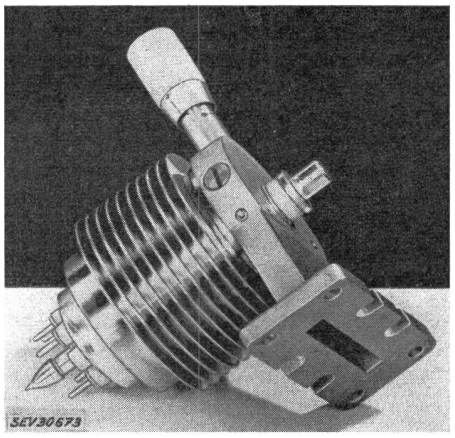

Fig. 13
Reflexklystron
Frequenzbereich 5,775...5,925 GHz

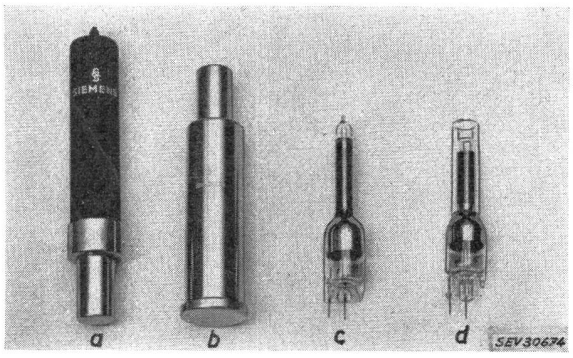

Fig. 14
Geiger-Müller-Zählrohre
a Gammazählrohr; *b* Interferenzzählrohr; *c* Eintauchzählrohr; *d* Becherzählrohr

Zahl der in der Zeiteinheit erhaltenen Impulse ist ein Mass für die Intensität der Strahlung. Die Unterscheidung harter und weicher Strahlung ist schwierig, da gewöhnlich in Gegenwart von zwei Strahlungsarten, z. B. von harter "γ"- und weicher "β"-Strahlung, die weiche Strahlung von der härteren überdeckt wird. Es sind nach Strahlungsart und Dosismenge sowie nach Strahlungsquellen verschiedene Zählrohre zu verwenden. Man unterscheidet glockenförmige Zählrohre, Becher-, Eintauch- und Durchlauf-Flüssigkeits-Zählrohre, die vor allem Verwendung in der chemischen Industrie und in der Medizin finden. Die Proportionalzählrohre dienen der Feinstrukturuntersuchung.

Nicht näher eingegangen werden kann an dieser Stelle auf die *gasgefüllten Gleichrichter* und *Stromtore* der Starkstromtechnik für kleine und mittlere Leistungen, sowie auf die *Kaltkathodenröhren*, die für Impulsschaltungen, für Zählzwecke, für die dekadische Ziffernanzeige und deren Anwendung in Messgeräten sowie in der Schalt- und Regeltechnik ihre Anwendung finden.

Nur kurz gestreift wird hier das Gebiet der *Kathodenstrahlröhren* für die Mess- und Radartechnik. Gerade auf dem Gebiet der Kathodenstrahlröhren für die Messtechnik wurden in den letzten Jahren Röhren entwickelt, die nur mehr sehr geringe Rasterverzeichnungen, geringen Astigmatismus und hohe Punktschärfe aufweisen. Geichzeitig wurden auch Röhren mit hoher Empfindlichkeit entwickelt.

Was wird nun die Zukunft bringen? Wie bereits aus dem Kapitel «Senderöhren» hervorgeht, wurde ein erheblicher Fortschritt auf dem Röhrengebiet durch die Entwicklung der Metall-Keramik-Technik erzielt. Diese hat auch auf dem Gebiete der Röhren kleiner Bauart, wie sie in der Empfangstechnik verwendet werden, neue Entwicklungen ermöglicht. Es ist dies vor allem der Nuvistor, bei dem als Werkstoffe ausschliesslich Keramik und Metall unter Vermeidung von Glas und Glimmer verwendet werden. Fig. 15 zeigt einen solchen Nuvistor im Schnitt. Auf Grund seiner besonderen Aufbauweise und Herstellungstechnik verspricht der Nuvistor eine sehr hohe Lebensdauer, eine — gegenüber den bisherigen Spezialröhren um eine Grössenordnung höhere Zuverlässigkeit, grössere Stoss- und Vibrationsfestigkeit, kleinere Betriebsspannungen und Verlustleistung sowie engere Toleranzen, als dies bei den Spezialverstärkerröhren üblich war. Ausserdem lassen sich mit Nuvistoren gleich günstige elektrische Daten wie bei bisher gebräuchlichen Röhren erreichen. Der Frequenzbereich geht z. Zt. bis etwa 1200 MHz.

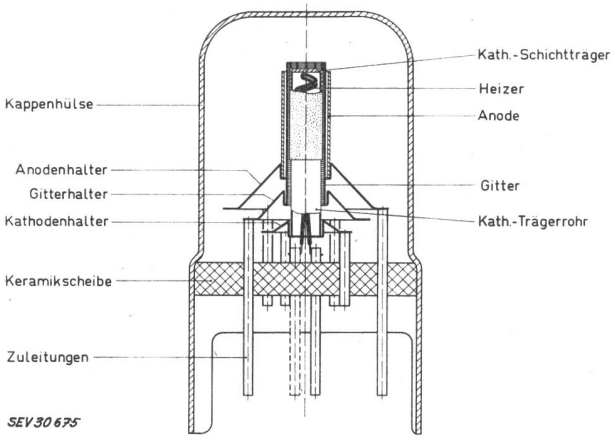

Fig. 15
Nuvistor

Der Aufbau ist so getroffen, dass eine vollautomatisierte Massenanfertigung durchgeführt werden kann. Der zylindrische und symmetrische Aufbau ist mit der Konstruktion moderner Senderöhren vergleichbar. Das

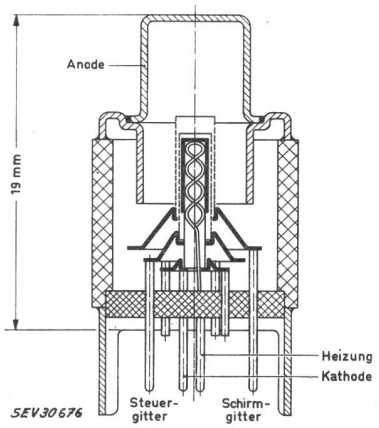

Fig. 16
Nuvistor-Kleinsignal-Tetrode

ganze System ist auf einer exakt herstellbaren Keramikscheibe aufgebaut und wird von einer Metallhülse umgeben. Die 3 zylindrischen Elektroden werden einseitig von einem kegel- oder trichterförmigen Flansch gehalten, der seinerseits auf einem Dreibein steht. Jeweils eines dieser Beine ist als Sockelstift durch die Keramikscheibe geführt. Die Elektroden selbst sind nach oben freitragend ausgebildet. Jede wird von einem konischen Elektrodenhalter getragen, ohne dass weitere Stützen — wie etwa Glimmerscheiben — erforderlich sind. Sämtliche Verbindungen zwischen den Elektroden und den Haltern sowie Stiften und Keramikplatten werden in einem einzigen Arbeitsgang hartgelötet. Nach dem Lötprozess ist das System ausserordentlich stabil. Der Nuvistor enthält also im Gegensatz zu den bisherigen Röhren keine einzige Schweißstelle mehr.

Nach dem selben Konstruktionsprinzip wird auch eine Nuvistortetrode hergestellt, bei der allerdings die Anode nach oben ausgeführt ist. Fig. 16 zeigt den Aufbau einer Nuvistortetrode für eine Leistung von 2,2 W bei einem Anodenstrom von 10 mA, die eine Steilheit von 10,6 mA/V besitzt.

Ihr Anwendungsgebiet werden die Nuvistoren voraussichtlich in der Technik der gedruckten Schaltungen, z. B. für kommerzielle Empfangsgeräte, elektromedizinische und Messgeräte sowie Steuer- und Regeleinrichtungen finden.

Während der Nuvistor sich auf dem Gebiete der Röhren kleiner Bauart revolutionierend auswirken wird, zeichnen sich auf dem Gebiete der Höchstfrequenzröhren neue Entwicklungen ab, die durch die Verwendung von Satelliten für die Nachrichtenübertragung angeregt wurden. Breitbandige Wanderfeldröhren hoher Leistung sind für die Durchführung derartiger Aufgaben erforderlich. Ferner wird man für den Empfang auch rauscharme Wanderfeldröhren kleiner Leistung benötigen.

Wenn auch die vorstehenden Ausführungen bereits einen Ausblick in die Zukunft zuliessen, so werden die nächsten Jahre auf allen Gebieten der Elektronenröhren sicherlich weitere Neuerungen und vielleicht sogar Überraschungen bringen.

Adresse des Autors:
E. Branz, Dipl. Ingenieur, Siemens & Halske AG, München (Deutschland).