

Entwicklung des UKW-Rundfunks

Teil 6 : Zeitraum 1934 -1940, Folge 3

Problematik und Entwicklungsbeginn von UKW-Empfängerröhren

Gerhard Bogner, Neu-Ulm

Die Entwicklung der Elektronenröhre als wichtigstes Element der drahtlosen Nachrichtentechnik ("Schlüsselbauelement") war eine Gemeinschaftsleistung, die vor allem von Wissenschaftlern aus etwa einem halben Dutzend Ländern (UdSSR, USA, NL, F, GB, D) erarbeitet wurde, wobei der Schwerpunkt in den USA lag.

Im Rahmen der Darstellung der gittergesteuerten UKW-Empfängerröhren-Entwicklung sollen deshalb nur die Physiker und Ingenieure kurz vorgestellt werden, welche die Anfänge der Entwicklung in Deutschland im Zeitraum 1933 – 1940 maßgeblich vorantrieben. Mit einer Ausnahme (*M. J. O. Strutt* von Philips) fand der ausländische Einfluß auf den Verlauf der Entwicklung Berücksichtigung unter Nennung der jeweiligen Mitarbeiter bzw. Firmen, soweit dies notwendig erschien. Daneben war es zweckdienlich, in einem Zeitraum, in dem die Entwicklung rasant vorankam, vor allem auf wichtige Fortschritte in den USA - dem Land mit der größten Röhrenproduktion (1933: 56 Mio. Röhren) - einzugehen, um eine einseitige Darstellung möglichst zu vermeiden.

Zum besseren Verständnis des Geschehens erschien es darüber hinaus geboten, neben dem technischen Umfeld auch kurz auf die besondere Situation der deutschen Röhrenhersteller und von

zwei ausländischen Herstellern in dem o.g. Zeitabschnitt einzugehen.

Der Versuch, die Entwicklung der UKW-Empfängerröhren darzustellen, erfolgte unter Berücksichtigung der Rundfunkröhren, da, zumindest in der Anfangszeit, vielfach in den gleichen Firmenlaboratorien beides parallel lief.

Telefunken G.m.b.H., Berlin

Telefunken spielte auf Grund der Patentlage eine dominierende Rolle in Deutschland, was die Bildung monopolartiger Verhältnisse auf dem Röhrensektor begünstigte. Nach einer groben Schätzung von *W. Kleen* von 1946 führte Telefunken die Entwicklung von etwa drei Viertel aller in Deutschland hergestellten Röhren durch.

Die UKW-Röhrenentwicklung, die sich auch auf die Rundfunk-Röhren auswirkte, vollzog sich im Rahmen der Entwicklung der Wehrmachtsgeräte. Mit der Röhrenentwicklung bei Telefunken sind u.a. eng verbunden : *G. Jobst, W. Kleen, H. Rothe, K. Steimel*.

Dr. Günter Jobst (★ 1894) war zwischen 1923 und 1934 bei Telefunken als Physiker tätig, zuletzt als Leiter der Röhrenentwicklung. Vom Juni 1926 stammt seine Patentanmeldung über die Unterdrückung des Austausches von Sekun-



Bild 6.1.1: Dr. G. Jobst.

därelektronen durch ein Bremsgitter (Pentodenpatent). Die Umsetzung dieser Erkenntnisse erfolgte allerdings durch Philips (Patentanmeldung *B. D. H. Teilegen*, Dez. 1926). Aber auch am größten "Flop" der Röhrenentwicklung von Telefunken war *Dr. G. Jobst* beteiligt: den Arcotron-Röhren (1930).

Die danach erfolgten Untersuchungen und Veröffentlichungen (und Patente) lieferten den Zugang zur Berechnung von Röhren mit Regelkennlinien, behandelten die Probleme von virtuellen Katen und Störscheinungen durch Streuelektronen bzw. brachten eine Verbesserung der Mischhexode. Unter der Leitung von *Dr. G. Jobst* begann Telefunken mit der Entwicklung von Kleindröhren für KW-/UKW-Anwendung. Innerhalb des Zeitraums seiner freiberuflichen Tätigkeit kam es zu einer Patentanmeldung über die Verstärkung durch Geschwindigkeitssteuerung der Elektronen (Klystronprinzip). Ab 1939 leitete er die Studiengesellschaft für Elektronengeräte

(ein Unternehmen der deutschen Philips G.m.b.H. Berlin) [108] [109] [110].

Dr. Karl Steimel (*1905) trat 1932 als Physiker in das Röhrenlaboratorium von Telefunken in Berlin ein, wo er frühzeitig erkannte, daß die Einführung des Superhets eine Mischröhre erforderte, bei der alle Funktionen möglichst sauber auseinander gehalten wurden. Dies führte zur ersten brauchbaren regelbaren Mischröhre, die gerade noch bei $\lambda = 7$ m verwendet werden konnte (ACH 1). Seine Erfolge brachten in rasch aufeinander folgenden Schritten die Entwicklung seines Verantwortungskreises: 1933 wurde er Leiter eines Laboratoriums, 1934 Leiter der Rundfunk- und 1936 der gesamten Röhrenentwicklung bei Telefunken. 1943 erhielt er als Leiter der Entwicklungskommission "Elektronische Röhren" maßgeblichen Einfluß auf die Entwicklung aller deutschen Röhrenfirmen.

Bild 6.1.2:
Dr. K. Steimel

Nach der Einschätzung von *W. Kleen* war *K. Steimel* der anerkannt beste Röhrenentwickler Deutschlands, denn er "beherrschte nicht allein die für die Entwicklung von Röhren erforderlichen umfangreichen mathematischen, physikalischen und technischen Kenntnisse, sondern besaß ebenso große Erfahrung auf

dem Gebiet der Anwendung der Röhre." [44] [111] [112].

Dr. Horst Rothe (Physiker, *1900) be-
tätigte sich ab 1929 bei Telefunken auf
dem Gebiet der Elektronenröhren, das
zur damaligen Zeit gekennzeichnet war
durch die erste Phase der Entwicklung
von Mehrgitterröhren. Sein besonderes
Interesse galt der noch in den Anfängen
befindlichen Physik und Technik der
Höchstfrequenzröhren und dem damit im
Zusammenhang stehenden Spezialge-
biet des Röhrenrauschens. Unter der
Leitung von *H. Rothe* lief folgerichtig die
Entwicklung der UKW-Kleinröhren an
[113a] [113b] [113c]. Er übernahm 1936
die Leitung der Labors, die sich mit
Hochfrequenzforschung / Vorentwicklung
beschäftigten, zu denen auch die Dezi-
meterröhren-Anwendung gehörte.



Bild 6.1.3:
Dr. H. Rothe

H. Rothe verfaßte zusammen mit *W. Kleen* ein vierbändiges Standardwerk über Elektronenröhren, das 1940 erschien.

Dr. Werner Kleen (*1907) kam 1932
als junger Physiker zu Telefunken. Unter
Förderung des Laborleiters *H. Rothe*
arbeitete sich *W. Kleen*, in einer Periode
außerordentlich wichtiger und rascher



Bild 6.1.4:
Dr. W. Kleen

Fortschritte in das Gebiet der Elektro-
nenröhren ein. Die um 1933 aufkom-
mende Forderung nach Verstärkung
immer breiterer Übertragungsbereiche
bei immer höheren Frequenzen be-
stimmte u. a. sein Arbeitsgebiet. 1939
übernahm *W. Kleen* als Entwicklungs-
leiter die Wehrmachtskleinröhren und ab
1943 das nach Liegnitz ausgelagerte
Labor für Dezimeter- und Zentimeter-
röhren [113a] [114a] [114b].

C. Lorenz A.G., Berlin

Die C. Lorenz A.G. ging nach einer kur-
zen Abhängigkeit vom Philips-Konzern
(der Lorenz als Sprungbrett für das deut-
sche Rundfunkgerätegeschäft nutzen
wollte) noch 1930 mehrheitlich an die
International Telephone and Telegraph
Corp. (ITT) New York über. Nach einer
mehrjährigen "Röhrenpause" lief auf Be-
treiben von *R. Herzog*, dem als techni-
schen Direktor die Gesamtleitung aller
Laboratorien und technischen Abteilun-
gen unterstand, bei Lorenz die Entwick-
lung von UKW-Allglasröhren an (im Rah-
men der Wiederaufrüstungsbestrebun-
gen) [175]. Wesentliche Fortschritte der
Firma auf dem Gebiet des Pressglas-
verfahrens gehen auf *F. Herriger* zurück.

Dr.-Ing. Felix Herriger (*1908) fand nach dem Studium zuerst eine Anstellung im Senderöhren-Entwicklungslaboratorium von Telefunken (Siemensstadt). Die dort unternommenen Arbeiten an Dezimeterwellen-Röhren benutzte er, um 1934 mit dem Thema "Untersuchung an Barkhausen-Kurz-Schwingungen" zu promovieren.



Bild 6.1.4:
Dr. F. Herriger

1937 wechselte *F. Herriger* zu *Lorenz*, um dort die Leitung des neu aufzubauenden Senderöhrenlaboratoriums zu übernehmen. Von der Glasschmuckherstellung in Gablonz (Nord-Böhmen) inspiriert, führte er die Preßglastechnik bei *Lorenz* ein und trieb u. a. die Entwicklung in Richtung großer Hartglas-Preßteller (z.B. RD12Tf) energisch voran [115] [116]. Die Entwicklung der kleinen UKW-Röhren lag in den Händen von *Eduard Löpp*, der von *Philips* kam, einem ausgezeichneten Fachmann und Technologen, wie *G. Müller* anmerkte, der später die Leitung des Röhrenwerks "Oberhohenelbe" im Sudetenland übernahm. *E. Löpp* schied beim Einmarsch der russischen Armee aus dem Leben. Darüber hinaus konnte über *E. Löpp* und seine Tätigkeit nichts in Erfahrung gebracht werden [116][175].

Radoröhrenfabrik G.m.b.H Hamburg (RRF) "Valvo"

a) Die zur **Deutschen Philips G.m.b.H Berlin** gehörenden **RRF** (Marke "Valvo") war der deutsche Röhrenhersteller des Philips-Konzerns/Eindhoven. Soweit sich dies heute noch feststellen ließ, spielte bei der Entwicklung von UKW- und Dezimeterwellen-Röhren die RRF bis 1945 keine Rolle. Erste Versuche mit Preßtellern begannen 1937. Die Fertigung von Röhren mit Preßtellaufbau, z.B. der RV2P800, lief ab etwa Mitte 1937 im Rahmen eines Nachbauprogramms für Wehrmachtsröhren an. Die Leitung der Firma lag von 1942 - 1945 in den Händen von *Dr. G. Jobst* [117] [117a] [108].

b) Studiengesellschaft für Elektronengeräte, Stellingen bei Hamburg

Die Entwicklung von Wehrmachtsröhren einschließlich der Pilotfertigung führte für die RRF (Valvo) die 1939 gegründete "Studiengesellschaft für Elektronengeräte" (Leitung: *Dr. G. Jobst*) durch. Diese Institution übernahm auch für die RRF die wissenschaftliche Betreuung, die Fertigung von Kleinserien (z.B. EFF50, EFF51) sowie den Bau von Mess- und Prüfeinrichtungen und die Qualitätssicherung [118] [119].

N.V. Philips Gloeilampenfabriken, Eindhoven

Die Firma *Philips* (Leitung: *Gerard* und *Anton Philips*) investierte vom Gewinn aus dem Glühlampengeschäft bereits 1914 in den Aufbau einer Forschungseinrichtung (Leitung: *Dr. Gilles Holst*) und baute 1918 eine Röhrenfertigung

auf. Philips war nach eigenen Angaben 1933 der größte Röhrenhersteller in Europa. In den 20er Jahren drängte Philips verstärkt auf ausländische Märkte. In Deutschland sorgten diese Eindringversuche in einen geschützten Markt – mit Röhren 1925 und mit Geräten 1927 bis 1930 - zu erheblichen patentrechtlichen Konflikten, führten aber letztendlich zu mehreren Abkommen und in Folge zu einer Zusammenarbeit mit Telefunken.



Bild 6.1.6:
Dr. M. J. O. Strutt

Vor dem Krieg bestanden auf dieser Basis fruchtbare Kontakte zwischen führenden Wissenschaftlern der Röhrenentwicklung von Telefunken und Philips. In diesem Zusammenhang sind in Verbindung mit Arbeiten über die Verstärkung von hohen Frequenzen bei Philips in erster Linie **Dr.-Ing. M. J. O. Strutt** (★1903) und sein Mitarbeiter *Dr. A. van der Ziel* zu nennen. Die in den Philips-Forschungslaboratorien durchgeführten Untersuchungen brachten neue Erkenntnisse über den Einfluß der Elektrodenzuleitungen, sorgten für Fortschritte auf dem Gebiet der Meßtechnik, verbesserten die Schaltungstechnik und führten als Produkt zu den Allglas-Röhren für Fernseh- und Rundfunkanwendung.

M. J. O. Strutt benutzte als einer der ersten die Vierpolarstellung zur vollständigen Beschreibung des Kleinsignalverhaltens der Röhre [120].

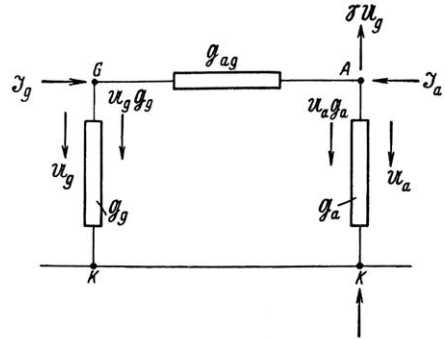


Bild 6.1.7: Die Verstärkerröhre als "aktives" Netzwerk mit vier Wechselspannungsanschlüssen (Vierpolersatzschaltbild): Steuergritter - Katode und Anode - Katode. Die sich in der Röhre abspielenden energetischen Vorgänge werden durch Ersatzschaltbilder komplexer Widerstände oder Leitwerte dargestellt.

Ferner behandelte er 1937/38 in zwei Bänden das Thema "Moderne Mehrgitterelektronenröhren" und ging 1939 in dem Werk "Moderne KW-Empfangstechnik" ausführlich auf die Probleme bei UKW ein.

Firmen und Verträge

Der "Vierbund" und Philips

Zwischen den vier großen Firmen der drahtlosen Nachrichtentechnik Marconi's Wireless Telegraph Co. Ltd. (UK), Radio Corporation of America RCA (USA), Compagnie Generale de Telegraphie sans Fil (F) und der Telefunken-Gesellschaft kam es (z.T. unter Benutzung der Vorkriegsverträge) nach dem ersten Weltkrieg zu einem System von Verträgen. Inhalt dieser Verträge war u.a.

ein gegenseitiger Patentaustausch sowie der Absatzschutz der Produkte im jeweiligen Heimatland [121]. Ähnliche Verträge (u.a. für Röhren) hatte auch Philips (NL) 1925 mit der International General Electric Co. "IGE", der RCA und der Westinghouse Electric Comp. ("Radio Group") abgeschlossen [122a] [122b].

Philips, Valvo und Telefunken

Darüber hinaus kam es 1925 zwischen Philips und Telefunken zu einem Vertrag, der durch eine festgelegte Lieferquote von Röhren direkt an Telefunken den deutschen Markt vor unkontrollierten holländischen Röhrenimporten schützen sollte. 1926 schloß Telefunken mit dem Hersteller C. H. F. Müller, Hamburg, ("Röntgenröhren-Müller") und dessen Tochterunternehmen RRF (an der Philips ohne Wissen von Telefunken 1925 eine nicht unerhebliche Beteiligung besaß) einen Vertrag, der es erlaubte, Röhren zu produzieren, die aber nur an den (Fach-)Groß- und Einzelhandel geliefert werden durften (für die Apparatehersteller bestand eine Röhrenbezugs-pflicht ausschließlich bei Telefunken). 1927 wurde C. H. F. Müller in eine A.G. umgewandelt. Zu diesem Zeitpunkt gehörten C. H. F. Müller und die RRF "Valvo" zum Philips-Konzern, der damit "einen weiteren Fuß in der Tür hatte" und somit sein Kontingent nochmals kräftig aufstocken konnte (Marktanteil Philips + Valvo 1936: ca. 31%).

Nach vergeblichen Versuchen (über die RRF und Lorenz) erkämpfte sich Philips mit Unterstützung der deutschen Reichsregierung einen Zugang zum Rundfunk-apparate-Markt. In der Folge kam es zwischen der Telefunken G.m.b.H und dem Philips-Konzern 1931 u. a. auf dem

Gebiet der Elektronenröhren zu einem weltweit gültigen Patent-, Lieferungs- und Typenprogrammvertrag, der den Vertrag von 1925 ablöste und gleichzeitig zur Anpassung des Vertrages mit der RRF von 1926 führte [122].

Zusätzlich zum Vertrag Philips/Telefunken wurden Abmachungen getroffen, die dem Zweck dienten, die beiderseitigen Röhrenprogramme frühzeitig in Übereinstimmung zu bringen. Dies sollte die völlige elektrische Austauschbarkeit der jeweils auf den Markt gebrachten gleichartigen Typen gewährleisten. Dieses Verfahren stellte von vornherein – unter Wahrung der beiderseitigen Unabhängigkeit - einen Gleichlauf der Entwicklung sicher, der die späteren Schwierigkeiten beim Angleich der Röhrendaten minimierten sollte [123]. Aus dieser Konstellation heraus bemühten sich, wie es *H. Rothe* formulierte, "die wissenschaftlichen Mitarbeiter von Philips und Telefunken in offenem Wettstreit gemeinsam um die Entwicklung der Elektronenröhre" [120].

Telefunken und weitere Hersteller

Weitere Röhrenverträge bestanden zwischen Telefunken und Lorenz, TEKADE, Loewe sowie Tungsram (bei den letzten drei Firmen unter der Beteiligung von Philips) [124].

• C. Lorenz A.G., Berlin

Lorenz produzierte vom Vertragsabschluß mit Telefunken (1927) ab keine Röhren mehr. Den Röhrenbedarf für die Marke "Lorenz" wurde von Telefunken bzw. bei der RRF bezogen. Bis zum Anlauf der Rüstungsproduktion (ca. 1935) verzichtete Lorenz auf eine eigene Marke.

- **TEKADE, Nürnberg**

Die Röhrenproduktion unter der Marke "TEKADE" wurde durch den Vertrag mit Telefunken von 1931 gegen eine Vergütung eingestellt. Ab 1934 war Telefunken verpflichtet, eine bestimmte Jahresquote von Röhren bei der TEKADE unter der Marke "Telefunken" und "Valvo" zu beziehen.

- **Radio-A.G.D. S. Loewe, Berlin**

Loewe fertigte vertraglich mit Telefunken geregelt ab 1926 Mehrfachröhren für den Eigenbestückungs- und Ersatzbedarf. Ein Anschlussvertrag von 1936 brachte eine Anpassung an die neuen Verhältnisse und eine Erweiterung, die Röhren für Fernseh- und Empfangsgeräte betreffend. Ein Mehrbedarf für die Gerätefertigung, der über eine festgelegte Quote hinausging, musste bei Telefunken bzw. Valvo gedeckt werden.

- **Tungsram (Vereinigte Glühlampen und Elektrizitäts A.G., Ujpest, Ungarn)**

Mit Ablauf des Lieben-Vertrages drängte Tungsram auf den deutschen Markt. Dieser zweite "Außenseiter" lieferte, vertraglich mit Telefunken und Philips geregelt, auch Mehrgitterröhren, die A-, B-, C-, und K-Serie mit vorgesetztem "T", zum Teil auch unter der Marke "Telefunken" und/oder "Valvo" und ab 1939 auch Stahlröhren der E-11er-Serie in einer Glasversion.

Alle diese Verträge verhinderten vor dem 2. Weltkrieg einen freien Wettbewerb in Deutschland und hatten, im Vergleich mit den USA, hohe Röhrenpreise zur Folge. Verhandlungen, die der Verband der Funkindustrie (VDFI) 1936 mit Telefunken führte, brachten u.a. lediglich den Fortfall der Verpflichtung, die benötigten

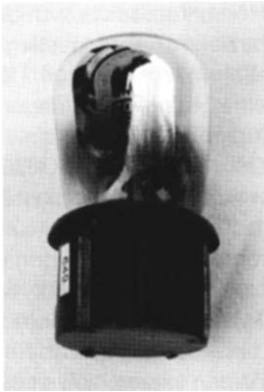
Röhren ausschließlich bei Telefunken zu beziehen. Der gestiegene Bedarf an Wehrmächts-Röhren führte 1940 zu einer starken Verringerung der Rundfunkröhren-Produktion. Loewe (später Opta-Radio), TEKADE, Valvo und weitere Hersteller mußten sich ab etwa 1937 auf die Herstellung von Spezialröhren für die Wehrmacht vorbereiten bzw. wurden in den Nachbau der von Telefunken entwickelten Wehrmächtsröhren eingeschaltet. Philips und andere Firmen folgten, soweit diese in den Herrschaftsbereich der deutschen Wehrmacht gelangten. Diese Hersteller erhielten dadurch kostenlosen Zugang zu der jeweiligen Röhrentechnologie von Telefunken, die diese noch nach dem Krieg nutzten [117a].

Abkehr von der Glühlampentechnik

Erste Schritte zur Verbesserung der HF-Eigenschaften

Bereits 1925 kam es in Deutschland im Zusammenhang mit den "Low-Loss"-Bestrebungen beim Schaltungsaufbau zu einer frühen Maßnahme: Die Radio-Röhren-Fabrik Hamburg "RRF" (ab 1927 Valvo) brachte die Triode "Oekonom H" mit einem 4-poligen Außenkontaktsockel heraus, zu der eine kapazitätsarme Fassung angeboten wurde. Mit diesem ersten Schritt ließen sich die schädlichen Sockelkapazitäten von 4 pF auf 1 pF reduzieren [125] [126]. Auch Telefunken ersetzte Anfang 1926 den bis dahin üblichen Metallsockel mit Pertinaxeinsatz (z.B. RE86) durch einen kapazitätsärmeren Bakelit-("Europa"-)Sockel (z.B. RE144), siehe Bild 6.2.4a. Solange die

Bild 6.2.1: Röhre mit Außenkontaktsockel "Oeconom H" von Valvo.



innere Röhrenkapazität jedoch noch über 4 pF lag, war der Erfolg nicht durchschlagend.

Erst mit dem Übergang zur Mehrgitterröhre (1928: Tetrode; 1933: HF-Pentode) gelang es in Verbindung mit der Verlegung des Anodenanschlusses vom Sockel zum Kolbendom, die innere Gitter-Anodenkapazität herabzusetzen (z.B. auf 0,002 pF bei der RENS1284). Bei KW-/UKW-Anwendungen störten die noch vorhandenen Quetschfuß- und Sockelkapazitäten der Stiftröhren jedoch erheblich - neue Ideen waren deshalb gefragt.

In diesem Zusammenhang stellte *M. von Ardenne* bereits 1932 eine spezielle Zweifach-HF-Verstärkerröhre vor, bei der zur Übertragungskopplung zwischen den beiden Tetrodensystemen eine L/C Anordnung Verwendung fand. Herzstück dieser Anordnung war eine Drossel, die aus einer mit ausreichendem Verlustfaktor behafteten Spule bestand, die mit den Röhren- und Schaltkapazitäten bei etwa $\lambda = 7$ m auf Resonanz war (Resonanzwiderstand ca. 5 k Ω). Durch einen geschickt gewählten inneren Aufbau ge-

lang es, beide Systeme gut zu entkoppeln (Abschirm- bzw. Trennwand, 2. Anode am Kolbendom). Gleichzeitig konnten dadurch die Eigenkapazitäten in solchen Grenzen gehalten werden, daß bei einer Bandbreite von ca. 0,5 MHz an einem Außenwiderstand von 1 k Ω eine 10-fache Verstärkung realisierbar war [127] - wieder einmal ein genialer Einfall, jedoch begrenzt in der Anwendung! Bei den HF-Pentoden und Mischröhren brachten 1933 innere und äußere Abschirmmaßnahmen (Außenmetallisierung) eine zusätzliche Verkleinerung der

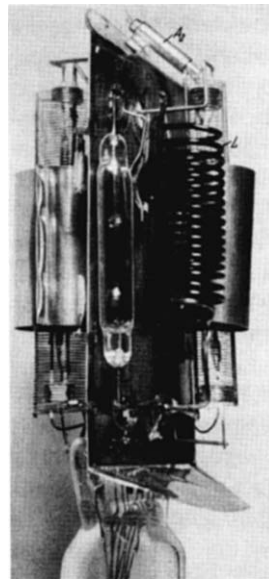
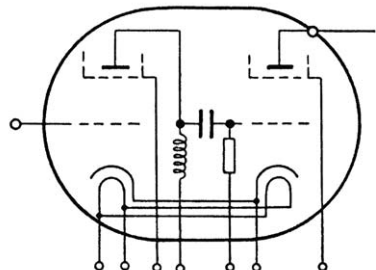


Bild 6.2.2a: Systemaufbau des Drosselverstärkers für 7 m Wellenlänge

unten:
Bild 6.2.2b: Innere Schaltung der Schwingdrossel-Mehrfachröhre für direkte Verstärkung ultrakurzer Wellen.



Streukapazitäten (Rückwirkungskapazitäten) zwischen Steuergitter und Anode. Weiter Verbesserungen zur Reduzierung parasitärer Kapazitäten erfolgten:

○ 1933/34 mit der Verlegung der kritischen Gitterleitung an die Kappe des Glaskolbens (z.B. RENS1234, ACH1) [128] und

○ 1935 in Deutschland mit der Einführung des 8-poligen Außenkontaktsockels (z.B. EF1, AF3).

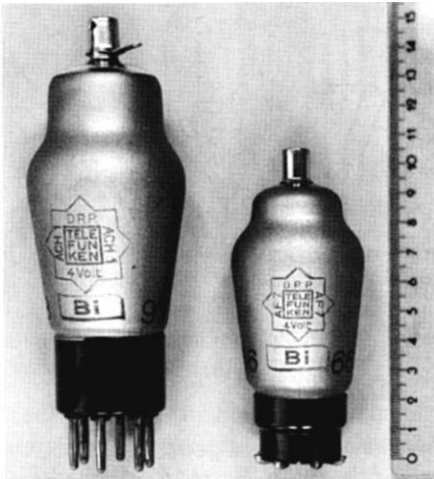
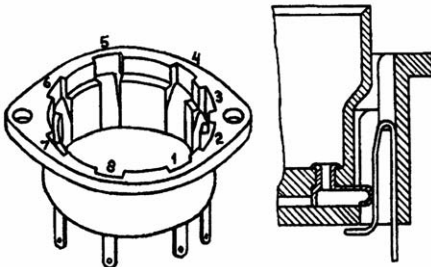


Bild 6.2.3: Die Verlegung des Steuergitters an den Kolbendom (oben) und der 8-polige Sockel (unten) führten zu einer besseren Entkopplung zwischen Ein- und Ausgangskreis.



Die 1936 in Deutschland auf dem Markt befindlichen indirekt geheizten HF-Röhren (A-, C-, und E-Serie) hatte man noch nicht im Hinblick auf einen zukünftigen Empfang des 7-m-Wellenbereichs entwickelt. Sie genügten jedoch schon weitgehend den damaligen Anforderungen des Rundfunkgerätebaus, wie deutsche Spitzengeräte auf der Pariser Weltausstellung 1937 belegten [129] [130].

Das ständig wachsende Interesse der Hörer im Inland und besonders im Ausland am KW-Empfang (was für einen Geräteexport wichtig war) und an einem zukünftigen Fernsehen hatte jedoch offensichtlich Philips wie auch Telefunken veranlasst, dies bei der Entwicklung einer folgenden Röhrengeneration zu berücksichtigen - beide Firmen gingen da allerdings ab etwa 1935 getrennte Wege. Mit der zunehmenden Einsicht in die Wirkungsweise der Röhren bei höheren Frequenzen traten die Anforderungen immer klarer zutage. Es stellten sich zugleich Grenzen heraus, die durch die Elektronenlaufzeit, aber auch die Elektrodenzuleitungen (z.B. im Bereich des Quetschfußes) gesetzt wurden.

Die Elektronenlaufzeit - eine neue Herausforderung

In einem der ersten Versuchsgeräte zur Beobachtung der ACH1 traten Anfang 1934 im KW-Bereich (50-18 m) bei etwa 20 m Erscheinungen auf, die eindeutig als Laufzeiteffekt der Elektronen festgestellt werden konnten. Dies war insofern ungewöhnlich, als man zu dieser Zeit erst unterhalb von $\lambda = 10$ m und insbesondere im Bereich von $\lambda = 1$ m bis herunter zu den Dezimeterwellen mit der Einwirkung des Laufzeiteffektes rech-

nete. Im Falle der ACH1 reduzierte die Entwicklung bei Telefonen diesen Laufzeiteinfluß durch "Verkleinerung der Elektrodenabstände auf das fabrikatorisch mögliche Mindestmaß" [131]. Es war dies aber erst der Anfang einer etwa 20-jährigen Fortentwicklung, denn als Folge der Elektronenlaufzeit verminderte sich mit abnehmender Wellenlänge - das war der Trend - die Verstärkung durch den Anstieg der elektronischen Eingangsdämpfung erheblich. Dieser störende Umstand verlangsamte den Fortschritt.

Im Zusammenhang mit den Laufzeituntersuchungen kam man 1934 bei Telefonen zu der Feststellung, daß bei Röhren "mit besonders hoch gezüchteten Steilheiten (z.B. RENS1284 von 1933: $S_{\max} = 3,5 \text{ mA/V}$) sich dieser Dämpfungseffekt stärker bemerkbar machte". Diese Tatsache war eine der wichtigsten sachlichen Begründungen dafür, daß man bei den HF- und Mischröhren die Steilheit nicht weiter erhöhte, sondern sogar dazu neigte, sie etwas zu erniedrigen (z.B. AF7: $S_{\max} = 2,4 \text{ mA/V}$) [132] [131].

Der Quetschfuß - ein Hemmschuh bei UKW

In der Anfangszeit hatte man das Röhrensystem auf dem bewährten Quetschfuß aufgebaut, der von der Glühlampe übernommen wurde - eine einfache und preisgünstige, gute Lösung.

Bereits 1933 erkannten *B. van der Pol* und *K. Posthumus* (Philips) in einer nicht veröffentlichten Untersuchung die Bedeutung der Elektronenzuleitung von der Katode zum Apparatechassis auf die ge-

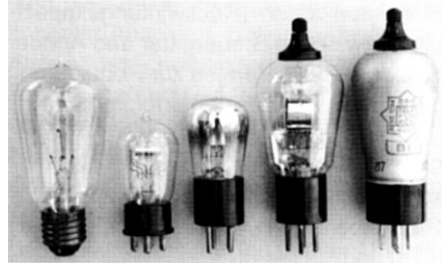


Bild 6.2.4a: Glühlampe, RE86, RE144, RES044, RENS1284. Mit der Nutzung der Wellen unterhalb 20 m Wellenlänge wurde es immer schwieriger, den Quetschfußaufbau den Anforderungen anzupassen.

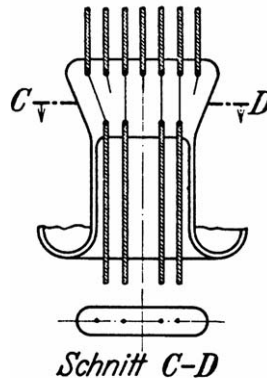


Bild 6.2.4b: Quetschfuß mit Elektrodenzuleitungen.

messenen Röhreneigenschaften bei $\lambda = 200 \text{ m}$ [130]. Zu dieser Zeit hatte man Schwierigkeiten bei den Pentoden-Mischschaltungen durch die Verbindung von Bremsgitter, Katode und Außenmetallisierung [205a]. Dies führte zur getrennten Herausführung aller Anschlüsse und 1934 zum Übergang auf den 8-poligen Außenkontakt-(P-)Sockel (z.B. AF7), auch wenn das Problem durch die Einführung neuer Mischröhren (Hexoden) überholt war.

Die getrennte Herausführung aller Elektroden sowie die Abschirmung brachten in Verbindung mit dem Außenkontakt-

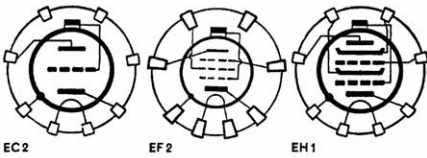


Bild 6.2.5: Die getrennte Herausführung der Elektroden und der Abschirmung erfolgte durchgängig bei allen HF-Typen der ersten Generation der Außenkontaktrohren.

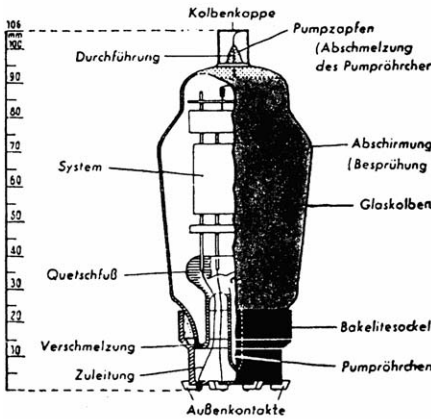


Bild 6.2.6a: Ansicht und Innenaufbau einer Vorverstärkerröhre (AF3 / AF7).

sockel darüber hinaus eine Verkürzung der Elektrodenzuleitungen (von ca. 7,5 cm bei der RENS1284 auf ca. 5,5 cm bei der AF7). Beide Maßnahmen sollten sich später in Bezug auf die UKW-Eigenschaften als günstig erweisen.

1935 bei Philips angestellte Untersuchungen der KW-/UKW-Eigenschaften (M. J. O. Strutt) hatten das Ergebnis, "daß bei $\lambda = 7$ m noch einwandfreies Arbeiten einer Verstärkerstufe unter Benutzung der AF3 gewährleistet ist, bei etwa 14-facher Verstärkung." [133a] Neue Erkenntnisse, gepaart mit den gestiegenen Anforderungen, brachten neben weiteren Fakten (USA) 1934/35 Be-

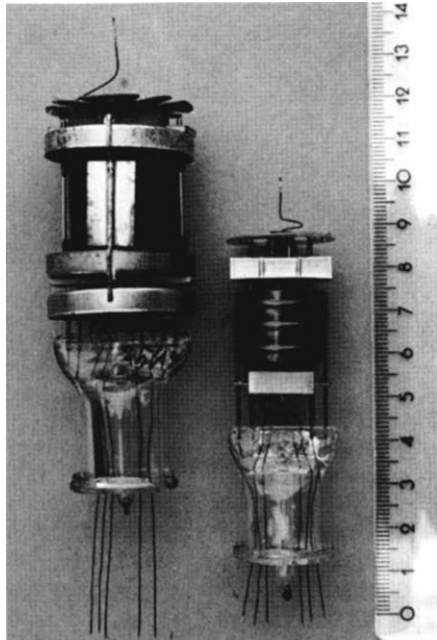


Bild 6.2.6b: RENS1284 und AF7 im Vergleich. Kleinerer Systemaufbau und kürzere Elektrodenzuleitungen verbesserten die KW-Eigenschaften.

wegung in die "eingefahrenen" Quetschfußkonstruktionen der Röhren: In den USA verließen die General Electric Corporation "GEC" (Entwicklungsfirma) bzw. die Radio Corporation of America "RCA" als Hersteller bei den Radio- und den neuen UKW-Röhren für Rundfunk- bzw. kommerzielle Zwecke 1935 den "hochbeinigen" Quetschfuß und gingen zu Systemaufbautechniken über, die kurze bis extrem kurze Zuleitungen ermöglichten [134] [135].

In Deutschland fertigte Telefunken (Osram) 1935 mit einer quetschfußlosen Aufbautechnik die ersten Röhren (Laborserien) für eine zukünftige Generation von Wehrmachtsgaräten und 1936 in

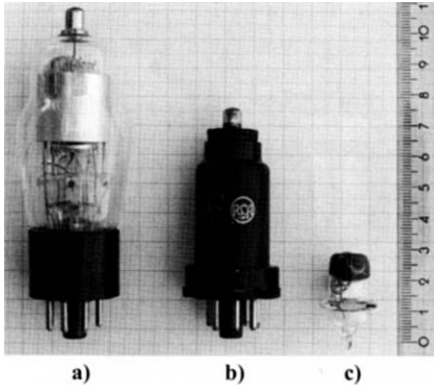


Bild 6.2.7: Amerikanische Entwicklungen.

- a) In HF-Stufen nur bedingt austauschbare Ausführung der 6K7 in Glas (6K7G mit Quetschfußaufbau), mit der große Konkurrenten der RCA (z.B. Sylvania) Ende 1936 auf den Markt drängten.
- b) Quetschfußlose "Metal-Tube" 6K7 der RCA (1935).
- c) Eine technische Spitzenleistung: Die winzigen Allglasröhren der RCA-"Arcon-Tubes" 955 bzw. 954 für UKW-Anwendungen (1935).

einer begrenzten Auflage (Pilotserie) Stahlröhren mit liegendem Systemaufbau, der ebenfalls kurze Zuleitungen ermöglichte [136a] [136b] [137] [138].

Da die Rundfunkröhre aus wirtschaftlichen Gründen (Herstellungskosten) ein Massenartikel bleiben mußte, hielt man es bei Telefunken nicht für zweckmäßig - über die Konstruktion der Stahlröhre hinaus - die Rundfunkröhren den Notwendigkeiten der UKW-Technik anzupassen. *Dr. Rothe* hielt Ende 1935 die Stahlröhren ungeeignet für UKW [136b] [139b].

Entgegen der damals allgemeingültigen Auffassung, der Eingangswiderstand der Röhren bei KW/UKW sei nur auf den

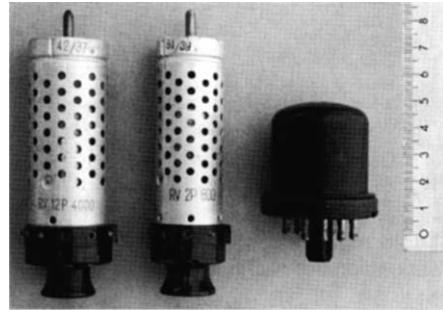


Bild 6.2.8: Deutsche Entwicklungen.

Links: Mechanisch geschützte, abgeschirmte Wehrmacht-Glasröhren in quetschfußloser Aufbautechnik (Pressteller) von 1935. Rechts Stahlröhre mit einer 4+4-Stiftenordnung und liegendem Systemaufbau (1937).

Laufzeiteffekt zurückzuführen, brachten 1936/37 bei Philips durchgeführte Experimente neue Erkenntnisse. Die Untersuchungen zeigten (*M. J. O. Strutt* und *van der Ziel*), daß bei hohen Frequenzen die Eingangsverluste (AF3, AF7) zwischen 50 und 70 % auf induktive und kapazitive Einwirkungen innerhalb und außerhalb der Röhren zurückgeführt werden konnten. Wesentlich daran beteiligt waren die langen dünnen, über eine große Strecke relativ eng beieinander liegenden Elektrodenzuleitungen innerhalb einer Röhre mit Quetschfußaufbau [130], siehe Bild 6.2.6 b).

Dagegen entfielen bei den ab 1937 von Telefunken lieferbaren Stahlröhren (mit der 3+5-Stiftenordnung) der Autoradioreihe ca. 80 % der Eingangsverluste auf Laufzeiteinflüsse der Elektronen und nur noch ca. 20 % auf Elektrodenzuleitungen und Isolierstoffe (dielektrische Verluste) [140] [141]. Einen letzten Versuch, den Quetschfuß bei den indirekt geheizten HF-Röhren beizubehalten, unternahm Philips 1936 bzw. 1937 mit der Serie der

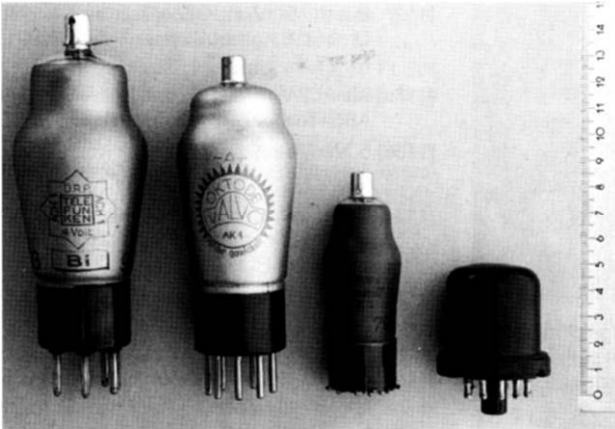


Bild 6.2.9: Möglichst kleine System- und Kolbenabmessungen strebte Philips mit den "roten" Röhren 1936/37 an. Im Vergleich die Mischröhren ACH1, AK1, EK2 und ECH11.

"roten Röhren". Diese Bauform zeichnete sich durch sehr kleine Abmessungen (das auf ca. 1/3 in der Größe reduzierte System sorgte für gute KW-Eigenschaften), geringen Heizleistungsbedarf (1,26 W) und universelle Verwendbarkeit (GW-Betrieb) aus [142].

Diese leistungsfähige Serie konnte jedoch auch über Valvo nicht auf den deutschen Markt gebracht werden, da die Rechte, die das Herausbringen neuer Typen in Deutschland regelten, ausschließlich bei Telefunken lagen [143] [122].

Mit der erweiterten und verbesserten Ausgabe 1938 der "roten Serie" war es vor allem gelungen, die KW-/UKW-Eigenschaften nochmals zu verbessern. Die völlig neu konstruierte Mischröhre EK3 ließ sich, bedingt durch einen erheblichen konstruktiven Aufwand, bis herab zu $\lambda = 3,5$ m verwenden. Mit der EF9 konnte bei $\lambda = 5$ m noch eine 12-fache Verstärkung erzielt werden [144]. Die "rote"-Serie durfte Valvo erst nach dem Anschluss Österreichs und da auch nur für den Einzelhandel (als Er-

satzbestückung) frei liefern [145]. Unvermeidbar blieben allerdings die ca. 4,5 cm langen Zuleitungen im Bereich des Quetschfußes, die bei Mehrgitterröhren (z.B. EF9) nur noch Abstände im Glas zwischen 1,5-1 mm zuließen. Damit waren die sinnvollen Möglichkeiten zur Verbesserung des Quetschfußaufbaues bei gesockelten Röhren ausgeschöpft. Philips ging deshalb 1937 bei

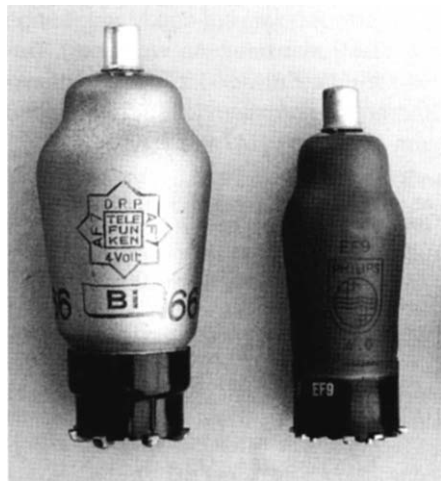


Bild 6.2.10: Rauscharme HF-Pentode EF9 (1938) im Vergleich zur AF7 (links).

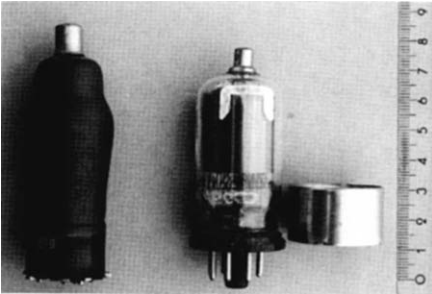


Bild 6.2.11: Letzte Ausführungsformen von HF-Röhren mit Quetschfußaufbau und Gitteranschluß am Kolbendom in Europa, z.B. EF9 (links) und den USA, z.B. 6J7GT (1939/40, abschirmender Fußring entfernt).

kommerziellen UKW-Röhren (z.B. 4676) zur Ringeinschmelzung der Kontaktstifte und 1939 zur Preßfußaufbautechnik über, an der man seit 1936 arbeitete [133b] [146] [147a] [147b]. In den USA brachte die Firma Hytron Corp. 1939/40 eine gegen die "Metal-Tubes" austauschbare Glasausführung mit extrem niedrigem Quetschfuß und zylindrischer Kolbenform (mit der Zusatzbezeichnung GT = glas tubular) auf den Markt (Länge der Elektrodenzuleitung ca. 4 cm). Damit kam die Entwicklung der Rundfunkröhren mit normalem Quetschfußaufbau zum Abschluß [147a]. G

Quellen:

- [108] Chappuzeau, H.: In memoriam Dr. Günter Jobst. FUNKSCHAU (FS) 28 (1956) H. 22, S.957
- [109] Bosch, B.: Röhrenheizung mit Wechselstrom, Teil 2. FUNKGESCHICHTE (FG) 23 (2000) Nr. 131, S. 107-117
- [110] Naafs, H. u. Walz, R.: Empfänger mit Arcotron-Flachstabröhren. FG 23 (2000) Nr. 132, S. 164-172
- [111] Sixtus, K.: Karl Steimel 70 Jahre. Wiss. Berichte AEG-Telefunken 48 (1975) H. 2/3, S. 143 f.

- [112] Bosch, B.: Zum Gedenken an Dr. phil. Dr.-Ing. E.h. Karl Steimel. FG 14 (1991) Nr. 77, S. 5- 10
- [113a] Kleen, W.: Horst Rothe Wiss. Berichte AEG-Telefunken 48 (1975) H. 1, S. 39
- [113b] o. Verf.: Prof. Dr.-ing. Horst Rothe gest. FS 28 (1956) H. 13, S. 567
- [113c] Statz, W.: Entwicklung kleiner Spezialröhren. Tfk. int. Sehr. Verk. Zusammenstellung d. Rf E Entw. vom 3.2.1936
- [114a] Grau, G.: Werner Kleen 65 Jahre. Archiv d. Elektr. Übertragung (AEÜ) 26 (1972) H. 11, S. 512
- [114b] o. Verf.: Vorläufiges Fernsprechverzeichnis Tfk. int., 1939
- [115] o. Verf.: 75 Jahre Lorenz 1880 - 1955. Festschrift der C. Lorenz AG, Stuttgart 1955, S. 261, 264
- [116] Bogner, G.: Ergebnis persönlicher und telefonischer Gespräche im Frühjahr 2000 mit: Prof. Dr. H. Döring, Dr. F. Herriger, K. Berger, G. Salzmann.
- [117] Schaaf, E. und Sparbier W.: 40 Jahre VALVO-Empfängerröhren. VALVO-Berichte Bd. X (1964). Hrsg. VALVO GmbH Hamburg, S. 18
- [117a] o. Verf.: Geschichte der Elektronenröhre und ihre Entwicklung bei Valvo. Unveröff. Manuskript, etwa 1975
- [118] BIOS (Hrsg.): Philips Valvo Works Hamburg; Hanmerwerke (Valve Works) Minden; C. H. Müller AG (X-Ray Tube Factory) Hamburg. Hrsg.: British Intelligence Objectives Sub-Committee, H. M. Stations/ Office London, Final Report No. 65, ITEM No. 22
- [119] Jobst, G.: Umstellung auf Friedensaufgaben. Vertrauliche Denkschrift der Studiengesellschaft für Elektronengeräte, Stellingen, 27.4.1945, S. 1 -4
- [120] Rothe, H.: M. J. O. Strutt zum 65. Geburtstag. AEÜ 22 (1968) H. 9, S. 459 f.
- [121] Schapira, O.: Die internationale Stellung Telefunken. In: 25 Jahre Telefunken 1903 -1928. Festschrift der Telefunken-Gesellschaft, Berlin 1928, S. 52 - 59
- [122] Maier, H.: Historie - Das Röhrengeschäft von Telefunken. Vertraulicher Rückblick von 1922 bis 1969. Röhrenverträge Philips-Telefunken, S. 10, 41

- [122a] Philips, F.: Ein Leben mit Philips. Stuttgart: Seewald-Verlag 1979, S. 58
- [122b] Blanken, I. J.: The History of Philips Electronics N.V. Vol. 3. European Library - Zaltbommel, NL 1999
- [123] o. Verf.: Geschäftsbericht der Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie mbH Berlin, Geschäftsjahr 1932-33, S. 97 f.
- [124] [122]: Röhrenverträge Telefunkens mit Loewe, Lorenz, TeKaDe: S. 45 - 49; mit Tungstam: S. 35 f.
- [125] Steiniger, H.: Neue deutsche Empfängerröhren. Der Radio-Amateur 3 (1925) H. 37, S. 908
- [126] o. Verf.: Zur Entwicklung des stiftlosen Röhrensockels. Funktechnische Monatshefte (FTM) 4 (1935) H. 5, S. 190
- [127] Ardenne, M. v.: Die aperiodische Verstärkung von ultrakurzen Wellen. Hochfrequenztechnik und Elektroakustik (H.u.E.) 40(1932)H. 2, S. 65-67
- [128] o. Verf. (Rf V S./Mr.): Empfänger- und Verstärkeröhren. Bericht für das Geschäftsjahr 1933/34. Werk A der Osram GmbH Berlin, S. 2
- [129] o. Verf.: Erfolge der deutschen Funkindustrie auf der Pariser Weltausstellung. FS11 (1938)H. 1, S.4
- [130] Strutt, M. J. O. und Ziel, A. van der: Die Ursachen für die Zunahme der Admittanzen moderner HF-Verstärkeröhren im KW-Gebiet. Elektrische Nachrichtentechnik (ENT) 14 (1937) H. 9, S. 281 - 293
- [131] Steimel, K.: Der Einfluß von Masse und Laufzeit von Elektronen im Bereich der Rundfunkröhren. Die Telefunken-Röhre (TfK-Röhre) Nr. 5 (1935), S. 213 - 218
- [132] Rothe, H.: Eingangs- und Ausgangswiderstand von Elektronenröhren bei hohen Frequenzen. Beilage zur "TfK-Röhre", Januar 1939, S. 101 -103
- [133a] Strutt, M. J. O. und Ziel, A. van der: Messungen der charakteristischen Eigenschaften von HF-Empfängerröhren zwischen 1,5 und 60 MHz. ENT 12 (1935) H. 11, S. 347-354
- [133b] Strutt, M. J. O. und Ziel, A. van der: Erweiterung der bisherigen Messungen der Admittanzen von HF-Verstärkern bis 300 MHz. ENT 14 (1937) H. 3, S. 75 - 80
- [134] Schwandt, E.: Zur Frage der Metallröhren. FTM 4 (1935) H. 11, S. 417-420
- [135] Schwandt, E.: Liliput-Röhren in Eichelgröße. FTM 4 (1935) H. 8, S. 398
- [136a] Beckenbach, H.: Entwicklung von Miniaturröhren im Dez. 1935 und Jan. 1936. Statusbericht, Tfk. Abt. Rf E Entw. Vom 20.12.1935
- [136b] Statz, W.: Multiplier, Behördenröhren, quetschußlose Röhren für Rundfunk, Sendemethoden. Besprechungsnotiz Osram u. Tfk., Rf Entw., vom 13.12.1935
- [137] Maier, H.: [122], B) Das Röhrengeschäft 1923- 1945, S. 95
- [138] Eberhardt, K.: Aufbauangaben für Ganzmetallröhren (mit Topfsockel), Labortypen N307, N316, N318, N319, N320, N323. Osram, Rf E Entw., April - Sept. 1936
- [139a] Müller, J.: Elektronenschwingungen im Vakuum. H.u.E. 41(1933)H.5, S.156-167
- [139b] Kleen, W.: Entwicklungsstand der UKW-Röhrentechnik. Telefunken-Mitteilungen (TfK-Mitt.) 21 (1940) Nr. 84, S. 17 - 35
- [140] Herrenkind, O. P.: Neue Kraftwagenempfänger. FS 11 (1938) 7, S. 49 f.
- [141] Ratheiser, L.: Röhren- und Schaltungsprobleme der KW-Verstärkung im Rundfunkempfänger. Telefk.-Röhrenmitteilung A 29 vom Okt. 1941, S. 1-37
- [142] o. Verf.: Eine neue Serie Miniwatt-Empfängerröhren für 1937 - 1938. Monatsheft für Apparatefabrikanten. Sonderausgabe MINIWATT-Empfängerröhren für 1937-38. Hrsg.: N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven Jan. 1937, S. 1 - 76
- [143] Herrenkind, O. P.: "Rote" Röhren. Eine sehr beachtenswerte Röhrenreihe des Auslandes. FS 10 (1937) H. 42, S. 329
- [144] Strutt, M. J. O.: Moderne UKW-Empfangstechnik. Berlin: Springer 1939
- [144a] [144], S. 152
- [145] Saic, F. C.: Das neue Röhrenprogramm. ETZ60(1939)H. 1, S. 1-6
- [146] o. Verf.: Spezialröhrenkatalog Knopfröhren. Hrsg.: N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven Juni 1939
- [147a] Cath, P. G.: Neuartige Empfängerröhren. Philips' Technische Rundschau (Philips T. Rdsch.) 4 (1939) H. 6, S. 170 - 174

Dateiname: Entwicklung des UKW_Teil6
Verzeichnis: D:\UKW
Vorlage: C:\Dokumente und Einstellungen\Thomas &
Gladys\Anwendungsdaten\Microsoft\Vorlagen\Normal.dot
Titel: Entwicklung des UKW-Rundfunks
Thema:
Autor: ThomasGladys
Stichwörter:
Kommentar:
Erstelldatum: 28.12.2007 16:10:00
Änderung Nummer: 18
Letztes Speicherdatum: 29.12.2007 16:17:00
Zuletzt gespeichert von: ThomasGladys
Letztes Druckdatum: 29.12.2007 16:17:00
Nach letztem vollständigen Druck
Anzahl Seiten: 15
Anzahl Wörter: 4.523 (ca.)
Anzahl Zeichen: 28.500 (ca.)