

Entwicklung des UKW-Rundfunks

Teil 6 : Zeitraum 1934 -1940, Folge 6

Spezial- und Wehrmachts-Röhren, UKW-Röhren ($\lambda = 10 - 1 \text{ m}$)

Gerhard Bogner, Neu-Ulm

Durch die Einführung neuer Werkstoffe (Ferrocart, Calit/Freuenta) und neuer Mehrgitterröhren (HF-Pentoden, Hexoden) kam die Rundfunkgerätetechnik 1933 ein gutes Stück voran. Nicht ganz so erfreulich war jedoch für Hersteller und Gerätekäufer der Umstand, daß vor allem die steilen HF-Röhren noch nicht ausgereift waren. Dies machte sich bei dem hohen Ausnutzungsgrad der Röhren in den deutschen Rundfunkgeräten (Reflexschaltung) durch unschöne Effekte (Kling- und Schwingneigung, zu große Abweichung von den Kenndaten, thermische Gitteremission) unangenehm bemerkbar. Zu diesem Zeitpunkt, da die Röhrenhersteller neben der Entwicklung neuer Typen auch noch damit beschäftigt waren, diese anstehenden Probleme bei den bereits laufenden Serien in den Griff zu bekommen, kam es zu völlig neuen Herausforderungen [178].

Für die Ausrüstung mit neuzeitlichen Nachrichtengeräten veranlaßte das Heereswaffenamt 1933 bei Telefunken die Entwicklung einer Reihe neuer Röhren, die erhöhten elektrischen und mechanischen Anforderungen

genügen sollten. Diese Forderungen beinhalteten unter anderen neben einer Verkleinerung auch die Erzeugung und Verstärkung kürzerer Wellenlängen, als für Rundfunkröhren zu diesem Zeitpunkt üblich, sowie die Eignung für den Einsatz in nicht stationären Geräten in Verbindung mit rauer Beanspruchung [178, 179].

Im Zuge der staatlich gelenkten Aufrüstungsbestrebungen begann deshalb Telefunken zunächst im Kleinen, dann in stetig wachsendem Umfang mit der Entwicklung von kleinen Röhren (Miniatur-, Sonder-, Spezial-, Behörden-Röhren - die später unter dem bekannten Begriff Wehrmachts-Röhren liefen) für den Einsatz bei Wellen zwischen $\lambda = 20 \text{ m}$ und $\lambda = 1 \text{ m}$ [139b].

Bereits vor 1933 betrieb Telefunken bei Siemens eine Entwicklungsstelle, die sich im kleinen Rahmen unter dem Begriff „Spezialröhren“ mit der Entwicklung von Dezimeter-Röhren nach dem Bremsfeldprinzip (*Barkhausen-Kurz*, 1921: Gitter positiv und Anode schwach negativ vorgespannt) beschäftigte. Eine markante Entwicklung war die „Hammerröhre“ RS296 (*F. Herrieger*, 1933) [180].

In welche Richtung dagegen die Entwicklung von Elektronenröhren mit positiv vorgespannter Anode gehen mußte, zeigte W. Kroebel bereits 1932 auf: Durch eine geeignete Röhrenkonstruktion und unter Benutzung einer hohen positiven Anodenspannung gelang es ihm, die Anregungsgrenze für Rückkopplungsschwingungen (die damals bei $\lambda \approx 60$ cm lag) auf $\lambda = 31$ cm hinauszuschieben - was er durchaus nicht als unterste Grenze betrachtete. Entscheidend beim Röhrenaufbau war eine parallele (ebene) Anordnung von Heizfaden und Gitter und ein geringer Katoden-Gitter-Abstand. Hingegen konnte der Abstand zwischen Gitter und Anode relativ groß sein (Bild 1) [181].

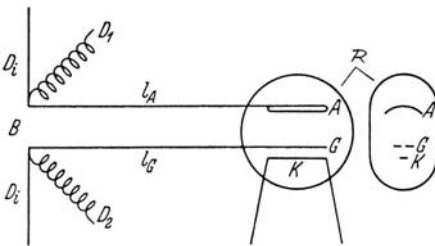


Bild 1: UKW-Anordnung von W. Kroebel ($\lambda = 31$ cm).

D_i = Dipol $\lambda / 2$.

D_1, D_2 = Spannungszuführung über Drosseln.

L_A, L_G = Schwingkreis aus einem bei A und G offenen, abgestimmten Lecher-Leitungssystem, bei dem Anode und Gitter mit einbezogen sind (Spannungsbauch = U_{max} bei A und G, Strombauch / Spannungsminimum = I_{max} bei B).

R = Röhre.

Ende 1933 gelangten Ergebnisse über die in der Forschungs- und Entwicklungsabteilung der RCA durchgeführten UKW-Versuche mit sehr kleinen neuartigen Elektronenröhren mit einer ebenen Elektrodenanordnung zur Veröffentlichung, die aufhorchen ließen [170].

Eine umfangreiche theoretische Behandlung der Verstärkung einer Triode mit ebenen Elektroden bei Dezimeterwellen führte danach H. Zuhrt 1935 und 1936 im Zentrallaboratorium von S & H durch. Bedeutung erlangten diese Arbeiten erst im Zusammenhang mit der Entwicklung der Scheiben- und Koaxialröhren mit flächenhaften Elektroden [148, 182].

Bei Aufnahme der Entwicklung von speziellen Röhren für den militärischen Einsatz (Ende 1933) war das Heereswaffenamt vor allem an Röhren mit besonders kleinen Abmessungen interessiert. Das stand im Zusammenhang mit den Bestrebungen, zu kompakten, leistungsfähigen, elektrisch und mechanisch robusten Nachrichtengeräten zu kommen, bei denen der Röhrentausch leicht und ohne Einfluß auf die elektrische Funktion (Wellenlänge, Leistung, Verstärkung, Empfindlichkeit) sein sollte [179].

Bereits innerhalb des ersten Halbjahres 1934 gelang es der Röhrenentwicklung von Osram und Telefunken, zwei für 2-V-Batteriebetrieb geeignete Trioden MC1 (ähnlich der RE084) und MD1 (ähnlich der RE134) sowie eine HF-

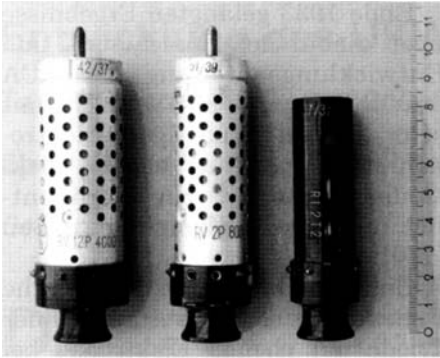


Bild 2: Wehrmachts-Röhren in Patronenform mit Metallmantel: RV12P4000, RV2P800 und mit Kunststoff (Pressstoff)-Mantel: RL2T2

Pentode MF1 vorzustellen, die bereits 1935 als RL2T15, RL2T2 und RV2P800 (Fertigungsfreigabe: Juli 1935) einen hohen Stand der Fertigungsreife erreichten (R = Heeresröhre, V = Verstärkeröhre, T = Triode, P = Pentode) [136a, 182].

Die erste indirekt geheizte Ausführung, bei der ein System der

CF1 Pate stand, war die NF1. Im Verlauf der Weiterentwicklung führte dies zu der mit RV12P4000 bezeichneten Wehrmachtsröhre, für die im Herbst 1935 die erste Serienfertigung von 5000 Stück an lief. (Die Fertigung der Baureihe NF1, MF1, MF2 und MF4 erfolgte zwischen Februar und September 1935.) Durch Verzicht auf den Quetschfuß konnten so kleine Abmessungen erreicht werden, „daß die Behörden im wesentlichen zufriedengestellt sind“ [178].

Für den Aufbau dieser Röhrensysteme wählte man nach vielerlei Versuchen mit Glas, Keramik (1935) und Metall-Keramik einen Weichglas-Presssteller mit kreisförmig verteilten dünnen Kupfermanteldraht-Durchführungen (Durchschmelzungen) auf den sich der Röhrensystemaufbau in unmittelbarer Nähe kontaktieren ließ. Dieses Verfahren ergab kurze und verlustarme Zuleitungen. Bei der Herstellung des Pressstellers und Fußes wurden die einzelnen Durchführungsdrähte in eine Matrize einge-

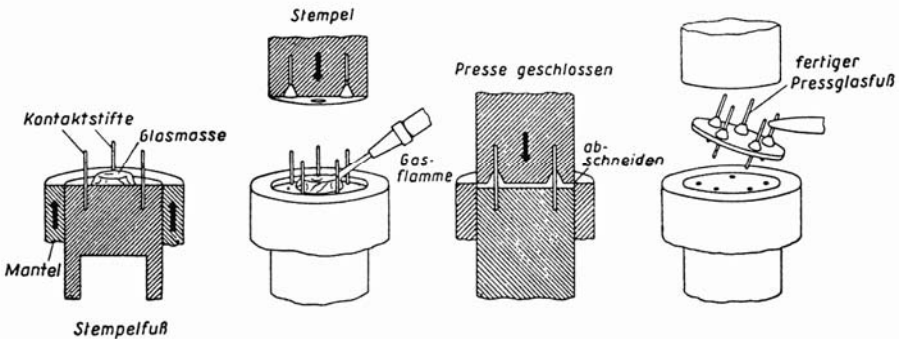


Bild 3: Herstellung eines Pressstellers (Ablauffolge von links).

steckt und mit flüssigem Glas vakuumdicht verpresst. Auf den so entstandenen Pressfuß wurde das fertig montierte Röhrensystem aufgesetzt, im Punktschweißverfahren verbunden und der Pressteller mit dem Glaskolben vakuumdicht verschmolzen (Bild 3) [139b].

Da die Wehrmachts-Behörde auf Grund der Einsatzbedingungen wesentlich die Ausführungsformen von Sockel und Fassung bestimmte, konnte damals noch nicht auf einen Spezial-Kunststoffsockelkörper verzichtet werden (Bild 2). Bei den ersten Wehrmachts-Röhren (WM-Röhren) kam ein Außenkontaktsoc­kel mit kegelförmigen Kontakten zur Anwendung (Bild 4).

Bereits 1934/35 zeigte sich, daß Pentoden dieser Art bis $\lambda = 4,5$ m und die Trioden sogar bis unter $\lambda = 1$ m Verwendung finden konnten [179].

Die Schwierigkeiten mit den

Elektrodenkapazitäten, -induktivitäten und der Laufzeit ließen sich unter Beibehaltung der Kennwerte (Steilheit, Durchgriff, Verstärkung) grundsätzlich beseitigen, wenn man die Röhre im Maßstab der Verkürzung der Wellenlänge völlig ähnlich verkleinerte. Die Sache hatte nur den Nachteil, daß sich mit den so verkleinerten Röhren nur noch sehr kleine Leistungsumsätze erzielen ließen, was vor allem für Senderanwendungen nachteilig war. So war es nicht ganz einfach auf der einen Seite die zulässige Verlustleistung der Anode und die Emission der Katode möglichst hoch zu halten, während auf der anderen Seite gleichzeitig die Elektrodenkapazitäten und die Elektrodenabstände so weit wie möglich reduziert werden sollten. Diese an sich widersprechenden Forderungen ließen sich noch 1935 bei der SD1 mit einer 1,3-W-Katode bis herunter zu

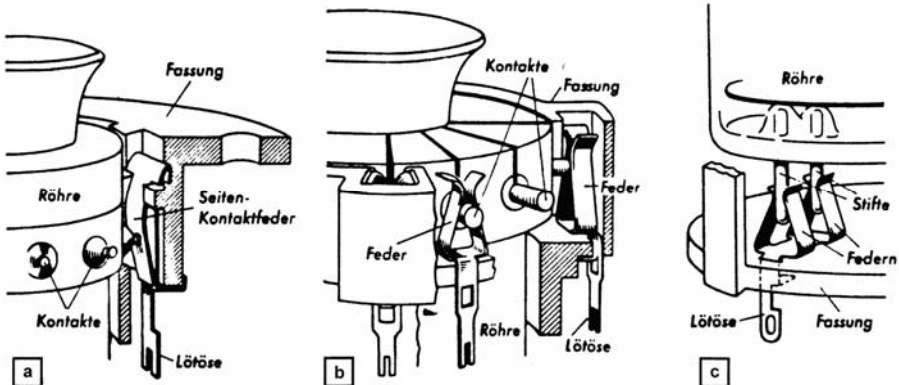


Bild 4: Kontaktgabe Röhre - Fassung bei Röhren mit
a) Kegelformkontakt (RV12P4000),
b) Seitenstiftkontakt (RV12P2000),
c) im Glasboden eingeschmolzenen Steckerstiften (LD1).

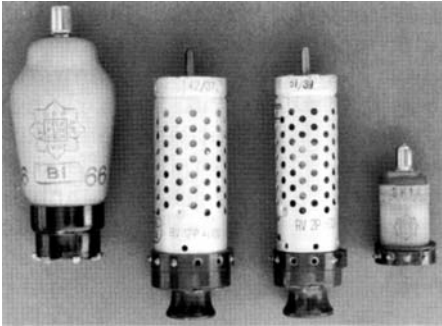


Bild 5: Eine weitere Verkleinerung verbessert die UKW-Eigenschaften. Im Größenvergleich (v. links): AF7, RV12P4000, RV2P800, SF1A.

Wellenlängen von $\lambda = 50$ cm einigermaßen vereinigen [182, 183].

Für dringende Entwicklungsvorhaben von UKW-Geräten der Wehrmacht fertigte Osram Ende 1935, bis zum Einsetzen der Fabrikation, die indirekt geheizten 2-V-Typen SA1 (Diode), SD1 (Triode) und SF1 (Pentode) als Vorserienmuster in kleinen Stückzahlen im Rahmen einer Laborfertigung (bis zu 200 Stück/Tag). Um die Grenz Wellenlänge weiter herabzusetzen, kam es bis Ende 1935/Anfang 1936 bei der SD 1 zu einer Verringerung der Aufbaukapazitäten, der Zuleitungskapazitäten und dem versuchsweisen Übergang auf eine Keramikaufbauplatte und einer Erhöhung der Anodenbelastbarkeit [136a, 182].

Aus der UKW-Triode SD1 entstanden 1937 die verbesserte SD1A ($\lambda > 0,5$ m), sowie die 12,6-V-Typen ND6 (die keine Bedeutung erlangte) und die RL12T1 [182]. Aufbauend auf der KW-/UKW-Pentode

SF1 führte die Weiterentwicklung zum einen zur SA1A und zum anderen über die direkt geheizte MF6 zur RV12P700. Mit einem 12,6-V-Brenner ausgestattet, entstand aus der SF1 die NF6 und 1936 die in der Anodenverlustleistung gesteigerte RV12P2000 [182, 182a].

Mit den Röhren RL12T1 ($\lambda > 0,5$ m) und RV12P2000 ($\lambda > 1$ m) rüstete Telefunken unter anderem

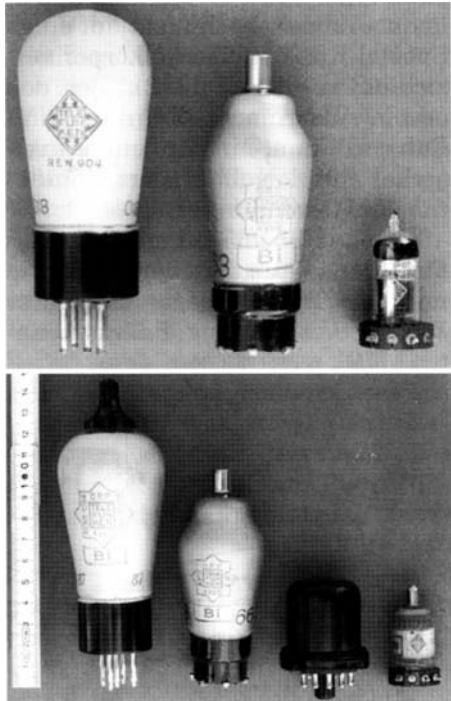


Bild 6: Serienmäßige Wehrmacht-Miniaturröhren RL12T1 (obere Reihe der Trioden) und RV12P2000 (untere Reihe der Pentoden) im Größenvergleich, wie sie im HF-Teil des Telefunken-Fernsehempfängers FEVI (1937) Verwendung fanden.

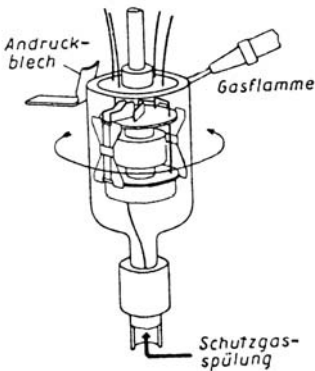


Bild 7: Verschmelzen des Pressglasfußes samt dem Elektrodenaufbau (System) mit dem Glaskolben unter Schutzgasspülung, um eine Katodenvergiftung und die Oxydation der Metalloberflächen zu verhindern.

die HF-Stufen des Standfernsehgerätes FEVI von 1937/38 aus (Bild 6) [184].

So einfach die Pressglaskonstruktion in der vorliegenden Ausführung erscheint, so darf nicht übersehen werden, daß eine langwierige und mühevoll entwickelte dahinter steckte, die eine Reihe von fabrikatorischen Schwierigkeiten zu überwinden hatte.

Ein großes Fertigungsproblem war die Tatsache, daß sich herstellungsbedingte Streuungen bei UKW wesentlich unangenehmer bemerkbar machten. Da Röhrenaustausch ohne Nachabgleich möglich sein sollte, mußten wichtige Kennwerte sehr eng toleriert und eingehalten werden. Die neue Röhrengeneration stellte auf Grund der

geringen Systemabmessungen bei gleichzeitig engeren Toleranzen deshalb hohe Anforderungen an die Präzision der herzustellenden Einzelteile wie auch die Geschicklichkeit der Frauen, die den Systemaufbau zu bewerkstelligen hatten. Zudem bestand, im Gegensatz zum erhöhten Quetschfuß-Aufbau, bei der Verschmelzung von Presteller und Kolben die Gefahr der Katodenvergiftung sowie der Oxidation der Metalloberflächen durch die Flammengase. Durch ein Verfahren (Schutzgasspülung) mit Stickstoff versuchte man dem zu begegnen (Bild 7) [185].

Bei den quetschfußlosen Röhren kam es infolge ihrer neuartigen Technik, über die so gut wie keinerlei Erfahrungen vorlagen, in der Fabrikation anfänglich zu sehr viel Ausschuß. Die Herstellung der Heeresröhren (RV12P2000) verursachte aus den oben genannten Gründen gegenüber vergleichbaren Rundfunkröhren (EF12) in der Anfangszeit wesentlich höhere Selbstkosten. Aus diesem Grund kam diese Technik zum damaligen Zeitpunkt für Rundfunkröhren nicht in Frage, sondern war den Spezialröhren vorbehalten, bei denen dies elektrisch unbedingt notwendig war und der Preis nicht die entscheidende Rolle spielte. (Im November 1939 lagen die durchschnittlichen Herstellungskosten pro Stück in Reichsmark bei Stahlröhre = 1,83, Glasröhre = 1,89, Wehrmachtsröhre = 5,05!) [186c].

Die WM-Röhren für das Heer waren die ersten in Europa zu

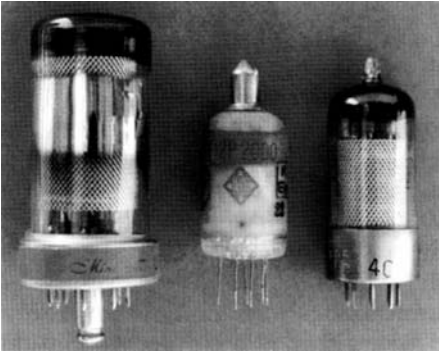


Bild 8: Die sockellose RV12P2000 (Telefunken) inmitten der nachfolgenden Philips-Entwicklungen - links: Schlüssel-Röhre (1941) - rechts: Rimlock-Röhre (1946/47).

Serienreife gelangten Glasröhren mit quetschfußlosem Aufbau für HF-Anwendungen. Die Pressteller-Aufbautechnik wurde zum Schrittmacher für Allglasröhren, die in der Größe einer entsockelten RV12P2000 erst nach 1949 in Form der Rimlock-Röhren (Philips) in den deutschen Rundfunkgeräten Einzug hielten.

Weitere Informationen zur RV12P2000 finden sich in den „Schriften zur Funkgeschichte“, Band 4: Salzmann, G. B., Zur Geschichte der RV12P2000, erhältlich im Verlag Dr. R. Walz (siehe FG 142).

Literatur:

- [167] Franz, K.: Messung der Empfängerempfindlichkeit bei kurzen elektrischen Wellen. H. u. E., Bd. 59 (1942), H. 4, S. 105-112.
- [168] Rohde, L.: Grundelemente einer

allgemeinen Dezimesstechnik. TFT, Bd. 33 (1944), H. 5, S. 95-105.

- [169] o. Verf.: Prüf- und Meßgeräte für Funkmessanlagen. Arbeitskommission 10 in der SKFM der Hauptkommission Elektrotechnik. Ausg. Okt. 1944.
- [169a] Meinke, EL: Einführung in die Technik der Dezimeterwellen. Manuskript einer Vortragsreihe, gehalten in Leubus/Oder 1944.
- [170] Thompson, B. J. a. Rose Jr., G. M.: Vacuum Tubes of small Dimensions for use at extremely high frequencies. Radio at ultrahigh Frequencies. RCA Institutes Technical Press, New York, April 1949, S. 334-348.
- [171] o. Verf.: Zwergröhren für Ultrakurzwellen. FS, 1935, H. 12, S. 93f.
- [172] Miles, K: Circuit Design of a Modern Amateur UHF Superheterodyne. QST, 1936, Dez., S. 39, 40, 80-86.
- [173] Salzberg, B.: Design and use of „Acorn“-Tubes for ultra high frequencies. R. a. E. Dept., RCA Manufacturing Comp., Harrison, N. J., Publ. in „Electronics“, Sept. 1934, S. 282, 283, 293.
- [174] Kroge, Harry von: GEMA – Berlin (Geburtsstätte der deutschen aktiven Wasserschall- und Funkortungstechnik). Selbstverlag, 1998, S. 144 f.
- [175] Müller, G.: Funkmessgeräte - Entwicklung bei der C. Lorenz A.G. 1935-1945. Firmeninternes Archivheft der SEL, 2. erw. Fassung, Dez. 1981, S. 2.
- [176] Carl, H. u. Christ, K: Richtfunkverbindungen für Fernsprech- und Fernsehübertragung. [115], S. 118.
- [177] Behne, R. u. Herriger, F.: Beiträge zur neuzeitlichen Röhrentechnik. [115], S. 139-148.
- [178] [128], S. 7-10.

- [179] Ratheiser, L.: Handbuch der Wehrmachtsröhren. Teil 1 (1942-1945). Telefunken Manuskript, S. 5-9.
- [180] [123], S. 79.
- [181] Kroebel, W.: Über die Erzeugung ungedämpfter Schwingungen von Dezimeterwellenlänge in der Rückkopplungsschaltung. I, Annalen der Physik, 5. Folge, Bd. 14 (1932), S. 80-102.
- [182] o. Verf.: Osram – Telefunken Röhrenkartei der Entwicklungs-, Labor- u. Behördenröhren. 1919-1939. (Fragment, da unvollständig ausgefüllt.)
- [182a] Ledewig: Miniaturröhren Lieferplan. Röhrenfabrik Osram, 17.7.37.
- [183] Runge, W. T: Die Grundlagen der Dezimeterwellentechnik. Anlage 2 zum Tagungsbericht 019/003 der Vereinigung für Luftfahrtforschung (V.L.F.). Berlin, März 1934, S. 15-33.
- [184] Herrnkind, O. R: Die neuen Fernsehempfänger. Funk, 1938, H. 17, S. 458-464.
- [185] [179], S. 53.
- [186a] Stutz, W.: Neue Glastechnik der Firma Lorenz. Röhrenfabrik Osram, Aktenvermerk, 15.9.39.
- [186b] [44], S. 8-10.
- [186c] o. Verf.: Wirtschaftsbericht, Ergebnisse, u.a. Gestehungskosten / Stück vom 30.11.39. Tfk, Röhrenwerk Berlin, Betriebsbuchhaltung.