

Entwicklung des UKW-Rundfunks

Teil 6 : Zeitraum 1934 -1940, Folge 9

Neue Empfängerröhren für Rundfunk und Fernsehen

Gerhard Bogner, Neu-Ulm

Für eine Generation von Rundfunk- und speziellen Fernschröhren sprachen im Zeitraum 1936 – 1937 in Deutschland vor allem drei Gründe, die direkt mit dem Schlüsselbauelement Röhre zusammenhingen:

- der zunehmende Erfolg des Herstellers Philips und vor allem der großen amerikanischen Firmen wie Philco und RCA mit Geräten und Röhren auf den Exportmärkten, der die deutsche Ausfuhr erschwerte,
- das gestiegene Interesse am Kurzwellenempfang im In- und Ausland (Export) und an kompakten, preiswerten aber leistungsfähigen Autoradios mit niedrigem Stromverbrauch,
- ein sich abzeichnender Bedarf an einem rauschfreien UKW-Bezirksempfang (etwa 50 km) für Bild-, Ton- und Musikübertragungen (Rundfunk / Fernseh-Ton).

Gefragt waren deshalb Röhren, die elektrisch besser, mechanisch ausreichend stabil und in ihren Abmessungen reduziert sein sollten und sich wirtschaftlich vertretbar herstellen ließen, damit die Geräteproduktionskosten gesenkt und die

Exportmöglichkeiten verbessert werden konnten. Für den Export nach Übersee war es zwischenzeitlich entscheidend - da werbewirksam -, hochwertige Empfänger, deren Preise über denen der Konkurrenz lagen, mit „modernen Röhren“ (Oktal-Metall / Glas-Röhren, „rote Röhren“) auszurüsten. Firmen wie Blaupunkt und Körting sahen sich 1937, je nach Exportland, genötigt, ihre Geräte zum Teil mit US-Ganzmetallröhren oder „roten Röhren“ von Philips zu bestücken [219].

Als eine der sehr frühen Lösungen erwies sich 1936/37 - ohne daß bei Entwicklungsbeginn 1935 der UKW-Bereich ($\lambda = 5 - 7$ m) schon konstruktiv Berücksichtigung fand - hier das Konzept der E-Stahlröhren. Mit dieser ursprünglich nur für Autoradios vorgesehenen Röhrenserie ließen sich jedoch auch noch die Belange des Fernsehens im 7-m-Band abdecken. Wie der zwischenzeitliche Verlauf der KW/UKW-Röhrenentwicklung bei Telefunken (WM-Röhren) zeigte, kam für Anwendungen unterhalb von $\lambda = 3$ m dagegen nur noch eine Allglasausführung in Betracht [139b].

Metall-Röhren des Auslandes - die Vorläufer

Das Prinzip, auf den Glaskolben zu verzichten, war nicht neu (DRP 329231 von 1917 der Dr. Erich F. Huth GmbH), sondern hatte 1933 einen kurzlebigen Vorläufer in den luftgekühlten englischen Außenanodenröhren von Marconi-Osram Valve Co. (M.-O.V.), deren Aufbau einer wassergekühlten Senderöhre entlehnt war („Catkin“-Röhren; Cat = cooled-anode-transmitter) [197].

1933/34 entwickelte die GE (*G. F. Metcalf, J. E. Beggs, R. J. Boundley* und *W. C. White*) die „all-metal vacuum tubes“, deren Fertigung und Ausstattung mit dem Oktal-Sockel die RCA übernahm [220].

1935 kam die RCA auf Grund völlig herabgewirtschafteter Röhrenpreise mit großem Werbeaufwand, aber überstürzt, mit den „all-metal receiving tubes“ auf den heiß um-

kämpften amerikanischen Markt, um damit die an Philco verlorenen Marktanteile zurückzugewinnen. (1935 bediente Philco etwa 40 % des Radiomarktes.) Die bei der Einführung noch nicht herrschende Großserien-Fertigungstechnik brachte der RCA 1935 viel Ärger und hohe Verluste ein (rund 40 % Ausschuß und hohe Rücklieferungsraten der Radiohersteller) [134, 221, 222, 223, 224].

Infolge der hohen Investitionen in Fertigungseinrichtungen und Werbung gab es offensichtlich kein Zurück mehr. Nach Überwindung der größten Probleme (zum Beispiel mit dem Vakuum) erreichten die Röhrenhersteller RCA, Tung-Sol und Raytheon, daß 1936 etwa 30 % der amerikanischen Empfänger mit Ganzmetallröhren bestückt wurden.

Damit war der Durchbruch geschafft, auch wenn die Herstellungskosten zirka 45 % über dem der Glasröhren lagen, was zwischen 1936 und 1938 zu einer geänderten

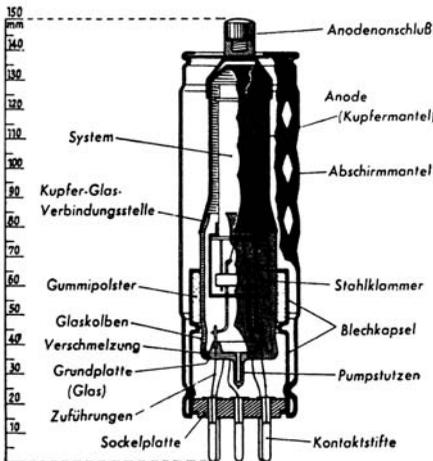


Bild 1: Schnitt durch den Innenaufbau einer Catkin-Röhre der M.-O.V., dem ersten Modell einer Empfängerröhre, bei dem ein Teil des Kolbens aus Metall gefertigt war. Der obere Teil des Kolbens ist aus Kupfer (Anode), dem ein ringförmig angeschmolzenes Glasrohr als Unterteil folgt. Die Durchführungen sind kreisförmig aus der Grundplatte aus Glas herausgeführt - quetschfußloser Aufbau.

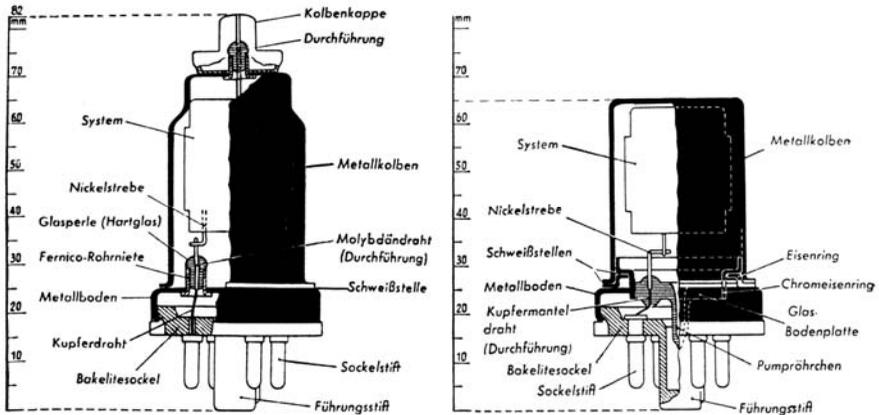


Bild 2: All-metal vacuum tubes (GE/RCA).

- a) Ausführung mit Fernico-Elektrodendurchführungen im Metallboden und im Kolbendom (1935).**
b) Einendige Ausführung (Glasboden mit Kupfermanteldraht-Elektrodenzuführungen) von 1938. Siehe dazu im Vergleich die Grundplatte der Catkin-Röhre.

Konstruktion, der „single-ended-tube“ mit Pressglasboden, führte. Aus der 6K7 wurde so eine 6SK7. (Bild 2)

Von der GE-Metall-Röhrentechnik übernahm Telefunken im Rahmen des gegenseitigen Patentabkommens mit GE und RCA vor allem die Glastopfeinschmelzung der Elektrodendurchführung über „Fernico“- (Eisen-Nickel-Kobalt-) Rohrnieten im Bereich der metallenen Bodenplatte. (Die günstigen Eigenschaften der Nickel-Eisen-Kobalt-Legierungen wurden wohl erstmals 1916 von E. Friedrich bei Osram in Verbindung mit seinen Arbeiten zum Einschmelzwerkstoff Eisen-Molybdän-Kobalt erkannt und erwähnt.)

Das teure und aufwendige Ver-

fahren der einzeln isolierten Elektrodenzuleitungen (Durchführungen) ersetzte die RCA aus Kostengründen Ende 1938 serienmäßig durch einen Pressglasboden mit dünnen Kupfermanteldraht-Durchführungen, der in einen Chromeisening angeglast wurde. Die dadurch elektrisch verbesserten Röhren mit geringen Eingang- und Ausgangskapazitäten fanden zum Beispiel 1939/40 Verwendung in den ersten serienmäßigen UKW-FM-Empfängern ($\lambda = 7,1 - 6 \text{ m}$) in den USA [198, 199, 225, 226a].

In der 1935er-Bauform der RCA-Ganzmetall-Röhren stellte auch Philips für die Märkte in Europa und Übersee (mit Ausnahme der USA - da Heimatschutz durch die RCA - und Deutschland) eine große

Anzahl dieser Röhren her [200, 201].

Stahlröhren

Von der strategischen Zielverfolgung, gleiche Typen möglichst auf allen Märkten zu haben, wich man 1936 im Zusammenhang mit der Schaffung der Stahlröhren bei Telefunken und den „roten Röhren“ durch Philips ab. Philips war zum damaligen Zeitpunkt nicht geneigt, die Stahlröhrenserie mitzumachen.

Nach den schlechten Erfahrungen der RCA mit der Markteinführung der „all-metal tubes“ 1935 war man sich bei Telefunken auch nicht sicher, ob die Serie ohne Risiko zu fertigen war. Es kam deshalb erstmals in der Röhrengeschichte der Firma zu einer Rückstellung von RM 400.000 für den Eventualfall. Sicher auch eine späte Nachwirkung des Arcotron-Röhrendesasters, bei dem damals etwa 250.000 Röhren, Produktionsmittel und die Entwicklungskosten als Verlust abgeschrieben werden mußten [137, 202]!

Die Entwicklung der deutschen Metallröhre „Stahlröhre“ begann 1935 mit einem horizontalen Systemaufbau und der Schaffung einer 1,25-W-Katode. In Form einer Pilotserie kam es 1936/37 zu einer begrenzten Auflage einer 4 + 4-Stiftanordnung mit der Kennziffer „10“ (z.B.: EF10) [137, 138, 203, 226, 226b].

Bis etwa Sommer 1936 liefen in

Mustern Labortypen unter der internen Osram-Bezeichnung „N 3xx“ beziehungsweise mit einer einstelligen Kennziffer und Topfsockel (EF7) [138].

Im April 1937 erfolgte dann eine generelle Umstellung der Ausführungen (in Stahl und Glas) von der Kennziffer zehn auf elf und im August 1937 der Versand von Muster- röhren an die apparatebauende Industrie. (Erste Bemusterung für Autoradios und Hochleistungs-Heimempfänger.) [227, 228]

Der eigentliche Start der Stahlröhren-Serie in der endgültigen Ausführung mit 3 + 5-Stiftanordnung und neuem Führungszapfen kam mit den Lieferungen an die Gerätehersteller im Januar 1938.

Den praktischen Eignungsnachweis lieferte ein Großversuch unter den harten Betriebsbedingungen damaliger Automobil-Empfänger (Stoß-

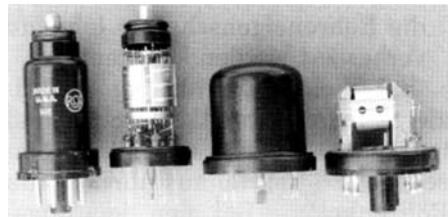


Bild 3: *Ganzmetallröhren im Vergleich.*

links: RCA-Ausführung von 1935

rechts: Telefunken-Ausführung von 1938, bei der man von GE den Metallkolben, die ringförmige Verschweißung des Kolbens mit der Bodenplatte und die Fernico-Rohrrieten für Elektrodendurchführungen im Bereich der Bodenplatte übernommen hatte.

belastung durch Kopfsteinpflaster und mäßige Federung sowie Vibration) im Frühjahr 1938 [140, 145].

Der erfolgreiche Start der Stahlröhre und die vertraglichen Lieferverpflichtungen gegenüber Telefunken (Quotenröhren) führten zu einer Fertigungsaufnahme durch Philips und Valvo im August 1938 [137, 204, 226c, 226f, 226g]. Den geplanten Aufbau einer Stahlröhrenfertigung im Röhrenwerk Prag verhinderte der 2. Weltkrieg [229].

Die Gründe zur Schaffung der Stahlröhren beruhten im Wesentlichen auf:

- zahlreichen Erkenntnissen, die man bei Telefunken mit dem Studium der Rundfunkgeräte-Anforderungen erhalten hatte, und
- zwischenzeitlich gewonnenen Erfahrungen sowie neuen Erkenntnissen (auch durch die Entwicklung der Kleindröhren), mit denen die Röhreneigenschaften lohnend verbessert werden konnten.

Bei dieser Ausführung praktizierte man erstmalig durchgehend bei allen Mehrgittertypen eine einseitige Elektrodenausführung am Röhrenboden. Bei den leistungsstarken End- und Gleichrichterröhren blieb man aus thermischen Gründen beim bewährten Glasaufbau.

Der Erfolg der Stahlröhren gründete sich nicht auf eine überragende Erkenntnis im Bereich der elektrischen Eigenschaften der Rundfunkröhren, sondern basierte auf einem neuartigen Konstruktionsprinzip und verbesserten elektri-

schen Eigenschaften. Die Synthese beider Maßnahmen wirkte sich bei den HF-Typen sehr vorteilhaft auf die KW-(UKW-) Einsatzbedingungen aus:

Konstruktive Neuerungen

- einendige Ausführung der Elektroden,
- horizontal angeordnetes, kompaktes und freitragendes Elektroden-system (Glimmerbrücken, die Gitter und Katode halten, werden selbst durch die Anode getragen) zwischen zwei stabilen U-förmig gebogenen Profilträgern starr auf dem Stahlboden verankert (garantierte eine hohe mechanische Stabilität und Klingsicherheit).

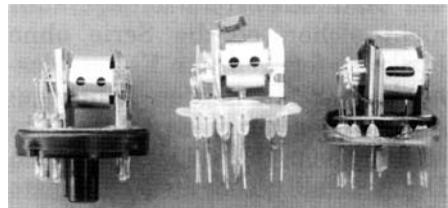


Bild 4: *Stahlröhre und Ersatz-Bauform (ECH11) mit waagerechtem Systemaufbau (v.l.):*

a) Telefunken, 1938.

b) Tungstram, Allglas-Ausführung mit Metallhaube, 1939.

c) Funkwerk Erfurt (ehemals Telefunken), Glaskolben mit Außenmetallisierung, 1947.

Bei den Ausführungen b) und c) ist die Bodenplatte (Systemträger) weniger stabil an vier dünnen Durchführungs-Drähten befestigt.

Die Ausführung c) entspricht mit geringen Änderungen im Glasboden der Tungstram-Röhre.

Elektrische Verbesserungen

- kurze Elektrodenzuführungen,
- gleichmäßige Wärmeverteilung auf der Katode mit einem reduzierten Heizleistungsbedarf von 1,25 W gegenüber 2 W bei vergleichbaren US-Typen,
- bessere Entkopplung der Elektroden-Zuführungen durch:
 - Ausführung an verschiedenen Seiten des Systems,
 - Ausnutzung der Abschirmwirkung des metallenen Bodens,
 - geräteseitiges über die Fassung hinausragendes Abschirmblech,
- optimalere gegenseitige Entkopplung bei Verbundröhren (Beispiel: EBF11, ECH11),
- vereinfachter und kapazitätsarmer Schaltungsaufbau unterhalb des Chassis mit kurzen steifen Drähten, dadurch Verzicht auf Abschirmschlauch und Beseitigung der Fehlerquelle „Gitterkappe“,
- Vermeidung der Streukapazitäten zwischen den Sockelstiften von Gitter und Anode – verhindert durch das Pumpröhrchen (nicht neu) und ein durch die Fassung ragendes senkrechtes Abschirmblech als geräteseitige Maßnahme,
- Reduzierung der Verstimmung des Gitterkreises beziehungsweise der Frequenzverwerfung des Oszillators durch:
 - Verkleinerung der Elektrodenabstände $k - g_1$ und $g_1 - g_2$ (= kleine Raumladungskapazität),
 - Verringerung der Heizleistung (1,25 W statt 4 W bei ACH1),
- Verringerung der HF-Verzerrungen durch selbsttätige Anpassung

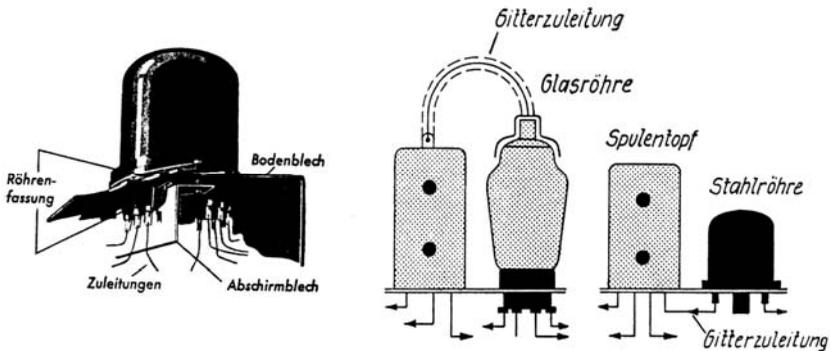


Bild 5: Glasröhre - Stahlröhre im Vergleich:

- Die einendige Ausführung bringt bei KW-/UKW-Verstärkung elektrische und schaltungstechnische Vorteile gegenüber einer Röhre mit Gitterkappe (rechte Abb.).
- Das durch einen Schlitz in Sockel und Fassung bis in den Bereich der metallischen Bodenplatte der Stahlröhre hineinragende Abschirmblech verbessert zusätzlich die Entkopplung zwischen Gitter- und Anodenkreis (linke Abb.).

sung des Aussteuerbereiches der geregelten Röhre an die Signalgröße (gleitende Schirmgitterspannung),

- Reduzierung des Röhrenrauschens durch ein großes Stromverhältnis $I_{g2} - I_a$ (Beispiel: 1 : 7,5 bei der EF13).

Sonstige Änderungen

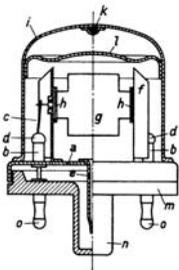
- verbesserte elektrische und magnetische Abschirmung durch eine metallische Hülle (nicht neu),
- Wegfall der Kontaktprobleme mit der aufgespritzten Außenmetallisierung bei losem Glaskolben.
- keine Glasbruchgefahr (nicht neu).

Nachteil

- Unvorteilhaft war der verhältnismäßig große Sockeldurchmesser

von 43 mm (ab Ausführung III 1941: 40 mm), der den Bau kompakter Kleinsuper behinderte. (Eine Schubladenkonstruktion von 1941 belegt, daß es grundsätzlich möglich war, auch Stahlröhren mit einem Durchmesser von 20 mm herzustellen [226e].) Wie hingegen geniale Konstrukteure zu einer kompakten Ausführung - ohne verschenkten Raum - kamen, zeigt deutlich das Titelbild der FG Nr. 138 (Körting Autosuper AS 7430)!

Durch die funktionale Abstimmung der elektrischen Eigenschaften (harmonische Röhrenserie) entsprach diese Röhrenserie auch den Anforderungen an anspruchsvolle Empfängerkonzepte, vor allem mit der rauscharmen EF13 auf Kurzwelle. Ergänzt um eine steile Breit-



Aufbau einer Philips Stahlröhre mit horizontalem Systemaufbau (links).

a Stahlboden, b Metallröhrchen, c Elektrodenzuleitung, d Glasisolation, e Pumpstengel, f Metallstützen, g Elektroden-system, h Glimmerisolation, i Stahlkolben, k Getter, l Metallschirm zur Abschirmung des Getters, m Sockel aus Kunstharz, n Pumpstengelschutz, o Außenkontakte.

Europäische Ausführung der Radioröhre mit Metallkolben (rechts). Der Innenaufbau ist waagrecht aufgestellt.

1 Glasperle, 2 Molybdändurchführungsdraht, 3 Nickel- oder Kupferanschlussdraht, 4 Nickelstrebe, 5 Fernico-Rohrniete, 6 metallene Bodenplatte, 7 Metallkolben, 8 Bakelit „Sockel“, 9 hohler Kontaktstift, 10 Bakelitsucher, 12 Innenaufbau.

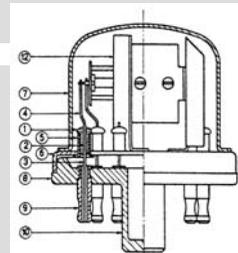


Bild 6: Die „Philips-Stahlröhre“ beziehungsweise die „Europäische Ausführung der Radioröhre mit Metallkolben“ (Philips-Darstellung) entsprechen, bis auf nebensächliche Details, den Telefunken-Ausführungen I und II (Januar 1938 - Juni 1941).

bandpentode für den Bild-ZF- Verstärker (EF14) deckte diese Serie auch die Belange des Fernsehens im 7-m-Band ab [205a-d, 206, 226a].

Anfang 1939 verzichtete Telefunken aus fabrikatorischen und wirtschaftlichen Gründen darauf, Rundfunkröhren in einer Allglas-Ausführung (Glaspressteller-Aufbau) herauszubringen. Ausschlaggebend war vor allem die geringe Ausschussrate der Stahlröhren, die im Gegensatz zu den Presstellerröhren für die Wehrmacht (und der Versuchsfertigung einiger Tausend Röhren EL11N und AZ11N) noch unterhalb der der Quetschfußröhren lag [207, 208, 229].

Die Stahlröhren-Serie, die Philips mit dem Begriff „Europäische Ausführung der Radioröhre mit Metallmantel“ umschrieb, zählte bei Philips, selbst nach Erscheinen der (eigenen) Allglas-Röhren 1941, zu den besten Röhrenserien: „...genügt technologisch in allen Hinsichten.“ [200].

Etwa um die Mitte des Krieges wurde die Verwendung von modernen Rundfunkröhren, so auch der Stahlröhren, in WM-Geräten gestattet, die sich in der Folgezeit nicht unerheblich durchsetzten (1944/45 im Funkmeßgerät „Berlin“ der Luftwaffe oder im UKW-Leitstrahl-Empfänger UKE7 „Viktoria“ der Fernrakete V2) [209, 209a].

Ein elektrischer Vergleich hinsichtlich Kürze und Entkopplung der Zuleitungen zeigte, daß die Stahlröhre bis herab zu $\lambda = 5$ m

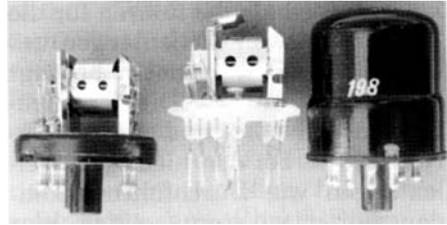


Bild 7: Die Tungoram-Ausführung der Stahlröhre (rechts und Mitte) zeigt im Vergleich mit dem Original längere Elektrodenzuleitungen.

einer Allglasausführung gleichwertig war. Darüber hinaus existierten 1938 bei Osram Labormuster einer Glasversion [205a, 182].

Eine Ausführung mit Glasboden und unstabilerem Stahlröhren-Systemaufbau, bei dem ein Metallmantel die Abschirmung und den mechanischen Schutz übernahm, brachte Tungoram 1939 in Österreich und England auf den Markt [210, 210a].

Die Vorstellung von Empfänger-röhren in einer vollkeramischen Ausführung, auch in der Form einer Stahlröhre (Labormuster Hescho / Telefunken), zeigte neben der Laborausführung einer Allglasausführung weitere Möglichkeiten des Röhrenbaus auf. Mit diesen Ausführungen hätte man zwar die UKW-Eigenschaften wesentlich verbessern können, aber es wären dazu weitere Großversuche erforderlich gewesen. Zu dieser Zeit, hatte Telefunken jedoch mehr als genug mit der Entwicklung der WM-Röhren zu tun [213, 226d].

Die Grenzwellenlänge der 1938 verfügbaren Stahlröhren lag um

$\lambda \approx 3$ m, weshalb die Röhren für die Verstärkung von Wellenlängen unter $\lambda = 4$ m nur noch bedingt brauchbar waren. Die Fernico-Hülsen der Elektrodendurchführungen, die bei den niedrigen Wellenlängen wie Durchführungskondensatoren wirkten, setzten hier Grenzen [211, 212].

Noch im Krieg (1943/44) konnte bei der EF12spez. die Verstärkungsgrenze auf über $\lambda = 2$ m heraufgesetzt werden - aber es war in der Nachkriegszeit, als das Fernsehen im 1,5 m-Band vor der Tür stand, das Ende der Technologie [230].

Allglas-Röhren für Rundfunk- und Fernseh-Anwendung

Die technische Überlegenheit der einseitigen Ausführung der Elektroden setzte sich weltweit durch -

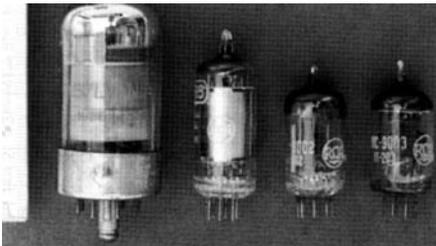


Bild 8: *Amerikanische Allglas-Stiftrohren (v.l.):*

- *Loctal-Röhre (7er-Serie, 8-Stiftboden), Sylvania Inc., USA, 1939.*

- *Batterie-Röhre (1er-Serie, 7-Stiftboden), RCA, USA, 1939.*

- *UKW-Röhren 9002 und 9003 (7-Stiftboden), RCA, USA, 1941.*

es folgten weitere Hersteller, wie die RCA, die bei ihren Stahlröhren 1938 dazu überging, die Sylvania Co. 1939 mit den Glasröhren der „Loctal“-Serie und die RCA Ende mit den Miniatur-Batterieröhren (7-Stift-Allglasröhren). Diesen ersten sockellosen Allglas-Röhren für den zivilen Markt folgten Ende 1941 die indirekt geheizten UKW-Röhren 9003 (Pentode) und 9002 (Triode). Der damit auch bei indirekt geheizten Röhren eingeführte 7-Stift-Miniatur-Röhrenkolben (0 = 19 mm) fand nach dem Krieg weltweite Verbreitung, so auch in Deutschland (Beispiel: EC92) [214, 215].

Nachdem auf dem Gebiet der Stahl-/Pressglasröhren in der Vergangenheit schon häufig Besprechungen zwischen Philips und Telefunken stattfanden, kam es Anfang 1938 zu einer grundsätzlichen Entwicklungsrichtlinie für eine neue Röhrenserie in Pressglastechnik. Die Entwicklungsaufgabe umfasste im ersten Schritt zwei Typen, die von jedem Partner zu bearbeiten waren. Sollte sich, im Rahmen von Großversuchen mit diesen Typen, ein günstigerer Herstellungspreis ergeben, war geplant, weitere Typen in Allglas umzusetzen. Die bei Telefunken nach einer längeren Probefabrikation gemachten Erfahrungen mit den vereinbarten Typen EL11N und AZ11N entsprachen jedoch nicht den Erwartungen. Telefunken zog deshalb die schon bei den Apparatefabriken bemusterten Röhren Anfang 1939 zurück.

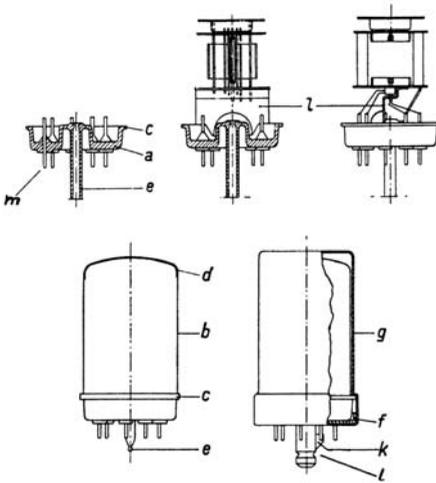


Bild 9: Konstruktive Einzelheiten der Allglasröhre mit Aluminium-Schutzmantel (9-Stiftboden) am Beispiel der Breitband-Verstärker-röhre EF 50 für Fernsehwendungen von Philips (1939).

a Pressglasboden (Napfform), **b** Glaskolben (abgeschmolzene Röhre), **c** Glasverbindungsflächen Napf-Kolben, **d** Getterbelag (innen), **e** Pumpstutzen (Glas), **f** Befestigungsring, **g** Al-Abschirm- und Schutzhülle, **k** schlüsselförmige Suchnase „Metallsucher“, **l** Arretierungsnut, **m** Chromeisenstifte, **z** Schirmblech mit Systemaufbau.

Die Erfahrungen von Philips wurden Telefunken nie recht bekannt, jedoch kündigte wenige Monate später Philips die Absicht an, eine vollständige Pressglas-Serie auf den Markt zu bringen. Philips informierte im Sommer 1939 auch die Apparatebauer über diese Absicht und lieferte Muster-

röhren. Telefunken hielt dies bei dem Stand der Technik für nicht verantwortlich und überließ es Philips, an dieser Pressglas-Serie allein weiterzuarbeiten [208, 229].

Bei dieser neuen Röhrengeneration dienten massive Durchführungsstifte aus Chrom-Eisen in einem Pressglasnapf als Aufbaubasis für ein senkrecht stehendes System, wie auch der direkten Kontaktgabe mit der Fassung.

Wegen des schlüsselförmigen zentralen Suchstiftes liefen diese Röhren später unter dem Begriff „Schlüsselröhren“ [147a].

Bei Kriegsausbruch (Sept. 1939) zog Philips die Pressglas-Serie sofort zurück. Telefunken erschien die offizielle Begründung für diesen Schritt vorgeschoben, man wurde das Gefühl nicht los, daß diese Serie noch nicht reif für eine Massenfertigung war. Nachprüfungen, die Telefunken an WM-Röhren in Preßglastechnik (RV12P4000, LG1) aus der Fertigung von Philips vornahm, schienen diese Annahme

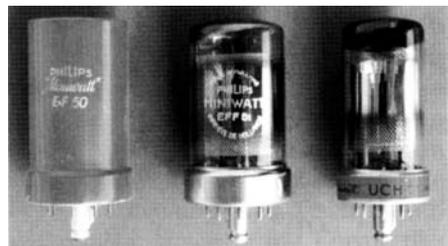


Bild 10: Allglasröhren mit Metallmantel beziehungsweise Metallmantelkragen von Philips (v.l.): 9-Stiftausführung EF50, EFF51, (1940); 8-Stiftausführung UCH21 (1941).

zu bestätigen. Danach hatte Philips selbst bei einfacheren Typen (RV12P4000) wie den Rundfunk-Pressglasröhren im Herbst 1940 noch größere Vakuumschwierigkeiten (Luftzieher) als Telefunken [208, 216].

Die erste in Pressglastechnik in einer Reihe von Sonderröhren gefertigte Type war die für Fernsichtwendung vorgesehene Breitbandpentode EF50 (neun Kontaktstifte, Fußdurchmesser = 34 mm, Aluminium-Schutzmantel) [147a].

1940 folgte die bis $\lambda = 50$ cm verwendbare UKW-Gegentaktpentode EFF50 und Ende 1940 kam eine mit doppelt herausgeführter Katode versehene UKW-Röhre EF51 heraus, die bis $\lambda = 1,5$ m verwendbar war. Entgegen dem vorgesehenen friedlichen Zweck fand sich vor allem die EF50 in deutschen und als VR91 beziehungsweise VT250

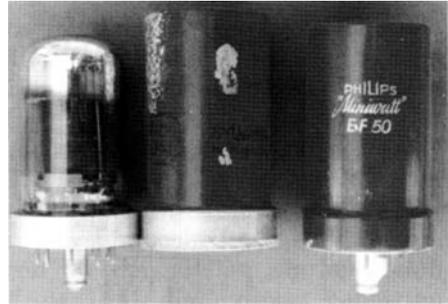


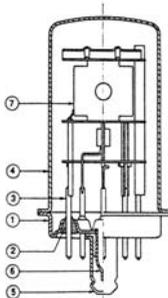
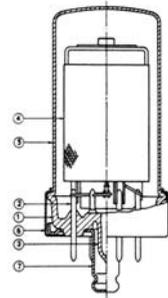
Bild 11: Von Philips-Curacao! North American Philips Comp., Inc. gewünschter Nachbau der Breitbandpentode EF50, zum Beispiel durch Sylvania, USA.

in alliiertem Kriegsgerät [165, 153b, 217].

Im Sommer 1940 kam Philips aber auch mit der überarbeiteten Pressglas-Röhrenserie für Rundfunkanwendung (2ler-E- und -U-Serie) heraus, die fabrikatorische

Querschnitt einer gläsernen Philips Schlüsselröhre (rechts). Die eingeschmolzenen Stifte machen unmittelbar Kontakt in der Röhrenfassung; der bei den früheren Röhrenaufbauten vorhandene Sockel ist in Fortfall gekommen.

1. Pressglasboden, 2. Chromeisenstift, 3. gläserne Pumpröhre, 4. Innenaufbau, 5. Glaskolben, 6. Befestigungsring, 7. Metallsucher.



Querschnitt einer metallenen Schlüsselröhre (links). Die äußeren Abmessungen, die Anordnung der Stifte und der Aufbau der Innenteile sind genau dieselben wie bei den gläsernen Schlüsselröhren.

1. metallene Bodenplatte, 2. Glasperle, 3. eiserner Durchfuhrstift, 4. Metallkolben, 5. Metallsucher, 6. metallene Pumpröhre, 7. Innenaufbau.

Bild 12: Ganzstahl- und Allglasausführung der 8-Stift-Schlüsselröhren von Philips (1941).

Erleichterungen beinhaltete und bei der man stillschweigend den Loctal-Sockel von Sylvania übernommen hatte. In dem Ankündigungsschreiben teilte Philips mit, dass es unbestimmt sei, ob diese Röhren nicht doch noch in Stahlausführung gefertigt würden [208].

Bei dieser parallel entwickelten alternativen Ausführung mit senkrecht stehendem System machte man, gegenüber der deutschen Stahlröhre, von einer preiswerteren Chromeisen-Glaseinschmelzung der Durchführungsstifte Gebrauch, was zudem geringere Eingangs- und Ausgangskapazitäten ermöglichte [200].

Letztendlich verhalfen, auch auf dem Gebiet der Rundfunkröhren, wohl die noch größeren Vorteile der Allglasröhren diesen zum Durchbruch [218].

Diese Allglasröhren („Schlüsselröhren“) von Philips unterschieden sich gegenüber den Stahlröhren von Telefunken durch:

- noch geringere dielektrische Verluste bei KW/UKW (kleinere Ein- und Ausgangskapazitäten),
- kleinere Kapazitätsänderungen in der Anheizphase (Halbierung der Werte gegenüber einem Quetschfußaufbau bei $\lambda = 15$ m),
- eine innere Abschirmung (Metallgaze),
- kleinere Abmessungen (\varnothing Falzring = 31,5 mm),
- Verwendung von Kolbenrohr gleichen Durchmessers (27,5 mm) auch für Gleichrichter- und Endröhren (aber unterschiedlicher Länge),

- geringeres Gewicht,
- die vorzugsweise Verwendung von leichter erhältlichen Werkstoffen, was im Krieg eine Rolle spielte,
- weniger Materialverbrauch.

Wie man bei Philips 1941 bezüglich einer Ausführung in Glas oder Stahl dachte, faßte *Th. P. Tromb* wie folgt zusammen: „Zusammenfassend können wir sagen, daß es für das Rundfunkgebiet möglich geworden ist, uns weitgehend von der Frage „Metall“ oder „Glas“ frei zu machen, so daß die Entscheidung hierüber keinen Einfluß mehr auf die weitere Entwicklung des Gerätebaus zu haben braucht, und lediglich Überlegungen praktischer Art (in bestimmten Fabriken vorhandene Einrichtung beziehungsweise zur Verfügung stehende Werkstoffe oder andere besondere Umstände) in Zukunft den Ausschlag für die Wahl der zu folgenden Technik geben werden.“ [200]

Die „Schlüsselröhren“ (ECH21, EF22) können als die ersten sockellosen Rundfunkröhren in Europa angesehen werden, die – obwohl nicht dafür vorgesehen – auch noch für UKW-Anwendungen im 3-m-Band geeignet waren und deren weitere Verkleinerung nach dem Krieg zu den „Rimlock“-Röhren (1946) führte. Aber aktuell leitete Philips mit diesen schlanken „Schlüsselröhren“, in Form des Zwergsuper 203U (1941), innerhalb Europas erfolgreich die Miniaturisierung im Rundfunk-Apparatebau ein [231].

Danksagung des Autors

Am Ende der Röhrenbeiträge möchte ich mich herzlich bei *Werner Diedrich* bedanken, der im Zusammenhang mit der Studiengesellschaft für Elektronengeräte und Valvo mit Informationen behilflich war. Dank an *Winfried Müller*, der Informationen über die Nachkriegsfertigung der Metall-Keramik-Röhren in der DDR und UdSSR lieferte, *Werner Thote*, der Informationsblätter über RAFENA-Richtfunkgeräte kopierte und Kennwerte von MK-Röhren der UdSSR beschaffte, sowie bei *Heinz Trochelmann*, der Fotos der Röhren Oeconom N, von Eichel-Röhren und der LD12 anfertigte.

Literatur:

- [197] Bergtold, F.: Die Röhre ohne Glas- kolben. FS, 1933, H. 23, S. 181.
- [198] Saic, FC: Neue amerikanische Stahlröhren. ETZ, 60. Jg. (1939), H. 8, S. 222.
- [199] o. Verf.: Frequenzmodulation in den USA. Radio-Mentor (RM), 1939, H. 11, S. 468.
- [200] Tromb, Th. R: Technologische Fragen bei der Gestaltung von Radioröhren. Philips T. Rdsch., 6. Jg. (1941), Nr. 11, S. 321-328.
- [201] : [122], S. 4.
- [202] *): Röhrenlieferungen der Röhrenfabrik (Osram) an Telefunken, 1.7. - 31.12.1930, S. 2,7.*) Osram Röhrenfabrik, Abt.: Rf V S./Mr.
- [203] Daene: Entwicklungs-Kurzbericht, Pkt. 3,) Ganzmetallröhren, 21.12.1935, S. Iff, Osram, Abt.: Rf E Entw.
- [204] o. Verf.: Geschichte der Elektronenröhre und ihre Entwicklung bei Valvo (1904-1975). Unveröffentlichtes Manuskript der Valvo GmbH, Hamburg.
- [205] Autorenkollektiv: Rundfunkröhrenprogramm 1938/39. (Techn. Berichte über Röhrenprobleme.) Tfk-Röhre, Sonderheft, Beilage zu H. 13, August 1938.
- [205a] Steimel, K: Das Rundfunkröhrenprogramm 1938/39. [205] Vorbemerkungen, S. 2-27
- [205b] Steimel, K. und Schiffel, R.: Die Regeleigenschaften der Stahlröhrenserie. [205], S. 28-40.
- [205c] Ratheiser, L.: Die rauscharme Regelpentode EF13. [205], S. 50-71.
- [205d] Kettel, E.: Die Frequenzverwerfung des Oszillators in der Mischstufe. [205], S. 103-112.
- [206] Schloemilch, J.: Rückblick auf den Entwicklungsgang der Fernseh-Spezialröhren. Tfk-Röhre, 1937, H. 17, S. 260-274.
- [207] Steimel, K: Stand und Zukunftsaussichten der Rundfunkröhrenentwicklung. Tfk-Ztg., 21. Jg. (1940), Nr. 84, S. 7-16.
- [208] Steimel, K: Stellungnahme zu einem Auszug eines technischen Protokolls einer Besprechung Philips - Telefunken am 28.1. 1938 in Eindhoven (Thema: Pressglasröhren) vom 9.12.1940, S. 1-5.
- [209] Brandt, L. [Hrsg.]: Berlin - Fibel. 1. vorl. Ausgabe, Juli 1944. Ausschuß für Funkortung. Sonderbücherei der Funkortung. Verkehrs- und Wirtschaftsverlag, Dortmund.
- [209a] Trenkle, F.: Die deutschen Funklenkverfahren bis 1945. S. 118-124, AEG-Telefunken, Ulm 1982.

- [210] Tetzner, K.: Glasröhren mit Stahl-„Gesicht“. FS, 1939, H. 28, S. 223.
- [210a] o. Verf.: Footless Valves. New Tungstram range for short waves. The Wireless World, 1939, 25. May, S. 487 ff.
- [211] : [179], S. 40.
- [212] : [44], S. 60.
- [213] o. Verf.: Vollkeramische Empfängerröhren. FS, 1939, H. 33, S. 264.
- [214] o. Verf.: Immer neue Röhrenreihen. RM, 1939, H. 7, S. 266 ff.
- [215] Buchlin, K. G.: Miniature Battery Tubes. Electronics, 1939, November, S. 27 ff.
- [216] *): Aufstellung der an Philips gegebenen und angenommenen Aufträge vom 1.4.1941. *) Telefunken, Abt. Rö K/Hst. Ltg.
- [217] : [122a], S. 86 ff.
- [218] Kretzmann, R.: Pressglas-Röhren. FTM, 1941, H. 10, S. 156-159.
- [219] Wigand, R.: Spezial-Export-Superhets. RM, 1937, H. 9, S. 170 ff. und H. 10, S. 298 ff.
- [219a] Wigand, R.: Metallröhren in deutschen Exportempfängern. RM, 1937, H. 9, S. 273 ff.
- [220] Pike, O. W and Metcalf, G. F.: Allmetal vacuum tubes. Electronics, 1934, Oct., S. 312 ff.
- [221] o. Verf.: All-metal receiving tubes. Electronics, 1935, April, S. 116 ff.
- [222] Metcalf, G. F. and Beggs, J. E.: The manufacturing technique. Electronics, 1935, May, S. 149-151.
- [223] *): Amerika-Reiseberichte über amerikanische Röhrenhersteller (RCA, Tung-Sol) aus dem Zeitraum 1935-36. *) maßgebender Mitarbeiter von Osram, Telefunken, Siemens.
- [224] Ewald, Dr.: Altes und Neues zur Metallröhrenfrage. Funktechnischer Vorwärts (F.T.V.), 1936, 30. Okt., Gruppe I, S. 613-616.
- [225] Kelly, R. L., and Miller, J. F.: Single ended RF-Pentodes. Electronics, 1938, Sept., S. 26-28.
- [226] Eberhard, K.: Aufbauangaben für Ganzmetallröhren mit Stiftsockel vom Juni 1936.
- [226a] Roschy, J.: Stahlröhren - Irrweg der Röhrenentwicklung? FG 24 (2001), Nr. 138, S. 159-174.
- [226b] Schmidt-Pauly, H.: Rätselhafte Stahlröhren. FG 24 (2001), Nr. 139, S. 246.
- [226c] Börner, H.: Deutsche Stahlröhren auch von Philips. FG 24 (2001), Nr. 139, S. 247-250.
- [226d] Börner, H.: Stahlröhren aus Keramik - kein Aprilscherz. FG 24 (2001), Nr. 140, S. 312 ff.
- [226e] Müller, W.: Über eine Experimental-Miniatur-Stahlröhre von Telefunken. FG 25 (2002), Nr. 141, S. 46 ff.
- [226f] Scharschmidt, W.: Deutsche Stahlröhren auch von Valvo. FG25 (2002), Nr. 141, S. 46 ff.
- [226g] Diedrich, R.: Zur Stahlröhrenfertigung bei Valvo/Hamburg und Philips/Eindhoven. FG 25 (2002), Nr. 141, S. 49 ff.
- [227] Steimel, K.: Protokoll der Besprechung zwischen Philips, Tungstram und Telefunken am 10.3. 1937, betr. Röhrenprogramm 1938/39 vom 11.3.1937.
- [228] Steimel, K.: Vorläufige Bemusterung der neuen Typen für das Röhrenprogramm 1938/39. Techn. Röhren-Mitteilungen für Bauerlaubnisnehmer. Rundschr. T18 vom 5.8.1937.
- [229] Mey, Dr.: Stahl- oder Pressglasröhre? Telefunken-Röhrenwerk, Berlin, 1. Aug. 1940.
- [230] o. Verfasser: Röhrenentwicklung 1943/44. Telefunken Röhrenwerk, Berlin.
- [231] Opperskalski, K.: Die deutschen Export-Radios 1940 bis 1944. Teil 8. FG 22 (1999), Nr. 128, S. 300-305.