

Auszug aus dem Fachbuch «Radios von gestern»  
(Ernst Erb)

Wir haben die Seitennummerierung so eingesetzt, dass sie dem Buch entspricht. Damit können sich Leerstellen (zu Beginn oder am Ende) ergeben.

Sie sind eingeladen, Fehler in diesem Buch zu melden oder den fachartikeln Zusätze in Ihrem Namen anzufügen. Dazu können wir Ihnen die Schreibrechte einstellen. Fehlerkorrekturen möchten wir in einem günstigen Arbeitsbuch mit einfließen lassen, sobald die jetzige Form (3.Auflage) ausverkauft ist. Zusatzartikel verbleiben aber hier, da wir die Seiteneinteilung grundsätzlich auch im neuen Buch einhalten wollen.

Benutzen Sie das Feldstecher-Symbol, um Suchbegriffe sofort zu finden.

Kritiken über das Buch finden Sie über [www.amazon.de](http://www.amazon.de). Bestellen können Sie es direkt bei der Verlagsauslieferung, die täglich per Post gegen Rechnung Bücher ausliefert: [HEROLD-Oberhaching@t-online.de](mailto:HEROLD-Oberhaching@t-online.de) oder [HEROLD@herold-va.de](mailto:HEROLD@herold-va.de). Da ist auch der Radiokatalog Band 1 zu haben.

Copyright Ernst Erb

[www.radiomuseum.org](http://www.radiomuseum.org)

## ZUSAMMENFASSUNGEN

Die Röhrenentwicklung in den USA und Europa ist sehr komplex. Es bestehen unterschiedliche Zielsetzungen, und gleiche Ziele erreicht man auf verschiedenen Wegen. Hunderte von Patenten (wenn nicht tausende) kommen zur Anmeldung; z.T. gibt es jahrelange Prozesse um die Frage, wessen Patent nun gültig und anwendbar ist. Bei den Röhrensockeln beginnt man zuerst, eine gewisse Vereinheitlichung zu erreichen. Trotzdem entstehen mehr als zwei Dutzend Standardsockel - allein bei den Empfängerröhren. Die Heizspannungen weisen zuerst unterschiedliche Werte auf, die für Batterien (mit Flüssigkeit) vorgesehen sind. Mittels Rheostat (niederohmiges Drahtpotentiometer) passt man den Heizspannungsbedarf dem jeweiligen

Batteriezustand an. Bald ist die Heizspannung für die Akkus dimensioniert, so dass neben der 2-Volt- am häufigsten die 4-Volt-Heizung vorkommt. In den USA sind es ab 1930 2-Volt-Batterieröhren (**30**, **31**, **32** etc.). Danach erscheinen hauptsächlich Röhren mit Wechselstromheizung. In Amerika verwendet man dazu ab 1927 zuerst 2,5 V, ab 1931 6,3 und später auch 12,6 V (frühe Entwicklung der Autos mit Akku); Europa hält einige Jahre länger an 4 Volt fest. In den USA und in Europa gibt es gegen Ende der 30er Jahre - um den Transformator einzusparen - vielfach in Serie geheizte Röhren mit höheren Heizspannungen. Damit entstehen die Allstromgeräte für Gleich- und Wechselstrom. Die 30er Jahre sind geprägt von der Entwicklung spezialisierter Röhren, gefolgt von den Verbund- und «modernen» Mehrfachröhren ab Mitte der Dekade. Erst dann erfolgt auch eine einheitliche Benennung, die wenigstens in Europa die Funktion mit einschliesst. Die 40er Jahre bringen vor allem die Miniaturisierung. Will man mehr über eine Röhre wissen, sind ein paar grundsätzliche Angaben von Bedeutung. Als Überblick finden Sie diese Daten zusammengefasst.

### Standardsockel/Miniaturisierung

1914 entstehen in Deutschland, Frankreich und den USA die ersten Stiftsockel. Die Weiterentwicklung der Sockel differiert später in Europa, Grossbritannien und den USA, bis gegen Ende der Röhrenentwicklung; erst dann einigen sich die Firmen auf einen weltweiten Standard.

Mit der Erarbeitung einer moderneren Technologie geht meist ein neuer Sockel parallel, was am besten mit der Einführung des Stahlröhrensockels von **Telefunken** 1938 und dem Rimlocksockel von **Philips** 1947 zu belegen ist. Neben den Standardsockeln kommen viele individuelle Spezialsockel vor. Beispiele dafür sind Sockel für die Loewe-Mehrfachröhre (1926) oder die **Telefunken Arcotron** (1930). Erst nach dem Zweiten Weltkrieg verwendet man in den USA und in Europa für Rundfunkgeräte die gleichen Sockel. Viele Standardsockel entstehen für Armeezwecke, wobei sich die deutschen Wehrmachtsröhren oft dadurch auszeichnen, dass die Röhre mit der Spitze voran in einer Hülle aus Metall steckt. Die hier und im Anhang in Klammern erscheinenden Bezeichnungen, z.B. (B9A) für Noval, sind die der BVA. Diese Abkürzungen gelten international.

Nach dem Zweiten Weltkrieg gibt es Serien mit immer kleineren Röhren. Miniaturröhren entstehen gegen Ende des Ersten Weltkriegs durch **Round** für **Marconi** in England als Typ **V24** und **Q**. Die Nachfolgetypen **DEV** und **DEQ** (dull-emitter) stehen bis 1939 im Angebot. Auch früh entwickelt, aber erst ab 1923 auf dem Markt, sind die für lange Zeit kleinsten Röhren von **WECO**, die sogenannten Peanut-Röhren **215A** und deren Lizenzfabrikate mit einem Durchmesser von 16 und einer Länge von 65 mm. Es ist wohl die erste Röhre ohne Metallsockel; sie bleibt bis 1939 im Angebot. Der eigentliche Durchbruch zur Miniaturröhre erfolgt mit der **Acorn**-Serie, der ersten **Allglasröhre** der **RCA**, der Triode **955** von 1934 für Radio-Amateure und extrem kurze Wellen, der HF-Pentode **954** von 1935, der Regelpentode **956** von 1936 etc. Die Röhren weisen fünf Seitenkontakte auf. Die deutsche Kriegswirtschaft stellt kurz darauf ähnliche und nur wenig grössere Allglasröhren, sogenannte **Eichelröhren** (**Knopfröhren**) wie die **4672**, **4676**, **DA2** etc., her. Die erste allgemein zu verwendende Miniaturröhre bringt wohl **Hivac** in England 1935 für Schwerhörigengeräte. Sie messen später, mit einzulötenden Drähten fabriziert, 10 mm Durchmesser bei einer Länge von 24-30 mm und unterschreiten die Masse der ab 1934 von M-O.V. in England für den gleichen Zweck fabrizierten **H11** und **L11**. Im Dezember 1938 bringt **Hytron** in den USA die ersten drei Röhren

der **Bantam-Junior-Serie**, die **HY113**, **HY115** und **HY125**. Ihre **Super-Bantam-Röhren** von 1941 für Hörgeräte sind für lange Zeit der Welt kleinste Röhren, nachdem **Raytheon** 1940 bereits sehr kleine Hörgeräte röhren der **CK-Serie** verkauft. Für Radiozwecke stellt Anfang 1940 (Ankündigung 1939) **RCA** die ersten modernen **Miniaturröhren** (**button base** oder **glass button stem, gbs**) her. Es sind die Typen **1R5**, **1S5**, **1T4** und eine weitere Röhre mit dem Sockel B7G. Kurz darauf stellt **RCA** mit dem **Personal-Radio BP10** das erste Handtaschen-Radio vor, ein Konzept, das in Europa erst nach dem Krieg, 1946 mit dem britischen **Romac 106** zur Realisation kommt [738801]. Die Masse der Röhren betragen 9 mm Durchmesser und 54 mm Länge. In der gleichen Grösse stellt **RCA** 1941 die indirekt geheizten Typen **9001**, **9002** und **9003** vor und 1942 folgen die **6C4**, **6J6** und **6AC5**. Im September 1945 gibt es miniaturisierte Röhren für 6,3 Volt und 150 mA mit den Typen **6BA6**, **6BE6**, **6AT6**, **6AQ5** und **6X4** sowie entsprechende Röhren für Allstromapparate. Diese 7-Stift-Röhren (B7G) fabrizieren Firmen in Europa kurze Zeit danach bzw. entwickeln eigene Typen. Sie heissen in Deutschland **Pico 7**. Die im Dezember durch **Sylvania** vorgestellte Subminiaturröhre T3 (T-3) von 10 mm Durchmesser und 33 mm Länge kann sich nicht durchsetzen [237], denn 1950 führen lediglich **RCA** und **Sylvania** die Typen **1E8**, **1AD6**, **1T6** und **1AC5**. Sie sind für 1,25 Vf und 0,04 A und 67,5 Va vorgesehen. **Sylvania** entwickelt mit den **6AD4**, **6BF5**, **6K4** sowie Röhren der fünf- und sechstausender Serie auch Subminiaturröhren für 6,3 Vf und kleinere Röhren Typ **5645**, **5646** und **5647**, wobei die 5647 nur 6 mm Durchmesser aufweist.

Ausser bei der Eigenentwicklung der **Schlüsselröhren** im Jahre 1939, z.B. UCH21, UBL21 und UY21 für den Apparat 203U (1941 auf dem Markt), und **Rimlockröhren** mit 8 Stiften, z.B. **ECH41** im Jahre 1947 durch Philips, den **Subminiaturröhren** von Mullard für Hörgeräte (1948: **DF70**, **DL71**, **DL72**) und den **Decal-Röhren** von 1965 (B10B für 200er Serie) hängt sich Europa bezüglich modernen Röhren der Entwicklung in den USA an. Die Decal-Serie mit der **ECH200**, **PFL200** etc. und eine Serie mit 12 Stiften bildet die letzte Entwicklung der **Allglasröhren** für Rundfunkzwecke überhaupt. Dagegen erweitert **RCA** in den USA erst mit der **Noval-Serie** von 1948 die 7 Stifte auf 9 - zuerst mit den Röhren **12AU7** und **12AX7**. Die Familie wächst bis Mitte der 50er Jahre nur auf 17 Typen, da man die 7-Stift-Röhren beibehält. Gegen Ende der 50er Jahre gibt es Röhren für Autoradios, die mit der Anodenspannung von 12 Volt auskommen, wobei bis 1961 23 verschiedene Typen entstehen. Die **12K5** z.B. ist eine Raumladegitter-Tetrode als transformatorgekoppelter Treiber für den Endtransistor. In Europa entstehen nur vier vergleichbare Röhren, nämlich die **EBF83**, **ECH83**, **EF97** und **EF98**, wobei die EF98 ähnlich der 12K5 funktioniert [237].

Die letzte Entwicklung von Empfangsröhren ist die **Nuvisor**. Die neue Metall-Keramik-Technik ohne Glas stellt **RCA** 1960 mit der Triode **7586** vor; 1961 folgt die **6CW4** und **6DS4**. Die Röhren für Farb-TV baut nur **RCA** und lediglich in kleinen Stückzahlen. Weitere Nuvisor-Röhren sind die Trioden **7895**, **8058** und die Tetrode **7587** für industrielle Anwendungen. **Toshiba** entwickelt eine **3D-HH13**. Grösse (12 mm Durchmesser bei max. 25 mm Höhe) und Aussehen der Nuvisor-Röhren gleichen ersten Transistoren. Die Sowjetunion entwickelt in der Folge für ihre Jagdflugzeuge MiG25 ein Gebilde, bestehend aus zahlreichen kleinsten Röhren.

### USA

1914/15 UV-STANDARD SOCKEL

**WECO** führt den ersten US-Standard mit dem UV-Sockel ein. Die Röhren weisen einen Bajonettverschluss und vier kur-

ze Stifte auf, die in der Röhrenfassung eine nach oben drückende Kontaktfeder berühren.

Die **WECO** benennt ihre Telefonröhren mit 100er und die Radioröhren mit 200er Nummern, wobei die Funktion gleich sein kann. Die **101D** entspricht z.B. funktionell der **208A**; **Telefonröhren** sind besonders zuverlässig und aufwendig gebaut. Gegen Ende 1922 unterscheidet man die Radioröhre aus Kostengründen nur noch durch ein W. Die Bezeichnung wechselt also zu **101DW**, **102DW** etc. Ab Mai 1923 fällt auch dieser Unterschied weg. Als **Shaw-Sockel** gilt der gleiche Standard, wobei der Sockelboden statt aus einem Porzellankörper aus Pressmasse besteht. Später übernehmen andere Hersteller das Verfahren von Henry S. **Shaw** (**Shaw Insulator Co.** bzw. **Shaw Base Co.**) und **Shaw** liefert als grösste Firma die Bakelitsockel dazu. Ab Oktober 1924 kommen die **UV201A** und die **UV199** generell mit Bakelitsockel, der sich sofort bei den anderen Röhren durchsetzt, heraus.

#### SOCKEL AUSSERHALB DER STANDARDS

Röhren von **de Forest** haben während zehn Jahren eine Edison-Gewindefassung und führen lose Drähte auf dem Kolben. Für die Flotte fabriziert **WECO** während des Ersten Weltkrieges und einige Zeit danach Röhren, z.B. die 201A, mit drei kurzen Stiften und einem Kontakt am Sockel selbst. **Westinghouse** benutzt für die **WR21** und **WD11** je einen speziellen Sockel; sie hat diese Röhren für ihre eigenen Radioapparate entwickelt. Bei der WR21 für 4 Vf ist es der europäische B4-Sockel und die WD11 für 1,1 Vf trägt einen dickeren Stift für die Anode wie die RE16 von **Telefunken**. Gegen Ende 1923 produziert **WECO** für **RCA** die **WD11** mit UV-Sockel als **WD12**. Die Röhre hat aber als Wolframröhre für Trockenbatterie keine grosse Verbreitung mehr; Ende 1925 erhält sie einen UX-Sockel und heisst **WX12**.

#### 1924 UX-STANDARD

Anfang 1924 entsteht der UX-Standard. Röhren aus der «UV-Zeit» erhalten eine kleine Nocke an der Seite des Sockels, damit sie auch in die UV-Fassungen passen. Eine UV201 ist somit durch eine UX201 ersetzbar. Bei UX sind die vorläufig vier Stifte fest und kommen in eine federnde Röhrenfassung. In Europa erfolgt dies umgekehrt, obwohl mehr Röhren als Röhrenfassungen zu produzieren sind. Zwei der UX-Stifte (Heizung) weisen einen etwas grösseren Durchmesser auf, damit eine Verwechslung beim Einstecken ausgeschlossen ist. 1927, mit der Einführung der ersten Schirmgitterröhre **UX222**, führt man die Gitterkappe (Obenanschluss) ein. Bis ca. 1933 führen die Firmen in Europa generell die Anode als Obenanschluss; später wählen sie die Methode der USA, doch es bleibt bei der Schraub- statt Steckverbindung der USA.

#### 1927 UY-STANDARD

Beim UY-Standard mit 5 Stiften - erstmals im Mai 1927 mit der Röhre **UY227** vorgestellt - entfällt wegen unterschiedlicher Abstände der Dickeunterschied der Stifte. Bald heisst diese Ausführung auch UX5. Es folgen 1932 UX6 - mit der **42** und der **58** mit sechs Stiften und UX7 mit sieben Stiften, wobei wiederum die beiden Heizungsstifte wie beim UX4-Sockel dicker sind. Der UX7-Sockel kommt nur für die Röhren **53**, **59**, **2B6** und **6A6** zur Verwendung und Mitte 1933 entsteht ein kleinerer 7-Stift-Sockel mit den Röhren **2A7** und **6B7**.

#### WEITERE SOCKELSTANDARDS:

1934 Acorn-Allglas-Miniröhre für UKW (bis 600 MHz, ab Dez. auch in GB)

- 1935 Octal-Sockel (Sylvania), «International Octal» (I.O. oder IO.)  
Erstmals mit der US-Stahlröhre eingeführt. Stiftkranz 17,45 mm. Ein starker, zentraler Kunststoffstift mit senkrechter Ausbuchtung verhindert falsches Einsetzen und hilft bei der Identifikation der Anschlüsse. Ab 1937 auch in Europa (selten) angewandt (30er Serie).
- 1938 GT-Octal («Glass Tubular» von Hytron)
- 1938 Loctal von Sylvania (B8G und B9G) ist minimal anders als die Schlüsselröhre (gleicher Röhrenhalter möglich).
- 1940 1,4-Volt-Miniatur-Batterieröhren (B7G), z.B. die 1S5
- 1948 Noval (B9A) von RCA mit 12AU7 und 12AX7
- 1959 Novar, eine grössere Noval (sehr ähnlich Magnoval in Europa), z.B. für die **6AY3** und **12CJ5**
- 1961 Decar, ein 12-Stift-Sockel für **Compactrons** der RCA

1935 kommen die Stahlröhren der **RCA-GE** auf den Markt, doch **Philco**, der grösste Radiohersteller, bleibt bei Glasröhren und bringt sie im August 1935 mit dem gleichen Octal-Sockel. Andere Hersteller ziehen nach und 1936 bestehen bereits 34 Typen, die entweder Stahlröhren oder ältere Röhren ersetzen. Als Kolben dient immer noch die Domform mit oder ohne Obenanschluss. Mit einer 1,4-Volt-Serie bringt **Sylvania** 1938 einen kleineren, röhrenartigen Kolben (z.B. **1A5G** und **1H5G**) heraus. Kurz darauf stellt **Hytron** unter dem Namen **Bantam** eine Röhrenserie vor, die ebenfalls den kleinen, röhrenartigen Kolben und die Zusatzbezeichnung GT (glass tubular) trägt. Da diese Röhren weniger Platz benötigen und Stahlröhren ersetzen können, produziert man 1941 mehr von diesem Aufbau als von jedem anderen, nämlich 52 Millionen Stück. Stahlröhren sind es 27 Millionen und alle anderen Typen zusammen 56 Millionen Stück. 1948 bringt **Raytheon** mit der Variante **Bantal** die letzte Verbesserung der Röhren mit Octal-Sockel. Im November 1938 stellt **Sylvania** mit dem Typ **1231** eine HF-Pentode für TV-Zwecke vor, die sie wohl für **Philco**, den Gegner von **RCA**, entwickelte. Sie stellt die erste Allglasröhre für Rundfunk dar, wenn man von der **Acorn** von **RCA** absieht. Mit dieser **Loctal-Röhre** (**Loktal**, **Oktal** = deutsche Schreibweise) gerät die Röhrenentwicklung in neue Bahnen. Im Mai 1939 stellen **Sylvania** und **Raytheon** eine Serie von zwölf **Loctal-Röhren** vor. Die erste Ziffer heisst nun zur Unterscheidung 7 statt 6 und 14 statt 12. Die Ziffer 1 bleibt, doch erhalten die Buchstaben ein L vorangestellt (z.B. **1LA6**). Bis 1954 entstehen ca. 100 Typen dieser Röhren.

#### Grossbritannien

Man verwendet sowohl Sockel aus den USA als auch europäische. Dazu kommen folgende britische Standardsockel:

- 1914 Shaw-Standardsockel, ähnlich UV-Sockel (USA)
- 1923 Wecovalve mit Bajonettsockel
- 1933 Sockel mit 7 Stiften, in Oval angeordnet, wie die **MHD4** von M-O.V.
- 1934 B9-Sockel (9-Stift-Sockel, z.B. für die **AC/HLDDD**)
- 1935 Hivac-Miniröhre (eigentlich für Hörgeräte entwickelt)
- 1937 British Octal (Marconiphone und GEC), mit etwas grösserem Abstand der Stifte als der internationale Octal-Standard
- 1938 rote Serie «E30» (Mullard), ähnlich der Philips-Serie, aber mit I.O.-Sockel (Octal aus den USA)
- 1938 EF50 mit Metallmantel und 9-Stift-Sockel für TV und Radaranlagen
- 1946 GT-Octal aus den USA. G-O-Valve beginnt mit der Fertigung

- 1947 B7G aus USA
- 1948 B8A Rimlocksockel durch Mazda und Mullard  
fabriziert (Mitte der 50er Jahre durch die B7G und  
B9A verdrängt) Subminiaturröhren erstmals in GB  
hergestellt (Mullard)
- 1950 erste Germaniumdiode durch G.E.C.
- 1951 B9A Noval-Sockel aus den USA durch Mullard einge-  
führt
- 1953 erste seriell hergestellte Transistoren in GB (GEC,  
Mullard, STC)
- 1956 erstes britisches «All-Transistor-Radio» im März  
durch «Pam» (Pye)
- 1987 die letzte Röhrenfabrik in GB gibt die Produktion auf  
(M-O-Valve)

## Kontinental-Europa

- 1914 Telefunken-Sockel. Abstand etwas grösser als B4,  
kürzerer Stift mit 4 mm Durchmesser statt 3,2 mm  
(DRP 264554 für LRS 1912)
- 1915 B4-Sockel (Patent 23.10. Grammont, Frankreich) mit  
einem Stiftdurchmesser von 3,2 mm setzt sich als  
**Europa-Sockel** durch
- 1922 «Telefonsockel» mit 5 zirkular angeordneten Stiften  
(BF von S&H)
- 1923 B4-Sockel mit Seitenschraube (D6, Raumladegitter  
von Philips)
- 1924 Französischer 5-Stift-Sockel «bigrille» [237-156].  
Anordnung wie Europa-Sockel, aber 25 % grösser,  
bildet eine Ausnahme.
- 1928 B5-Sockel (5-Stift-Europa-Sockel), ab 1929  
gemeinsamer Standard
- 1932 B5-Sockel mit Seitenanschluss oder Obenanschluss
- 1933 C-Sockel mit 3 und 4 Stiften (auch B7 genannt, da  
mech. wie B4) Einsatz für die Verbundröhren, die sich  
in diesem Jahr durchsetzen wie die Hexode-Triode  
BCH1 von Telefunken. Aber auch Pentoden sind so  
gesockelt, wie die KF2 von Philips. Bei einigen  
Röhren (Philips **E444** und **E463**) fehlt ein Stift
- 1933 Die beiden grössten Hersteller Europas, Philips und  
Telefunken, beschliessen einen neuen Sockel und ein  
gemeinsames System der Bezeichnung für Radio-  
röhren. Der P-Sockel mit 8 flachen Anschlüssen und  
der V-Sockel (auch P5 genannt) mit kleinerem Durch-  
messer und fünf Anschlüssen entsteht. Der Sockel  
heisst Aussenkontaktsockel, «stiftloser Sockel» oder  
«Topfsockel».
- 1934 B8-Sockel mit acht Stiften wie B4 (wenig im  
Gebrauch)
- 1936 rote E-Serie von Philips mit P-Sockel
- 1937 Internationaler Octal-Sockel (I.O. oder K) auch in  
Europa
- 1938 G8A, (Y) Stahlröhrensockel (Telefunken), mit 3 und 5  
Stiften
- 1939 Allglasröhre EF50 und EE50 von Philips und Mullard  
vorgestellt
- 1941 Schlüsselröhren (ähnlich Loctal USA), 1939  
entwickelt, z.B. ECH21. Das Einschnappen der  
Arretierungsfeder heisst «lock-in» = Loctal.
- 1947 B8A Rimlock 8-Stift-Miniatur von Philips, 40er Serie,  
22,2 mm D. (von Telefunken ab 1950) B8A mit Metal-  
mantel aus den USA
- 1948 B7G, Miniatur (USA 1940), Kolbendurchmesser  
19 mm als D90er Serie

- 1949 Subminiaturröhre mit Drahtenden, Durchmesser  
10,2 mm, 70er Serie
- 1950 B9A, Noval-Sockel aus den USA, Durchmesser 2  
2,2 mm, darauf Philips Noval-P-Röhren für TV (0,3 A  
Serienheizung, z.B. PL81) Philips Noval: EF80,  
ECL80, EB91, EQ80, EY51, EBF80, UBF80  
Rimlock-Batterieröhren von Philips (DAF40, 41,  
DK40, DL41) Stahlröhren für UKW: EF15+UF15,  
EBF+UBF15, EAA+UAA11, ECF+UCF12
- 1953 B8A ohne Metallmantel
- 195? Magnoval, 9 Stifte, 500er Serie, Kolbendurchmesser  
30,2-39,7 mm
- 1960 Dekal-Sockel, wie Noval, jedoch 10 Stifte, 200er Serie
- 1961 Nuvistor in Deutschland (Siemens, Valvo)

Man darf nicht annehmen, dass nach dem Erscheinen von neu-  
en Sockeln die Industrie ihre neuen Apparate sofort auf diese  
Röhren hin konzipiert. Auch leistet sich die Röhrenindustrie aus  
verschiedenen Gründen die Entwicklung von Röhrentypen in-  
nerhalb Röhrenfamilien «mit veraltetem Sockel». Beispielsweise  
bringt **Valvo (Philips)** 1948/49 neu die Wechselstrom-Endpen-  
tode UL2 und darauf die EL8 heraus, um in der Topfsockelserie  
eine Endröhre kleiner Leistung führen zu können [6049].  
Die Entwicklung in der späteren DDR läuft z.T. anders: Man baut  
ab 1947 eine Kopie der Stahlröhrenserie mit Glaskolben und  
grossem Pressfuss mit Telefunken-Emblem und dem Zusatz  
**RöW Erf**. Ab 1948, nach Umwandlung in einen **VEB** (Volks-  
eigenen Betrieb), lautet die Bezeichnung **Funk/Werk/Erfurt**.  
Ab 1950 fehlt das Emblem dazu. **1951 entsteht eine rimlock-  
röhrenähnliche Serie mit 8poligem Sockel und Mittelstift,  
ab 1952 eine Serie Röhren mit einem 11-Stift-Sockel ohne  
Mittelstift. Die Serie gibt es in der 6,3-Volt- und 0,1-A-Aus-  
führung bzw. als E- und U-Typen. In der Literatur gehen  
diese Röhren als Gnom-Röhren ein** [638755]. Im Westen  
geht man erst im letzten Stadium der Miniaturröhrenentwick-  
lung Ende der 60er Jahre mit den PCF200, PCH200, PFL200  
zum 10-Stift-Sockel über.

## Röhrenfamilien/Klassifikationen

Röhren innerhalb einer Generation erkennt man meist am spe-  
zifischen Sockel. Von Generation zu Generation gibt es tech-  
nologische Entwicklungssprünge. Röhrenfamilien bilden eine  
kleinere technologische Einheit eines Herstellers oder einer  
Gruppe. Die Röhrenserien innerhalb einer Familie unterschei-  
den sich durch verschiedene Heizspannungen oder Heizströ-  
me; dabei gibt es sehr oft und sehr wenig verwendete Typen für  
unterschiedliche Zwecke. Meist enthält ein Gerät nur Röhren  
aus der gleichen Serie. Zu einer Serie können noch nach Jah-  
ren neue Röhren hinzukommen.

### Europa

1933/34 bringt das von **Philips** und **Telefunken** beschlossene  
«Gemeinschafts-Bezeichnungssystem» grosse Transparenz in  
die Röhrenbezeichnungen. Leider halten sich einige Herstel-  
ler über einige Zeit oder dauerhaft nicht daran - besonders in  
Grossbritannien. Mit dem ersten Buchstaben fasst man Hei-  
zungssysteme zusammen, weitere Buchstaben bezeichnen das  
oder die Systeme der Röhre. Die folgende Serien-Nummer be-  
zeichnet u.a. die Röhrenfamilie. Industrie-Standard-Röhren, die  
also bei gleichen oder besseren Betriebsdaten eine wesentlich  
aufwendigere Produktion zugunsten der Qualität verlangen,  
weisen die Nummer nach dem ersten Buchstaben auf, wobei  
die Systembezeichnungen nach der Nummer folgen.

Zur **Funkausstellung** von 1934 («Röhrenfeierjahr») stellt man lediglich acht neue Röhren vor: Eine Dreipol-Sechspolröhre (**ACH1**) als «Fading-Mischhexode», eine Oktode, die sich ebenfalls zum Schwundausgleich heranziehen lässt, eine Diodiode, eine leistungsfähige Endröhre für Gleichstromempfänger (**BL2**) und die 2-Volt-Batterieröhren **KC1** und **KL1** für den Volksempfänger. Die Hexode-Triode ACH1 findet sofort guten Anklang, bewährt sich aber nicht, so dass die meisten Hersteller wieder die Oktode vorziehen.

#### GEMEINSCHAFTS-BEZEICHNUNGSSYSTEM

Erster Buchstabe:

- A = 4 V Heizspannung für Wechselstrombetrieb
- B = 180 mA Gleichstrom, indirekt geheizt
- C = 200 mA Heizstrom für Allnetzbetrieb
- D = bis 1,4 V Heizspannung
- E = 6,3 V Wechselstrom, ab 1938 (urspr. f. Autoradios)
- F = 13 V
- G = 5 V
- H = 150 mA
- K = 2-V-Batterieröhren
- O = keine Heizung
- P = 300 mA (meist für TV)
- U = 100 mA
- V = 50 mA mit Hochvoltkathoden für Allnetzbetrieb
- X = 600 mA

Folgebuchstaben:

- A = HF-Diode
- B = HF-Doppel-Diode
- C = Triode (nicht Endröhre oder Gasfüllung)
- D = End-Triode
- E = Tetrode (4-Pol-Röhre)
- F = Pentode (5-Pol-Röhre)
- H = Hexode oder Heptode (6- oder 7-Pol-Röhre)
- K = Heptode oder Oktode
- L = End-Tetrode oder End-Pentode
- M = Anzeigeröhre («Magisches Auge»)
- N = gasgefüllte Triode oder Tetrode
- P = Sekundäremissionsröhre (dritter Buchstabe)
- Q = Neun Elektroden (z.B. EQ80)
- T = Verschiedene
- X = gasgefüllte Zweiweg-Netzgleichrichterröhre
- Y = Einweg-Gleichrichter
- Z = Zweiweg-Gleichrichter

1935 folgen zur **Leipziger Frühjahrmesse** die Röhren der **E-Serie** mit dem **Topfsockel**. Im gleichen Jahr erscheinen die neuen Röhren der **A-Serie** mit Schnellheizkathode, die statt einer Minute Anheizzeit nur 15-20 Sekunden benötigen. Als Isolator zwischen Heizung und Kathode dient **Aluminiumoxyd**; die Röhren heizen nur noch dunkelrot strahlend. Die **K-Serie** erhält mit der **KF7**, **KF8**, **KK2**, **KB1** und der **KL2** Ergänzung.

1935, mit der Herstellungsmöglichkeit durch **Telefunken**, kommen mit der **C-Serie** echte Allnetzröhren für Deutschland (ausser den Mehrfachröhren) in Frage, die **Philips** ein Jahr zuvor herstellt (u.a. **CK1**, **CF3**, **CF7**, **CBC1**, **CB2**, **CL1**, **CL2**, **CY2**). Dazu stösst die **V-Serie** mit vorläufig lediglich drei Röhren (**VC1**, **VL1**, **VY1**). 1933-36 stellt **Philips** die **rote Serie** vor, die das Deutsche Reich nicht zulässt. Sie darf erst ab 1938 in den Handel kommen, um für die vom angeschlossenen Österreich her verkauften Geräte mit dieser Serie Ersatz zu bieten. Die Typen **EBC3**, **EBL1**, **EF9**, **EK2**, **EK3**, **EL3**, **EL5** und die **EM1** sind vorerst zugelassen. Daneben die nicht zur «roten Serie» gehö-

renden **CBL1**, **KL4**, **AZ4** und die Stromregulatorröhre **C12**.

1938 stellt **Telefunken Stahlröhren** mit neuem Sockel und horizontalem Aufbau des Systems vor. Obwohl der horizontale Aufbau gross herausgestrichen wird, kommt man bei den späteren Glasröhren wieder auf den vertikalen Aufbau zurück. Eine wesentliche Erweiterung erfährt die Serie auf die **Rundfunkausstellung** hin und auch **Philips** (durch **Valvo**) bietet die Röhren an. Folgende Typen sind erhältlich: die **EB11**, **EBC11**, **EBF11**, **ECH11**, **EF11**, **EF12**, **EF13**, **EZ11**, **EDD11**. Die gleiche Serie enthält Typen mit Glasausführung und vertikalem System: die **EFM11**, **EL11**, **EL12**, **AZ12** und **EZ12**, wobei die **EZ11** in beiden Ausführungen erhältlich ist. Die Röhren dürfen in Deutschland vorerst nur in Wechselstromempfängern Verwendung finden, deren Preis mehr als RM 285,- beträgt. Neu auf den Markt kommen auch die CCH1 (**Telefunken?**) und die ABL1 (**Philips**). Mit der EF50 und EE50 stellen **Philips** und **Mullard** die ersten **Rundfunk-Allglasröhren** vor. Sie besitzen 9 Stifte (B9G) und die Serie erfährt später durch die Typen **EF54**, **EF55**, **EFF50**, **EFF51** und **EPF60** eine Erweiterung. Sie bilden die Vorläufer der 8-Stift-20er-Serie (B8A), Loctal genannt.

#### USA

Zuerst sind willkürliche Bezeichnungen im Gebrauch, wobei die RCA-Bezeichnungen (2xx) der 20er Jahre keine Ausnahme bilden. Siehe «Röhrenentwicklung ab 1920, USA», für das alte Bezeichnungsschema. Ab 1933 führt **RCA** das neue Bezeichnungsschema für Rundfunkröhren - mit leider begrenzter Aussagekraft - ein. Es besteht aus einem Zahlencode für die Heizspannung, Buchstaben - sozusagen nach Datum der Entwicklung fortlaufend - und weiteren Zahlen, die theoretisch (siehe unten) die Anzahl Elektroden bekanntgeben. Weitere Buchstaben können folgen und etwas über die Grösse und das verwendete Kolbenmaterial aussagen (**Retma designation system**) [167]. Einige neuere europäische Röhren sind baugleich mit US-Röhren. Als Beispiel entspricht die 12AT7 der ECC81.

Die erste Zahl bedeutet folgende Heizspannung:

- 0 = Kaltkathode
- 1 = 0,1 - 2,0 V, normalerweise 1,4 oder 2 V
- 2 = 2,1 - 2,9 V (2,5 V)
- 3 = 3,0 - 3,9 V
- 5 = 5,0 - 5,9 V (5 V)
- 6 = 6,0 - 6,9 V, normalerweise 6,3 V
- 7 = wie 6, modernere Sockel (nicht 7 V!) etc.
- 12 = 12 - 12,9 V, normalerweise 12,6 V
- 14 = wie 12, modernere Sockel
- 15 = 15 - 15,9 V etc.
- .. bis 117 Volt!

Ist die Röhre durch einen Mittelabgriff für zwei Heizspannungen vorgesehen, kommt die höhere Spannung in die Bezeichnung, bei Bildröhren der Durchmesser in Zoll.

Die Buchstabengruppe sagt folgendes aus:

Nach dem Buchstaben T (U-Z reserviert) erscheinen mit AB, AC etc. die Fortsetzungen. Damit der Benutzer sich die Bezeichnungen besser merken kann, ist bei einigen Röhrenserien der Zusatzbuchstabe (z.B. S für Stahl) davorgestellt.

Beispiele: 6A7, 6K7, 6Q7 = 6SA7, 6SK7, 6SQ7 bzw. 12SA7 etc.

U-Z normalerweise für Gleichrichter verwendet.

P als zweiter Buchstabe bedeutet Bildröhre.

S für Metallröhre mit Obenanschluss, falls Beginn der Gruppe.

Der Zusatzbuchstabe hebt diese Regel wieder auf. Als 2. Buchstabe bedeutet S ebenfalls «single-ended».

Die zweite Zahlengruppe soll die Zahl der benutzbaren Elemente ausdrücken. Dabei sind verschiedene Punkte zu beachten:

Heizung und Kathode zählt man separat; die beiden Heizanschlüsse gelten als ein Anschluss. Die direkt geheizte Pentode mit interner Zuführung des Bremsgitters an den Heizfaden trägt also eine «4» (z.B. 1A4). Hat die Pentode eine indirekte Heizung und führt das Bremsgitter einen Anschluss, erhält sie eine «6» (z.B. 6C6). Die Metallisierung zählt dazu, so dass die Pentode eine «7» erhalten kann, wobei diese Bezeichnung bestehenbleibt, wenn die Röhre später mit Glaskolben erscheint und umgekehrt! Stellt man die gleiche Röhre zuerst mit direkter - z.B. die 2A3 - und später mit indirekter Heizung her, erhält die Grundbezeichnung ein H zugefügt (2A3H).

Die fakultativen Zusatzbuchstaben hinter der Bezeichnung sagen folgendes aus:

- P = Pentode
- T = Tetrode
- G = Glasröhre mit Octal-Sockel
- GT = Glas «tiny», also kleine Glasröhre (Bantam-Typ)
- MG = «metal-shielded-glass», Glas mit Metall
- MS = Röhre mit «metal-spray» (Metallfarbanstrich)
- X = Keramiksockel für «low-loss-HF-Anwendungen»
- Y = Phenolsockel für «low-loss-HF-Anwendungen»
- A,B,C, etc. bedeuten kleinere Abweichungen vom Grundtyp

Nicht nur die Bezeichnung der Röhren ist etwas verwirrend, sondern auch die Vielfalt. Bereits 1940 bestehen in den USA ca. 1500 Röhrentypen für Radios, die sich nach Ausklammerung der parallelen Ausführungen (Glas, Metall, metallisiert etc.) noch auf ca. 750 Typen summieren [122]. Von diesen tragen in der Praxis 90 Röhren 90 % des Umsatzes. **RCA** schlägt im Januar 1940 vor, für die Erstbestückung von Radios zur Vereinfachung lediglich die folgenden 36 Röhren zu verwenden [122]. Die wilde Röhrenentwicklung endet durch diesen Appell nicht.

Wichtigste **Retma**-US-Röhren um 1940:

- 1A7GT, 1D8GT, 1G4G, 1G6G, 1H5GT, 1N5GT,
- 2A3, 3Y3G, 3Q5GT,
- 5U4G,
- 6B8G, 6F6G, 6H6, 6J5, 6J5GT, 6K6GT, 6N7G, 6R7G,
- 6SA7, 6SC7, 6SF7, 6SJ7, 6SK7, 6SQ7,
- 6U5/6G5, 6V6G, 6X5G,
- 12C8, 12SA7, 12SC7, 12SJ7, 12SK7, 12SQ7,
- 35L6GT, 35Z5GT und 50L6GT

Wichtig ist zu wissen, dass in den USA Verbundröhren mit Kombinationen zur Anwendung kommen, die in Europa unbekannt sind - z.B. eine Endröhre mit Netzgleichrichtersystem. Statt der in Europa üblichen Triode-Heptode als Mischröhre gibt es in den USA vorwiegend die Heptode als **Pentagrid-CONVERTER** (z.B. **2A7, 6A7, 6A8, 12A8GT, 1A6, 1C6, 6SA7, 7B8**).

## Europa

- 1925 allgemein ohne Spitze
- 1926 erste Gleichrichterröhren (RG40 bereits früher)
- 1929 Metallisierung (3NFW, RES094)
- 1931 Bifilarheizung (REN904 Bi - evtl. erst später!)
- 1932 L496D mit Domkolben
- 1933 Domkolben, rote Serie von Philips
- 1936 Magisches Auge AM1 von Philips
- 1937 Magisches Auge AM2 und C/EM2 in Deutschland

## Spezialausdrücke

**Variable- $\mu$**  (**vari- $\mu$** ) oder **remote cut-off type** sind **Regelröhren**. Ab 1929 gibt es in den USA Probleme mit in der Fre-

quenz benachbarten starken Sendern, die von Kreuzmodulationen stammen, verursacht durch Nichtlinearitäten in der Gitterschaltung der ersten Röhre. Durch grössere Drahtabstände in der Mitte des Gitters lassen sich zwei Ziele auf einen Schlag realisieren: Verhinderung der Kreuzmodulationen und Einführung einer effizienteren Schwundregelung durch Veränderung des Arbeitspunktes mit der Gittervorspannung. 1919 experimentiert **GE** mit Regelröhren, doch ist noch kein Verwendungszweck vorhanden. 1929 entwickeln **Ballantine** und **Snow** bei **RCA** die Regelröhre. Da Regelpentoden im mittleren Teil der Kennlinie einen Knick aufweisen, arbeiten diese meist zusätzlich mit gleitender Schirmgitterspannung. Die resultierende Kennlinie hat dann annähernd Exponentialcharakter. Für die spezielle Gitterstruktur hält die Firma **Bontoon Research Corp.** die Patente und mit der **551** bringen **Arcturus, Majestic** und **Raytheon** im Mai 1931 die erste Regelröhre, eine Tetrode, in Verkauf. RCA bietet kurz danach eine ähnliche Röhre als **35** an und 1935 endet die Produktion der 551 zugunsten der 35/51. Ebenfalls 1931 bringen **Philips (E445)** und Cossor (**220VSG**) ihre ersten Regelröhren. Mit **Sharp-cutoff-pentode** bezeichnet man HF-Pentoden ohne Regelcharakteristik [219]. **High- $\mu$**  bedeutet grosse Steilheit. **Beam-power-Tetroden** sind eine US-Spezialität und in Grossbritannien z.B. als **KT32, KT63** und **KT66** vorhanden (US-Typen siehe unter **RCA**). Sie heissen dort **kinkless tetrode**. Auf dem europäischen Kontinent kommen lediglich kombinierte End-Tetroden wie die **VEL11** von 1947, die **VCL11, ECL11** und **UCL11** von 1939 mit **Ablenkelektroden** vor. Den Elektronenstrom bündeln bei den **beam tubes** zwei kleine Leitplatten mit Kathodenpotential, Gitter und Schirmgitter sind gegeneinander ausgerichtet. Zur Vermeidung von Sekundäremission hält man eine kritische Distanz zwischen Anode und Schirmgitter ein. Die Haltestege liegen ausserhalb des Elektronenstroms, damit durch kleinen Abstand zwischen Gitter und Kathode grosse Steilheit auftritt. Wie bei Trioden bringen die Röhren fast keine Verzerrungen der **dritten Harmonischen**, der Schirmgitterstrom bleibt klein und die Charakteristik ist die einer Pentode [219].

## Röhrenkennwerte

Heinrich **Barkhausen** (Bremen 1881-1956 Dresden) stellt ab 1918 die Zusammenhänge in Elektronenröhren umfassend dar [150], wobei er die Röhrenkennwerte in der von H.J. **van der Bijl** 1914 (**WECCO**, USA) für Trioden entwickelten, wichtigen Formel « $S \times D \times Ri = 1$ » (Steilheit  $\times$  Durchgriff  $\times$  Innenwiderstand in Kiloohm = 1) festhält. Das 3/2-Leistungsgesetz für eine reine Elektronenemission findet J.E. **Lilienfeld** 1910 empirisch; C.D. **Child** veröffentlicht seine Studien 1911, doch schreibt man später dieses Gesetz **Langmuir** zu, da er ab 1912 die richtigen Schlüsse daraus zieht und unter Berücksichtigung des weiteren Gesetzes von O.W. **Richardson** die Hochvakuumröhre entwickelt [138]. Verschiedene Forscher haben sich mit den theoretischen Grundlagen und Berechnungen der Röhre befasst, so etwa **Laplace** mit seiner Differentialgleichung. Den Begriff **Verstärkungsfaktor** wendet man ausserhalb des deutschen Sprachgebrauchs eher an als den Ausdruck Durchgriff. Es ist der reziproke Wert des Durchgriffs: Der Verstärkungsfaktor von 25 bedeutet also einen Durchgriff von 4 %. **Mutual conductance** in **micromhos** heisst die Steilheit (Deutschland mA pro V) dann. 1 mA/V bedeutet eine **mutual conductance** ( $\mu$ ) von 1000 micromhos [138-432].

## Transistoren

Die Idee, ein Halbleiterelement mit einer Steuerelektrode aufzubauen, stammt von J.E. **Lilienfeld** aus Brooklin, der ab 1925 verschiedene Patente (z.B. US 1745175 von 1926) dafür anmeldet. Es sind Verstärker mit Kupfersulfidschicht und gemäss

[241] eine Vorwegnahme des Metalloxyd-Feldeffekt-Transistors (MOS-FET). Mitte der 30er Jahre meldet O. **Heil** in Berlin eine Halbleiterkonstruktion aus Tellurium und Kupferoxyd an. **Hilsch** und **Pohl** veröffentlichen 1938 in der **Zeitschrift** für Physik<sub>1</sub> den Artikel «**Steuerung von Elektronenströmen mit einem Dreielektrodenkristall**». Sie schmelzen als Steuerelektrode einen Platindraht in ein Kaliumbromidkristall und weisen im Experiment nach, dass die Einrichtung ähnliche Eigenschaften wie eine Vakuum-Triode aufweist. 1940 beschreibt A.L. **Gorelik** in der UdSSR Versuche mit gesteuerten Halbleiterelementen.

1931 beginnt in den **Bell Laboratories** der 29jährige, in China geborene Physiker W.A. **Brattain**, mit den Kupferoxyd-Gleichrichtern zu experimentieren. In jener Zeit entstehen auch die theoretischen Grundlagen durch den Amerikaner A.H. **Wilson**, den Engländer N.F. **Mott**, den Deutschen W. **Schottky** und den Russen B. **Davydow**. Bei **Bell** sind es in den 40er Jahren S. **Ohl** und J.H. **Scaff**, die den grössten Beitrag leisten [233].

Im Januar 1946 startet bei **Bell** ein kleines Physikerteam (mit **Brattain** und J. **Bardeen**) unter der Leitung von W. **Shockley** ein Forschungsprogramm. Am 23.12.47 entdecken die Forscher (unbeabsichtigt) das erste Halbleiter-Verstärkungselement aus Germanium. J.R. **Pierce** gibt dem Element später den Namen «Transistor» (**TRANSfer-reSISTOR**). Die erste öffentliche Vorführung erfolgt am 30.6.48 und R. **Brown** stellt dabei u.a. ein erstes Transistor-Radio vor. Auch im Jahr 1948 erfindet C.M. **Zener** die **Zener-Diode** zur Konstanthaltung von Gleichspannungen.

1952 beherrscht man die Züchtung der Silizium-Einkristalle und entwickelt das Prinzip der Zonen-Raffination. Im selben Jahr stellt die **SAF** mit dem **VS200** den ersten Transistor in Deutschland her. 1953 erscheinen in den USA die ersten Germaniumleistungsdioden. An Weihnachten 1954 kommen in den USA die ersten Transistor-Radios (**Regency**) in die Geschäfte; 1956 erhalten **Bardeen**, **Brattain** und **Shockley** den **Nobelpreis**. Auch 1956 fabriziert die **Admiral Corporation** das erste Transistor-Radio mit einem **Silikon-Solarzellen-Pack** für das Publikum [908828].

1957 beginnt mit dem **Sputnik** die Raumfahrt und man erfindet den Grundbaustein der Halbleiter-Leistungselektronik, den **Thyristor**. Die erste **Integrierte Schaltung auf Halbleiterbasis** realisiert J. **Kilby** 1958, nachdem G.W.A. **Dummer** 1952 die Idee der integrierten Schaltung ohne Verbindungsdrähte entwickelt hat [233]. Die **Leuchtdiode (LED)** erfindet N. **Holonyak** 1962 [241].

### Verbundröhren, Mehrfachröhren und Mehrfachheizung

Röhren mit verschiedenen Systemen in einem Kolben und einer gemeinsamen Kathode oder Heizung heissen Verbundröhren (z.B. ACH1, EBL1). Sind die verschiedenen Systeme mit separaten Kathoden bzw. Heizfäden versehen, heissen sie Mehrfachröhren. Ein Beispiel für Mehrfachröhren bilden die Röhren **Delta zweifach/4** und die **Polytron-Vierfachröhre** von **Dr. Spanner**, Berlin. Besonders die Firma **Loewe** erhält durch ihre **Mehrfachröhren mit integrierter Beschaltung** Aufmerksamkeit. Es handelt sich um eine komplette, integrierte Schaltung. Die ersten dieser Röhren (1926) heissen 2HF und 3NF. Alte Mehrfachröhren und **Integrierte Mehrfachröhren** sind selten, Verbund- und moderne Mehrfachröhren seit Mitte der 30er Jahre sehr oft verwendet worden. Als Exoten und Sammelobjekte gelten frühe Röhren, die für ein System zwei oder drei Heizfäden aufweisen. Man betreibt sie entweder einzeln mit verschiedenen Spannungen oder parallel - bzw. einzeln umschaltbar bei Unterbrechung in einer Heizung; sie finden sehr wenig Verbreitung. Diese Röhren zählen nicht zu den Verbund- oder Mehrfachröhren. Auch die «Dreifach-

röhre» der Firma **HOVA** als Ersatz für die 3NF gehört nicht dazu. In einem Metallzylinder sind drei sockellose Röhren mit vier Widerständen und zwei Koppelkondensatoren verbunden. Damit ergibt sich ein kompletter dreistufiger Widerstandsverstärker, wie das die 3NF von **Loewe** darstellt. **HOVA** hat 1927 ausserdem mindestens drei einzelne Trioden **Klub**, **Mikro** und **Garantie** im Angebot [638755].

Zur Geschichte: **Cooper-Hewitt** meldet 1902 die erste Verbundröhre, eine Quecksilberdampf-Gleichrichterröhre, zum Patent an. 1904-06 lässt **Wehnelt** Gleichrichterröhren mit mehreren Anoden patentieren. Versuche mit Verbundröhren führen auch **von Lieben** und **Langmuir** (1913), später verschiedene Röhrenhersteller (z.B. **Telefunken** 1917) durch. Praktische Röhren mit mehreren Heizfäden produziert **de Forest** ab 1909; einige Jahre später folgen **Cunningham**, **AudioTron** und **Moorhead**. Diese Röhren besitzen noch keinen Sockel. 1922 stellt **Moorhead** mit der **A-P Two-in-One** eine Röhre mit zwei parallelen Systemen und normalem UV-Sockel vor, dabei führt die Mitte des Heizfadens auf den Metallsockel. Später folgt in den USA noch **Apco** mit Mehrfachheizung. In Grossbritannien sind es die zwei kleinen Hersteller **Phillips Valves Ltd.** (1923 eine Röhre mit Bakelitsockel - Phillips mit zwei «l» ist korrekt) und **Nelson Electric Co. Ltd.** mit der **A** und **DEA Multivalve** von 1925 sowie der **DE2** und **DE06** von 1926, die erste Röhren mit Mehrfachheizung fabrizieren. Ab 1940, mit der **3Q5GT**, erscheinen aus anderen Gründen wieder Mehrfachheizungen.

John **Scott-Taggart** entwickelt 1919 in England sein **Negatron**, das er - nach der Patenterteilung - im Januar 1922 zu verkaufen beginnt. Da die zweite Anode, auf der anderen Seite der Heizung angeordnet, lediglich zur Einstellung der Spannungen und Ströme der Röhre dient, ist diese Röhre nicht als Verbundröhre eingesetzt.

**Telefunken** experimentiert ab 1917 mit grossen Gleichrichterröhren für Starkstromzwecke als Hochvakuumröhren und stellt 1923 mit der Serie RG63-RG66 diese Mehrfachröhren vor. In den USA kündigt **RCA** im Juli 1923 mit der Rectron UX 213 die erste Zweiweg-Gleichrichterröhre an, ersetzt sie jedoch im September 1925 durch die UV213 und im Mai 1927 durch die UX280. An allen älteren Zweiweg-Gleichrichterröhren sind die mehrfachen Heizungen, die sie als Mehrfachröhren auszeichnen, gut zu erkennen. Mit Mehrfach-Empfangsröhren kommt gemäss [151-72] 1925 in den USA der Empfänger **Standardyne** (Dreifachröhre) auf den Markt. Die Ausgabe von **Radio News** vom Februar 1927 beschreibt den **Haynes D-X Multivalve Receiver**. Er arbeitet mit einer Mehrfachröhre, die drei Triodensysteme enthält. Diese Röhre fertigt die **Cleartron Vacuum Tube Company**. Sie befindet sich im Hinterhof (mit anderer Adresse) der **Emerson Radval Corporation**, die die Röhre **EMV3A** vertreibt. In Grossbritannien produziert gegen Ende 1927 **Ediswan** mit der **ES220** eine aussergewöhnliche Doppel-Triode für den Empfänger **One-Der**, doch bleibt es bei Prototypen. 1928 fabriziert **B.T.H.** eine **Two-in-one valve** für zwei ihrer Radiomodelle [237]. Bei der **RE064** und der **RE144** versucht **Telefunken** mit zwei Gittern und einer Anode, die Steilheit zu vergrössern. 1924 erhält **Huth** für den Einbau eines Spannungsteilers und 1925 **Loewe** für den Einbau von Bauteilen ein Patent. Zweiweg-Gleichrichterröhren gelten als orthodoxe Mehrfachröhren. Zu unorthodoxen Mehrfachröhren zählen weiter die **OCK-Röhre** von **Siemens** aus dem Jahre 1925 und eine Ausführung mit seitlich angeordnetem Glasbügel zur Halterung der Gitter aus dem Jahre 1930. Die verschiedenen **Pentatron-Röhren** von **TeKaDe** - die **VT139** mit drei Systemen (1927) und die **VT147** mit zwei Systemen (1928), nur um die wichtigsten zu erwähnen, sieht man öfters. Sie sind nach den Schutzrechten von L. **von Kramolin** gebaut. Weiter ist die Röh-

re **Zwilling** von **Valvo** zu erwähnen. Eine Glimmgleichrichterröhre von **Raytheon**, 1928 von **AEG** und **Telefunken (RGN1500)** hergestellt, gehört ebenfalls zu den Mehrfachröhren. Das **Anatron-Rohr** von **Dr. G. Seibt**, ein 1927 entwickelter Glimmgleichrichter, kann sich gegen **Telefunken** nicht durchsetzen. Die **REZ124** ist eine frühe Dreifachröhre von **Telefunken** aus dem Jahre 1927. Die Funkgeschichte [638647] berichtet eingehend über die in Deutschland entwickelten alten Mehrfach- und Verbundröhren und [638755] enthält die Konstruktionsbeschreibung der **HOVA-Triplex**. Auch wenn **Telefunken** 1928 mit der **RENZ1204** und **RENZ2104** indirekt geheizte Zweifachröhren auf den Markt bringt, setzen sich erst die Verbundröhren der 30er Jahre und spätere Verbundröhren allgemein durch. Die «echten Vorläufer» der Verbundröhren sind in (Kontinental-) Europa 1931 die **REN924** als Triode-Diode und die **RENS1254**, eine Tetrode-Diode sowie die erste europäische Mischhexode-Triode **ACH1**, 1932 von E.K.A. **Steimel** vorgeschlagen und 1934 von **Telefunken** vorgestellt. Ab 1933 kommen als Verbundröhren die Glimmstabilisatoren der **Stabilovolt GmbH** für etwa zehn Jahre zu grosser Verbreitung. Die Bezeichnung beginnt jeweils mit **STV**, gefolgt von Leistungsangaben. Für Gegentaktendstufen bringt **Philips** 1935 die **B240** und ab 1937 (gemäss [138] 1935) die **KDD1**. **Telefunken** verkauft die **RE402B**, **Tungsrham** die **CB220** und **Dario** die **TB402**. In den USA erhalten Gegentaktendstufen unter dem Namen **push-pull** frühe Bekanntheit; zu Beginn 1933 entsteht dazu der Röhrentyp **19** für 2-Volt-Batterieradios. 1936 ersetzt sie eine Röhre mit Octalsockel und 1939 die **1G6G** mit weniger Ausgangsleistung. Mitte 1933 erscheint mit der **53** eine 2,5-Volt-Version und mit der **79** eine 6,3-Volt-Doppel-Endröhre. Beide finden wenig Verbreitung. Nachfolger bilden die **6A6** und **6N7**. Zu gleicher Zeit kommt auch in Grossbritannien die Doppel-End-Triode für 2-Volt-Batteriegeräte in Mode, da die B-Verstärkung Strom einspart. Mitte 1933 sind u.a. auf dem Markt: **Cossor 220B**, **Osram B21**, **Mazda PD220** und **Mullard PM2B**. Zudem bringt **Hivac** 1934 mit der **DB240** eine Treibertriode im selben Kolben. In den Staaten bahnt sich mit dem **direkt gekoppelten Verstärkerprinzip** von Loftin **White** aus dem Jahre 1930 ein weiteres Feld für Mehrfachröhren an. 1932 inseriert die **Cable Tube Corp** ihre Röhre **Speed Triple Twin Typ 295** mit einer indirekt geheizten Treibertriode und direkt gekoppelter, direkt geheizter End-Triode für 2,5 Vf, bald gefolgt von der **293** für 6,3 Volt und der **291** für Allstrombetrieb. Gegen Ende 1933 bringt **Arcturus** mit der **2B6** einen ähnlichen Typ auf den Markt, den **Lincoln** und **McMurdo Silver** in ihren Apparaten verwenden. Wirklichen Erfolg bringt die im April 1935 von **Triad** vorgestellte **6B5**, die den Typ **42** ersetzen kann. Zwischen den beiden Stufen enthält die Röhre einen Widerstand. **National Union**, **Raytheon**, **Champion** und **Tung Sol** bauen die Röhre in der Folge ebenfalls. Ab 1937 ist sie als **6N6G** mit Octalsockel erhältlich und **Triad** fabriziert eine schwächere Röhre als **6AB6G** und **6AC6G**, wie auch die Allstromversion **25N6G** [237]. Gegen Ende 1933 stellt **RCA** mit der **12A7** und 1939 mit der **25A7G** eine Kombination von End-Pentode mit Netzgleichrichter für Allstromgeräte vor. Mit den Typen **32L7GT** und **70L7GT** verkauft **RCA** ab 1940 auch End-Tetroden mit Ablenkelektroden (**beam power tubes**), kombiniert mit Gleichrichter. Die **6F7** von 1933 repräsentiert die einzige Regelpentode mit Triode kombiniert für 6,3 Vf; 1939 kommt mit der **12B8GT** ein gleicher Typ für 12,6 Vf dazu. Die **6AD7G** von 1940 ist die einzige End-Pentode, kombiniert mit Treibertriode. 1940 erscheint in den USA mit der **6C8G** die erste Doppel-Triode für Spannungsverstärkung und 1945 die bekannte **6SN7GT** und die **7F8**. Auch die ersten **Miniaturröhren** von RCA, die **12AU7** und die **12AX7** sind solche Typen, gefolgt von der **12AT7**.

## Chronologie der Entwicklungen

Ausser dem Sockel ist es wichtig, die Funktion und das Verhalten einer Röhre zu kennen, was stark mit dem verwendeten Kathodenmaterial zusammenhängt. Röhrenvergleichsbücher geben gerade bezüglich der Kathode keine Auskunft. Gewisse alte Röhren z.B. kann man wieder zur Emission bringen - siehe unter «Regenerierung von Röhren».

### Heizfaden (Kathode)

Die ersten Glühlampen und Röhren verwenden den Kohlefaden als Glühdraht. Carl **Auer von Welsbach** führt im Jahre 1900 die Metallfadenglühlampe mit **Osmiumdraht** [136] und 1906 mit Wolframfaden in Deutschland ein. Bei der Röhre kommt es nicht auf hohe Temperatur und damit bessere Lichtausbeute, sondern auf möglichst hohe Emission an. Schon 1905 ist Wolfram (engl. **tungsten** = von schwedisch «**schwerer Stein**») in Gebrauch, ein auch bei sehr hohen Temperaturen resistentes Material von ausgezeichneter Festigkeit. Bald gilt Tantal als besserer Emitter, doch ist der Werkstoff zu weich. 1912 beginnt **McCandless** in den USA auf Vorschlag von **Hudson** (Patent), feinen Tantaldraht um den Wolframdraht zu winden. Wolfram verwendet man bei den ersten Hochvakuumröhren für alle Elektroden zur Entfernung der Restgase bei möglichst hoher Temperatur, der nur Wolfram standhält. Die Wolframröhren brennen bei ca. 2400 Grad Kelvin (K, ab -273 Grad C gezählt) weiss (engl. **bright emitter**). **Coolidge**, ein Kollege von **Langmuir** bei **GE**, erhält mit dem «gezogenen» Wolframdraht (ca. 1913) bessere Resultate als mit «gewöhnlichem» Wolfram. Bessere Emitter und der Einsatz eines Getters kommen später dazu. Für die anderen Elektroden verwendet man dann meist Nickel.

Schon früh erfolgen Versuche mit Oxyden. Den Anstoss gibt **Wehnelt** 1903. Vor allem **WECO** ummantelt ihre Röhren mit Oxyd, da die Firma nicht von der gewohnten Glühlampenherstellung ausgeht, sondern a priori etwas Neues einführt. In Europa verwendet man dagegen eine ähnliche Technik wie für Glühlampen und bleibt lange beim Wolfram. Für Senderöhren grosser Leistung eignet sich andererseits Wolfram besser.

**GE** entwickelt Kathoden mit Thorium-Beigabe, nachdem im Werk Harrison im Jahre 1920 für die UV201 irrtümlich Wolfram mit Thorium-Beigabe zur Verwendung kommt! Diese Legierung dient seit einigen Jahren für die Glühlampenherstellung. **GE** findet heraus, dass die Röhre bei halber Heizspannung - was 1950 K Temperatur ergibt - perfekt funktioniert. Die Emission pro Watt beträgt 75 mA statt 1,75 mA mit purem Wolfram. Die ersten Radoröhren mit Thorium in den USA sind die **UV199** und **UV201A**. Im Oktober 1921 hat **GE** die ersten Produktionsmuster bereit, im Dezember 1922 kommen die beiden Röhren auf der **New York Radio Show** offiziell zur Vorstellung und ab Mitte April 1923 liefert **RCA** aus. **Marconi-Osram** liefert in Grossbritannien mit der **LT1** 1921 Thoriumröhren. Bei diesen Röhren gilt es, den Heizungsregler nicht zu hoch zu stellen (max. 3,3 V, was 3 Zellen am Ende ihrer Leistung entspricht), da sonst die Thorium-Schicht deaktiviert.

Wechselstromröhren mit indirekter Heizung

Schon 1914 konstruiert A.M. **Nicolson (WECO)** eine indirekt geheizte Röhre. 1922 bringt **Métal** mit der **Radio Secteur** eine der ersten (oder die erste) Röhre für Wechselstromheizung heraus (2,3V, 2A). Trotz des kurzen, dicken Heizfadens entsteht zuviel Brumm. Die Entwicklungsarbeiten für eine solche Röhre betreibt **Westinghouse (Freeman)** ab 1921 ernsthaft. **McCullough**, ein Ex-Mitarbeiter von **Westinghouse**, lässt ab 1925 die ersten **AC-Röhren** fabrizieren, die im Jahr darauf **Kellogg** herstellt und vertreibt. **RCA** bringt ab Mai 1927 die von **Westinghouse** entwickelte **UY227** mit 2,5 Vf auf den Markt; die **56** ersetzt sie 1932. Im Mai 1931 stellt **National Union** eine Röhrenserie für **Autoradios**



mit 6,3 V vor und löst damit den 2,5-V-Standard ab. Es sind die Röhren **NY64**, **NY65**, **NY67** und **NY68** mit 0,4 A. Im Juli kommen **Arcturus**, **Raytheon** und **Ken-Rad** mit den 0,3-A-Typen **236**, **237**, **238** und **239** heraus und kurz darauf folgen **RCA** und **Sylvania**. Ab 1932 finden sich diese auch in Netzapparaten. Ab 1934 sind die schnellheizenden Typen (**slip-coating process**) für 6,3 V bei 0,3 A Heizstrom der US-Standard. In Europa hält sich der 4-V-Standard einige Jahre. C.W. **Stropford** von **M-O-Valve** in England lässt 1926 eine **schnellheizende AC-Röhre** patentieren. Im Januar 1927 bietet **M-O-Valve** die **KL1** und einige Monate später die **KH1** an; ein Faden aus Kieselerde hält den freischwebenden Heizfaden von der Kathode weg. Nur zwölf Tage nach der Anmeldung durch **Stropford** lässt E. Yeoman **Robinson** von **Met-Vick** in England eine Konstruktion patentieren, die auf den Heizfaden aufgebracht **Aluminiumpulver als Isolator** verwendet (**slip-coating process**). Ab September 1927 verkauft **Met-Vick** die Röhren **AC/R** und **AC/G** unter der Marke **Cosmos (short path)**. Die Röhren haben eine Steilheit von 4mA/V, was fünf Jahre Spitze bleibt. Im gleichen Jahr bringt auch **Philips** ihre Wechselstromröhren und baut sie in ihr erstes Radio ein. Die Mazda **AC/2Pen** setzt 1934 mit 8mA/V einen neuen Standard [237] für die Steilheit. Die Erfindung von **Robinson** für indirekt geheizte Röhren setzt sich weltweit durch.

### Röhrenfunktionen

Chronologisch gesehen verläuft die Entwicklung der Röhrenfunktionen von den ersten Dioden (1905) schnell zu verstärkenden Trioden, die erst gegen Ende der 20er Jahre durch Tetroden und durch Pentoden (1927) eine teilweise Ablösung erleben. Mehrfach- und Verbundröhren der 20er Jahre setzen sich nicht durch, wenn man von den Zweiweg-Netzgleichrichtern absieht. Anfang der 30er Jahre beginnt eine eigentliche Spezialisierung der Röhrenfunktionen und es entstehen Verbundröhren, die vom Prinzip her bis zum Ende der Röhrenanwendung als modern gelten. Den Ausdruck **Diode** für ein «Zweipolrohr» und Triode für die Dreipolröhre erwähnt W.H. **Eccles**, Professor am **London Technical College**, im April 1919 in der Zeitschrift **Electrician** und den Ausdruck Tetrode (Vierpolröhre) in **Continuous Wave Wireless Telegraphy** 1921, worauf später die weiteren Bezeichnungen für Pentode (Fünfpolröhre), Hexode (6), Heptode (7) und Oktode (8) etc. entstehen [858850].

### TETRODEN und PENTODEN

1915 erfinden A. **Langmuir (GE)** und W. **Schottky (S&H)** wohl unabhängig voneinander [150] die **Raumladegitterröhre** (engl. **space charge grid**). Die Schirmgitterröhre verdrängt sie rasch. Allerdings lebt die Raumladegitterröhre in den 50er Jahren als Spezialröhre für Autoradios (z.B. **12K5**) wieder auf. Sie eignet sich für die Anwendung mit niedrigsten Anodenspannungen von 2-12 Volt. G.V. **Dowding** und K.D. **Rogers** von **Popular wireless**, London, realisieren 1924 eine Schaltung ohne separate Anodenspannung und verwenden insgesamt lediglich 6 Volt. **Bower Electric Ltd.** konstruiert dazu die Röhre **Thorpe K4** [237-36]. In den USA heisst die Schaltung später **Solodyne** mit der **Nutron-Solodyne-Röhre**.

**Langmuir (GE)** konstruiert 1913 die **Hochvakuumröhre**, in der er beim ersten Versuch im März eine zweite Anode auf der gegenüberliegenden Seite der Heizung einführt - einige Publikationen nennen ihn fälschlicherweise als Erfinder der Tetrode. Auch das im Januar 1917 durch **Hull (GE)** vorgestellte **Pliodynatron** [138] ist eine Tetrode, gilt aber wegen ihrer besonderen Wirkungsweise nicht als Vorläufer der Raumlade- oder Schirmgitterröhre. Die erste Raumladegitterröhre von **Schottky** heisst bei **S&H** Typ **110** bzw. bei **Telefunken K26** (später **RE26**) und dient kurze Zeit als

Telefonverstärkerröhre. Erste Raumladegitter-Empfängerröhren sind wohl 1920 die **RE20** von **Telefunken** und die **FE1** (später **FE2**, **FE3** und **DE07**) von **Marconi-Osram (Round)**, England. In [237-35] meint man wahrscheinlich fälschlicherweise, dass die FE1 eine Schirmgitterröhre sei. Weitere Telefunken-Raumladegitterröhren: 1924 **RE82**, 1925 **RE216**; 1927 **RE072d**, **RE073d**; 1928 **RE074d**; 1930 **REN704d**. **Philips** verkauft die Raumladegitter-Tetrode **Q** gemäss [138] ab 1921 und gemäss [237] ab Mai 1923. Sie heisst gegen Ende 1923 **D6**; 1924 stösst die **B6** dazu. Später sind es Röhren, die mit 41 oder 51 enden (z.B. **A141**, **A241**, **A341** und **A441** von 1926). **Mullard** bietet 1924 mit der **DG** eine Raumladegitterröhre an [138], doch folgen in England nur wenige diesem Röhrentyp. In Frankreich kommen solche Tetroden ebenfalls 1924 auf den Markt (**Métal DG** und **RM, Micro-Bigrille R43** etc.) und halten sich dort am längsten - z.B. als Mischröhren [138].

1916 meldet **Schottky** ein Patent für die Schutzgitter- bzw. **Schirmgitterröhre** (engl. **screened-grid** bzw. **protective network grid**) an. Diese Vierpolröhre bzw. Tetrode als SG-Röhre bildet den Grundstein für die später folgenden Mehrgitterröhren, doch ist von verschiedenen Forschern viel Arbeit nötig, bis das Prinzip für HF taugt. Für Telefonieverstärkung kommt allerdings ab 1917 die erste SG-Röhre, **SSI (Siemens-Schottky Nr.1)** auf den Markt, gefolgt von **SSII** und **SSIII**.

Erst nach Untersuchungen ab 1924 von A.W. **Hull** und **Williams** (Veröffentlichung in **Physical Review** vom April 1926) in den USA [642801] und H.J. **Round (Marconi-Osram)** in England [131] entstehen SG-Röhren für Radiozwecke. Die Entwicklung von praktisch anwendbaren Röhren erfolgt ebenfalls in einem «Kopf-an-Kopf-Rennen»: Sowohl **GE** mit der **UX222** in den USA als auch **Marconi-Osram** in England mit der **S625** können 1926 eine SG-Röhre vorstellen und ab Oktober 1927 verkaufen. **Lowe** bringt mit der **2HF** 1926 eine Doppel-(Schirm- oder Raumlade-?)-Tetrode und **Philips** mit der **C142** 1927 eine indirekt geheizte SG-Röhre und zusätzlich die **A442**. **Telefunken** - mit der **RES044** - und **Valvo** - mit der **H406D** (gemäss [642807] wie A442) - stellen 1928 an der **Leipziger Frühjahrsmesse** ihre ersten SG-Röhren vor [642803]. Radios mit SG-Röhren kommen allgemein ab 1928 auf den Markt, wobei wegen der wesentlich grösseren Verstärkung dieser Röhren besondere Aufwände gegen Kopplungen und Schwingneigungen vorzukehren sind. Bei **Telefunken** erhalten die SG-Röhren den Zusatzbuchstaben S (z.B. **RES094**, **RENS1204**, **RENS1264** etc.), was aber auch für Pentoden gilt [156], und bei **Philips** [121] die Endnummer 42 oder 52 (z.B. **A442**, **E452T**, **E442S** etc.).

Um die Zeit der Veröffentlichung der Arbeiten von **Hull** und **Round** entwickeln bei **Philips** Gilles **Holst** und Bernard **Tellegen** bereits die Pentode und im September 1927 kann die Firma mit der **B443** der Welt erste **Pentode** vorstellen, die im ersten Philips-Rundfunkgerät 1927 zum Einsatz kommt - zusammen mit der Tetrode **B442**. Erst drei Jahre später entsteht in den USA eine Pentode. Die Fünfpolröhre bildet in kurzer Zeit die wichtigste Radoröhre überhaupt. Gemäss **Telefunken-Zeitung** Nr. 100 ist die **RENS1819** die erste HF-Pentode dieser Firma und man nennt in diesem Zusammenhang den Namen G. **Jobst** (mit 1926 datiert). Die **RENS1819** ist jedoch eine Tetrode und **Telefunken** setzt 1931/32 im Apparat **131** mit der Endpentode **RENS1823d** erstmals eine Pentode ein. 1929 erscheint mit der **C443** die erste Wechselstrom-Pentode von **Philips** und im gleichen Jahr eine mit mehr als 3 Watt Ausgangsleistung, die **E443**. Die Pentode hat die Tetrode vor der Geburt überholt und ist wesentlich überlegen. Wegen der Frage von Lizenzgebühren dauert es einige Jahre, bis sich die Pentode und deren weiterentwickelte Mehrgitterröhren-Nachfolger allgemein durchsetzen.

## DIODEN

Nach der Entwicklung von Empfängern mit grosser Verstärkung stellt sich heraus, dass die Demodulation dieser Signale mit Trioden starke Verzerrungen hervorruft und **Dioden** diesen Nachteil praktisch nicht aufweisen. Als erste Lösung verwendet man bei der Triode **27** das Gitter als Anode und erdet die Anode, wie dies z.B. bei den **Edison-Radios** Modell **R4** und **R5** aus dem Jahre 1929 der Fall ist [237]. 1930 verwendet **Philco** die gleiche Technik und realisiert einen **Schwundausgleich** ohne Regelröhren. 1931 bringt **Philco** mit dem **Modell 90** einen Super mit dieser Art von **Diodendemodulation**; im gleichen Jahr verwendet **Grings-by-Grunow** im **Modell 25** Zweiweg-Gleichrichtung mit zwei Röhren **27**. Im Dezember kann die Firma mit dem **Modell 200** die Duodiode **G2S** von **Majestic** einsetzen. Die G2S und die etwas später entwickelte **G4S** bleiben in den USA die einzigen Dioden, bis 1935 die **6H6** und die **6H6G** auf den Markt kommen. Schon im August 1931 kann die **Insuline Corporation of America**, ein kleiner Hersteller in New York, einen 6-Röhren-Super mit der neuen Röhre **55**, einer **Triode-Duodiode**, auf den Markt bringen [237]. Norman E. **Wunderlich**, ein früherer Ingenieur von **Radio-Victor Corp.**, bringt kurz darauf über die **Arcturus Radio Tube Co.** eine ähnliche Röhre heraus, wobei sein Prinzip auf einem einzigen Elektronenstrom basiert. Seine Entwicklung kann sich nicht durchsetzen. Auch **Sylvania** mit den Typen **29** und **69** sowie **Ken-Rad** mit der **KR20** und **KR22** bringen ähnlich erfolglose Entwicklungen wie **Wunderlich**. 1933 erscheinen die **Pentode-Duodioden 2B7** und **6B7**, 1937 durch die **1F6** flankiert. 1944 führt **Sylvania** mit der **6AL5** eine entsprechende Miniaturröhre ein. Die **1S5** von 1940 ist lediglich eine Pentode-Diode. Die Kombination von Dioden mit Endröhren gibt es in den USA nicht. In Europa verwendet **Murphy** 1932 im **Modell A8** eine **Duodiode AC/DD** von **Mazda**, die man kurz darauf durch die **V914** ersetzt. 1933 verwendet **Philips** die Binode **E444**, eine Tetrode-Diode mit dem Namen **SD4** bei **Mullard**. Bald darauf bringt **Philips** die Duodiode **AB1** sowie die entsprechenden Mullard-Röhren **2D4A**, **2D4B** und **2D13**. 1934 stellt **Cossor** die **220DD** für Batterieradios vor und 1936 entwickelt **Philips** die **KB2** und **Mullard** die **2D2** für diesen Zweck. Ende 1933 bieten die meisten Firmen in Europa eine Triode-Duodiode an. Gleichzeitig entwickelt **Westinghouse Brake & Saxby Signal Co.** in Grossbritannien den **Westector**, eine kleine Version des **Kupferoxyd-Gleichrichters**, die wegen der hohen Eigenkapazität vorerst nur für die Zwischenfrequenz (ZF) bis 150 kHz und ab 1934 bis 1,5 MHz Verwendung findet. Diese Diode dient nicht oft als Demodulator. 1934 bringt **Mazda** die erste **Triode-Tridiode** als Typ **AC/HLDDD** auf den Markt; sie führt den neuen 9-Stift-Sockel. 1938 stellen **Philips** und **Mullard** die Tridiode **EAB1** vor. Eine ähnliche Röhre gibt es erst wieder 1953 in den USA als **6BC7**. Für AM/FM-Empfänger vereinigt man drei Dioden mit einer steilen Triode zur **EABC80**.

## MISCHRÖHREN

In den 20er Jahren ist es üblich, für den Superhet eine separate Oszillator- und Detektor- bzw. Mischröhre einzusetzen. Eine spezielle Schaltung, genannt **Autodyne**, lässt die drei Funktionen in einer Röhre verwirklichen, doch ist die Kathode mit einer HF-Drossel zu isolieren und es entsteht ein grösserer Schaltungsaufwand, so dass erst die spezielle Röhre Typ **15** (USA, Ende 1932), eine indirekt geheizte Pentode (in [237] ist es eine Tetrode) für 2 Vf Batteriestrom, das Problem löst. In Frankreich gibt es für diesen Zweck sehr früh und über Jahre hinweg spezielle Tetroden als additive Mischröhren, genannt Bigrille. **Telefunken** verwendet in ihrem ersten Super von 1932/33 die Tetrode **REN704d**. Mit der **2A7** stellt **RCA** im April 1933 eine **Heptode** (7-Pol-Röhre) als **Pentagrid-CONVERTER** vor. Dabei dient das erste Gitter als

Oszillator. Das zweite Gitter besteht nur aus zwei Stäben und gilt als sogenanntes Anodengitter. Der Mischteil mit dem Gitter drei und fünf als Schirmgitter und dem Steuergitter vier entspricht in der Wirkung dem Mischteil bei der Hexode [219]. Die Röhre funktioniert als eigenerregte Mischröhre mit Kathodenrückkopplung oder mit Fremderregung. Die Schaltung kommt in Europa nicht vor, denn etwa um die gleiche Zeit verwendet man dafür die Oktode, die wohl gleich geschaltet ist, aber als 6. Gitter ein Bremsgitter enthält. Als **Pentagrid-MIXER** dagegen (**6L7** von 1935 [237]) gilt in den USA die Schaltung mit Heptode, wie man sie in Europa mit der Mischhexode realisiert, nur dass diesmal in Europa das Bremsgitter fehlt. Diese Schaltung benötigt wieder zwei Röhren, hat jedoch sehr gute Eigenschaften für Kurzwellen.

Die Pentagrid-Converter-Röhren erlauben multiplikative Mischung und Regelung. Es folgen nach der **2A7** die **6A7**, **6A8**, **12A8GT** und **1A6** im gleichen Jahr, später die **1C6** (1934), **1L6**, **7B8** etc. 1933 stellt **RCA** mit der **6F7** auch eine Triode-Pentode vor, gefolgt von einem Dutzend weiteren Typen. Später kommen die Triode-Hexoden **6K8** (1938) und **12K8**, die Triode-Heptoden **6J8G** (1937), **7J7** (1940) und **7S7** (1946), doch in den USA überwiegen die Pentagrid-Converter bei weitem. Die Mischoktode **7A8** (1939) sieht man selten eingesetzt. Bei der Entwicklung von Stahlröhren ohne Obenanschluss fehlt eine Anschlussmöglichkeit, so dass 1939 die Lösung durch das Zusammenlegen der Oszillator-Anode mit dem Schirmgitter bei der **6SA7** bzw. **12SA7** erfolgt, dabei entstehen als Nachteil kompliziertere Schaltungen. Dasselbe gilt für die **6BE6** bzw. **12BE6** von 1945. Die **1R5** von 1940 zeigt eine etwas abweichende Lösung. 1950 entstehen die Pentagrid-Converter **6SB7**, **6BA7** bzw. **12BA7** für FM, womit die Entwicklung in den USA abgeschlossen ist. Obwohl in Frankreich bereits 1928 ein Patent für die Hexode besteht, beginnt in Europa die Spezialisierung mit **Hexoden-Mischer** wie die **RENS1224** (die **RENS1234** ist eine Hexode aber keine Mischhexode) und **Philips E448** erst 1933, doch die Erfahrungen sind schlecht, besonders für kurze Wellen. Auch die **AH1** bringt keine wesentliche Verbesserung. In England führt **Ferranti** 1933 mit der **VHT4** die Heptode als Mischröhre ein. Etwa gleichzeitig mit der Einführung der Hexoden durch **Telefunken** (Wilhelm, K. **Steimel** ab 1932, G. **Jobst**) kommt **Philips** mit der **Oktode** auf den Markt. Bis zur Einführung einer auch für Kurzwellen gut funktionierenden Mischhexode-Triode kommt 1934 die Oktode in Europa zu kurzer Blüte. **Philips** bringt die **AK1** und **AK2** [237] und **Telefunken** 1935 die **CK1**, darauf die **EK1** (**Philips EK2, EK3**). Noch 1934 erfolgt in Europa der Einsatz des Hexode-Triode-Prinzips mit Schwundregelung, das sich wegen ungenügender Entwicklung der Röhren (**ACH1**, **BCH1**) nicht bewährt und im Jahr darauf kaum mehr zur Anwendung gelangt. Erst die weiterentwickelte **Hexode-Triode** (**ECH3** von 1936) und Heptode-Triode (**ECH4**) sowie ihre Nachfolger sind der Aufgabe gewachsen und verdrängen in Europa sofort alle anderen Mischröhren. Sie arbeiten vor allem als gezielte, kombinierte Oszillator- und Mischröhren. Das Konzept bewährt sich bis zum Ende der Röhrenanwendung. 1938/39 bringen **Philips**, **Mullard** und **Tungsram** mit der **EK3** eine **Beam-Oktode**, die nur über kurze Zeit aktuell ist.

## Stahlröhren

Kurz nach dem Ersten Weltkrieg entwickelt **Housekeeper** bei **M-O-Valve** in Grossbritannien Senderöhren mit zylindrischer, offener Kupferanode, die zur direkten Kühlung (**cooled anode transmitting, CAT**) lediglich unten in Glas eingeschweisst ist. Im Mai 1933 stellt **Marconi-Osram** eine Familie von Rundfunkröhren unter dem Namen **Catkin** vor, enthaltend die **VMS4** als regelbare Schirmgitterröhre, **MS4B** als Schirmgitterröhre, **MS4** als Triode und die **MPT4** als End-Pentode. In der Funktion sind

die Röhren identisch mit ihren gleichnamigen Vorgängern, doch gelten sie als erste **Rundfunk-Metallröhren**, die z.T. einen Schutz der Anode aus gelochten Zylindern tragen (Glas-Metallröhren). Später fabriziert Deutschland für Wehrmachtsröhren ähnliche Zylinder (**Lockenwickler**). 1934 kommen in England die Typen **W30**, **VMP4K** und **N30** dazu. Sie tragen Aluminiumzylinder. Im April 1935 bringt **RCA** eine ganze Serie von **Stahlröhren** auf den Markt mit den anfänglichen Typen **5Z4**, **6A8**, **6C5**, **6F5**, **6H6**, **6J7**, **6K7**, **6F6** und **6L7**. Gleichrichter- und Endröhren stehen wegen der grossen Hitzeentwicklung später wieder in Glasform zur Verfügung, doch erweitert sich die restliche Familie stark. 1936 erscheinen zudem Metall-Glasröhren mit der Zusatzbezeichnung MG; 1938 kommt eine Stahlröhrenserie ohne Oberanschluss auf den Markt mit den Typen **6SJ7**, **6SK7**, **6SF5** und **6SQ7**. Der Buchstabe S steht für **single-ended**. Gegen Ende 1938 stellt **Telefunken** ihre Stahlröhren mit neuem Sockel vor, die wegen horizontalem Aufbau der Systeme allerdings einen wesentlich grösseren Durchmesser aufweisen. Ein Jahr darauf stellen auch die **Philips-Valvo-Werke** diese Röhren her. Eigentlich für militärische Zwecke vorgesehen, bringt **Telefunken** eine Serie von vier Stahlröhren für 2-Volt-Batteriebetrieb auf den Markt - ein Novum für Stahlröhren. Noch in den 50er Jahren stellt **Telefunken** neue Stahlröhren vor. Die UdSSR produziert nach dem Krieg eigene Stahlröhren, die denen der USA ähneln und z.T. austauschbar sind.

#### Entwicklungsübersicht der Röhren

- 1902 Gleichrichterröhre (für Starkstrom), Cooper-Hewitt, USA
- 1903 Oxydkathode (nur Vorschlag) für höhere Emission, Wehnelt, D Für Hochvakuum ist erst ein (kompliziertes) Verfahren zu finden!
- 1904 HF-Diode, Fleming, GB
- 1906 Audionröhre, de Forest, USA (von-Lieben-Röhre funktioniert nicht)
- 1911 bis 1914 NF-Verstärkerröhre: v. Lieben-Reisz-Strauss, A; Telefunken D
- 1912 funktionierende Verstärkerröhre, de Forest, USA
- 1913 Hochvakuumröhre, Langmuir, GE, USA  
Niedervakuumröhre mit Oxyd, von Lieben D und Round GB
- 1914 Wolfram-Tantal-Emitter, Hudson, USA
- 1915 Raumladegitterröhre, Patent, Schottky, S&H, D
- 1916 Schutz- bzw. Schirmgitterröhre, Patent, Schottky, S&H, D Miniaturröhre (R5, V24), Round-Osram, GB
- 1917 Schirmgitterröhre für Telefonverstärkung (nicht HF-tauglich) SSI, D Raumladegitterröhre für Militärzwecke, 110 S&H und K26 (RE26), D
- 1919 Regelröhre, Versuch der GE, ohne praktische Anwendung, USA
- 1920 Gleichrichterröhre «Electrodyne» (Radio News Feb. 1920, GE=1921), USA
- 1921 Magnetron (später für Radar wichtig), A.W. Hull, GE, USA (evtl. erst 1924) Thoriumröhren GE, USA (1920 gefunden), Marconi-Osram LT1, GB
- 1922 Oxydkathode für Hochvakuum, Westinghouse (WD11, Dez. 1921), USA Raumladegitterröhre für Rundfunkempfänger, Marconi-Osram FE1, GB  
Getter: Westinghouse ab Nov. 1922 (WD11, Kalk), «Métal» (Phosphor), F
- 1923 Magnesium-Getter bei «RT» in F und bei Marconi-Osram für DE3 in GB
- 1925 indirekt geheizte Wechselstromröhren (Rogers), Kanada

- 1926 moderner Barium-Nitrit-Prozess, SFR, F  
Schirmgitterradioröhre entwickelt, Hull (GE, USA) und Round (M-O, GB) Pentode, durch Tellegen und Holst (Philips) erfunden [241, 237]
- 1927 Pentode auf dem Markt, September: Philips B443, NL  
Schirmgitterradioröhre auf dem Markt Oktober, GE und M-O-Valve USA/GB indirekt geheizte Trioden für Wechselstrom in Europa [131] indirekt geheizte Schirmgitterröhre C142, Philips, NL
- 1928 Pentoden für NF-Verstärkung [131] Mischhexode, Patent, F
- 1929 Metallisierung der Röhren (Zinkfarbe), Telefunken, D
- 1930 indirekt geheizte Pentoden [131]
- 1931 indirekt geheizte Röhren für Gleichstrom metallisierte Röhren (graues Zink) auch von anderen Herstellern  
Regelröhren, RCA 35, USA; Cossor 220VSG, GB, [131]; Philips E445, NL  
Röhren für 6,3 Vf, National Union, ab 1932 für Netzapparate, USA  
Duodioden G2S und G4S von Majestic, USA  
Triode-Duodiode (55 von Insuline), USA
- 1932 Domform, eingeführt mit den Typen 57 und 58, USA
- 1933 Mischheptode als **pentagrid-converter**, USA  
Mischheptode (VHT4 von Ferranti), GB  
Mischhexode, Telefunken (RENS1224, 1234, Philips E448), D  
metallisierte Röhren von Philips (und Mullard, GB) als goldene Serie  
Oktode, Philips (AK1, AK2), NL  
Gemeinschafts-Bezeichnung und P-Sockel (Europa)  
Gemeinschafts-Bezeichnung in den USA (Uf als erste Zahl)
- 1934 Mischhexode-Triode (ACH1 noch problematisch, ECH3 ab 1936 gut)
- 1935 Aluminiumoxyd als Isolator zwischen Heizung und Kathode, damit Heizleistung auf 2,4 Watt gesenkt  
Mischhexode als **pentagrid-mixer**, USA
- 1935 Acorn-Zwergröhren mit Ringglaseinschmelzung, USA  
Stahlröhren (Telefunken-Stahlröhre 1938), USA
- 1936 magisches Auge, USA, 1936/37 Philips Europa AM1 rote Serie von Philips (E-Serie für 6,3 V, P-Sockel), NL
- 1938 Flächendiode als Empfangsgleichrichter, B. Davydo [241] Stahlröhren von Telefunken
- 1941 Schlüsselröhren von Philips
- 1947 Rimlockröhren von Philips

#### Wehrmachtsröhren

1933 beginnt bei **Telefunken** die Entwicklung der Wehrmachtsröhren. In der 1944 erschienenen **Tabelle der Wehrmachtsröhren** sind 66 Heeres- und 62 Luftfahrtsröhren angeführt, doch liegt die Anzahl Typen wesentlich höher. Allerdings kamen viele Typen nicht in Produktion.



Bild 570 [Sammlung Erb, Luzern]  
Kleinere Wehrmachtsröhren: RV2,4H300, RV12P2000, LG7, RD2,4Gc, RL4,8P15 und D1F

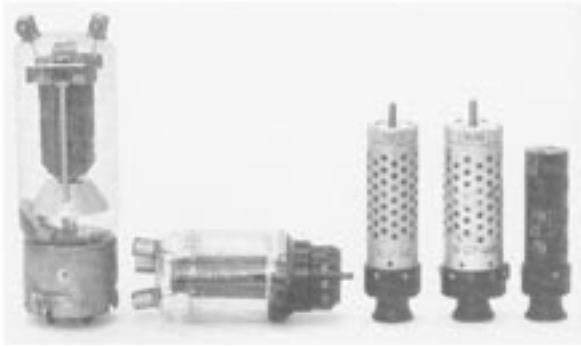


Bild 571 [Sammlung Erb, Luzern]  
Mittelgrosse Wehrmachtsröhren RL12P35, RL12P50 und  
«Lockenwicklerröhren» RV2P800, RV12P4000 und RL2T2

Das Eingehen auf die **Wehrmachtsröhren** sprengt den Rahmen dieses Buches; es gibt neue Arbeiten darüber. Ein Sonderdruck der **Funkgeschichte**, 1984, und Artikel in den Nummern 56-59 gehen auf dieses Thema ein. Neben der Firma **Telefunken** befassen sich **Lorenz, Valvo, Tekade, Opta, Siemens, AEG** (Osram-Röhrenfertigung), **Rectron, Fernseh GmbH, Sanitas, Koch & Sterzel, Pintsch**, die 1934 gegründete Firma **Gema** (für Funkmessgeräte) und **Philips** (25er-Serie Pressglasröhren) mit Entwicklung und Produktion von Wehrmachtsröhren. Die amerikanische **Acorn-Zwergröhre** (Typ **955**) ist das Vorbild der «Eichelröhren» der Firma **Lorenz**. Allerdings kann sie die Röhre nicht so klein wie in den USA bauen. Wegen Produktionsschwierigkeiten sucht und findet man in neutralen Ländern zusätzlich US-Ersatztypen.



Bild 572 [Sammlung Erb, Luzern]  
Eichelröhre 4672 und LD1 im Grössenvergleich

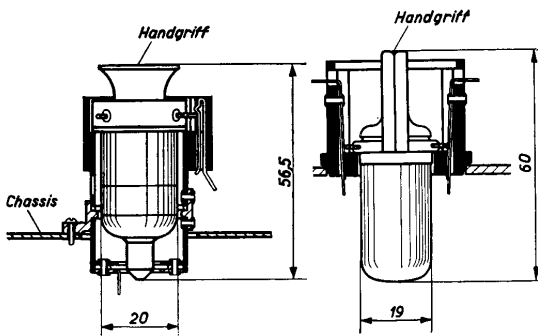


Bild «Z1» R37 [214-68]  
Konstruktion von Sockel und Handgriff (Knopf)  
der Wehrmachtsröhren RV12P2000 und D1F

Noch während des Krieges gelingt es **Sanitas**, das berühmte englische **Magnetron CV76** nachzubauen (**LMS10**). Die bekannteste Wehrmachtsröhre, **RV12P2000**, kommt auch kurz nach dem Krieg für den Einbau in Rundfunkgeräte in Frage. Auffallend für die Wehrmachtsröhren sind die völlig anderen Sockelkonstruktionen.

#### Militärröhren der Alliierten

Gegen Ende des Ersten Weltkrieges beginnt die britische Bezeichnung für Röhren der Navy mit N, die der Luftwaffe mit V und die des Heeres mit A (für Army), wobei weitere Buchstaben die Röhre näher bezeichnen. Gegen Ende des Zweiten Weltkrieges vereinigt das Militär die Entwicklung und die Röhren erhalten die Bezeichnung **CV** für **common valve**. Gleichzeitig gehen die USA zur Bezeichnung **JAN** für **Joint Army Navy** über.

#### Die Röhre stirbt! - Es lebe die Röhre!

In der Blütezeit der Röhre beträgt die jährliche Produktion ca. 800 Millionen. Transistoren und später Chips verdrängen die Röhren in ganz spezielle Nischen. **RCA** gibt z.B. wie viele andere Firmen die Produktion von Radioröhren 1977 auf. Einzig in Brasilien, Mexiko und einigen europäischen Ländern gibt es danach vereinzelt Produktionen von Radioröhren - z.B. stellt die **GEC-AEI Ltd.** in Grossbritannien ab 1982 wieder die End-Tetroden **KT66** und **KT88** her.

Röhren benötigt man noch dort, wo hohe Temperaturen vorherrschen, wo Elementarteilchen auf höchste Beschleunigungen zu bringen sind, bei der Hochenergiephysik. Gegen Ende der 70er Jahre kommt die Besinnung auf die Unempfindlichkeit gegen einen elektromagnetischen Superschlag (EMP), da ein sowjetischer Deserteur eine **MIG25** nach Japan fliegt und sich darin statt Chips oder Transistoren spezielle Röhren befinden. Es sind Batterien von Miniaturröhren. In den USA verpackt man darauf 200 Trioden in eine einzige Vakuumröhre; die Japaner wollen sogar 10'000 Einheiten miteinander verbinden. Bei Hi-Fi-Verstärkern der Spitzenklasse gelten Röhren als Nonplusultra. Seit jeher ist das Herz des Mikrowellen-Herdes eine Radioröhre; auch die modernen Fernsatteliten enthalten spezielle Senderöhren. Andere Senderöhren bringen eine Leistung von mehr als zwei Megawatt, wie **P.M.** 1986 berichtet.

Auszug aus dem Fachbuch «Radios von gestern»  
(Ernst Erb)

Copyright Ernst Erb