

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. Bestellen können Sie es direkt bei der Verlagsauslieferung, die täglich per Post gegen Rechnung Bücher ausliefert: HEROLD-Oberhaching@t-online.de oder HEROLD@herold.va.de. Da ist auch der Radiokatalog Band 1 zu haben.

Copyright Ernst Erb

www.radiomuseum.org

Vakuümröhre

Das «aktive Element» Röhre übernimmt ganz verschiedene Funktionen: Die HF- und ZF-Verstärkung, die Demodulation, die NF-Verstärkung und die Gleichrichtung des Wechselstromes zur Speisung des Gerätes. Die ersten Radios - durchwegs mit Gleichstrom gespeist - kommen mit **Trioden** aus. Diese Röhren verfügen lediglich über eine heizbare Kathode, ein Gitter und eine Anode. Bald folgen Mehrgitterröhren und für Wechselstrom-Netzapparate indirekt geheizte Röhren, die einen von der Kathode elektrisch isolierten Heizfaden aufweisen. Später entstehen spezielle Röhren für einzelne Zwecke. Verbund- und Mehrfachröhren übernehmen letztlich verschiedene Aufgaben zugleich.

Frühe Röhren besitzen meist einen **Wolframfaden**, der auf über 2000 Grad zur Weissglut zu erhitzen ist. Ab 1922-25 kommen Wolfram-Thorium-Heizfäden zum Einsatz (**Thoriumröhren**). Die notwendige Temperatur sinkt auf 1000 Grad; die Röhren glühen gelb. Ab 1923 folgt ein Überzug aus **Bariumoxyd**, der bei Rotglut funktioniert. Die Heizleistung vermindert sich von ursprünglich 10 auf 5 Watt. Einige Jahre später tragen praktisch alle Empfangsröhren **Oxydkathoden**. Nun beginnt man, das Wechselstrom-Lichtnetz als Stromquelle - auch für

die Heizung der Röhren - heranzuziehen. 1927 folgen **indirekt geheizte Röhren**, die eine Aufheizzeit von mehr als einer Minute benötigen, bis die Emission beginnt.

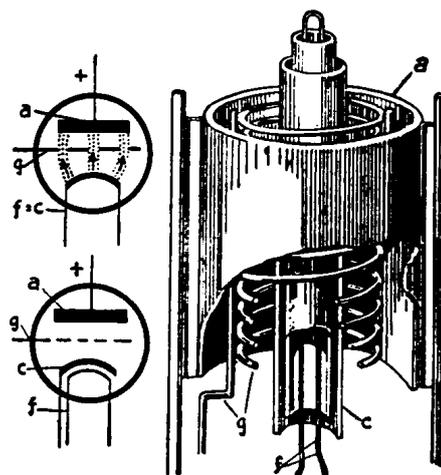


Bild «Z1» T34 [123-10]
Schaltzeichen der Triode und Aufbau einer indirekt geheizten Triode

Das Schaltbild oben links zeigt eine direkt geheizte Triode mit der **Anode a**, dem **Steuergitter g** und der **Heizung f**, die zugleich die **Kathode c** (oder k) bildet. Die (negativen) Elektronen können nur bei der heissen Kathode austreten; die positive Anode saugt sie ab. Das untere Schaltbild zeigt die Elemente einer indirekt geheizten Röhre.

Mit **Aluminiumoxyd** als Isolator sinkt 1935 die Heizleistung auf 2,4 Watt, die Anheizzeit auf 15-20 Sekunden. Diese Röhren glühen dunkelrot. 1938 halbiert sich bei Stahlröhren die **Heizleistung** auf 1,25 Watt.

Das **Gitter** dient zur Steuerung des Stromflusses in weiten Grenzen bis zur Sättigung der Anode. Hat das Gitter eine bestimmte negative Vorspannung, fliesst praktisch kein Strom zur Anode. Die Zunahme des Stromes erfolgt mit der Vergrösserung der Gitterspannung nicht überall linear. Die Spannungsveränderung an der Anode oder an der Kathode verändert das Bild ebenfalls. Mit **Röhrenkennlinien** gibt der Hersteller für jeden Röhrentyp und die einzelnen Elektroden eine Kennlinienschar heraus, aus der die Resultate der Spannungsveränderungen grafisch hervorgehen.

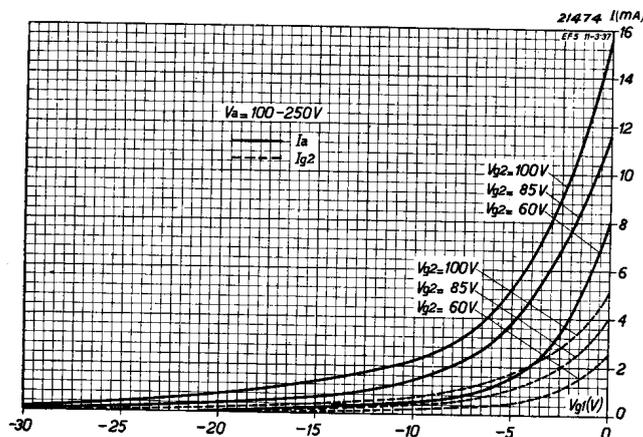


Bild «Z1» T111 [178]
Anoden- und Schirmgitterstrom der Regelpentode EF5 als Funktion der Steuergitter(vor)spannung für drei verschiedene Schirmgitterspannungen

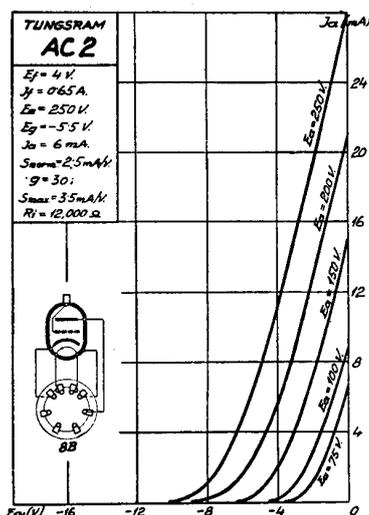


Bild «Z1» T35 [123-19]
Ia/Ug-Kennlinienschar der Triode AC2

Diese Kennlinien zeigen dem Entwickler z.B., welche **Gittervorspannung** er vorzusehen hat, damit die Röhre im linearen Teil steuert. Andererseits arbeitet das Audion absichtlich im nichtlinearen Teil; durch Unterdrückung einer Halbwelle kommt die Demodulation zustande.

Damit die Triode trägeheitslos und verzerrungsfrei arbeitet, darf kein Gitterstrom fließen. Zu diesem Zweck erhält das Steuergitter eine negative Gittervorspannung. Die Kennlinienschar zeigt darum die Zustände meist nur bis Null Volt.

Der untere **Knick der Kennlinie** rührt von der **Raumlade-wirkung** her. Der Raum um die Kathode ist erfüllt von eben ausgetretenen Elektronen, die nachfolgende zurückstossen. Zwischen Kathode und Steuergitter bildet sich eine Elektronenwolke. Erst die zunehmende Anziehungskraft einer positiver werdenden Elektrode überwindet die Raumladung.

Durch die **Sättigung der Anode** entsteht der obere Knick der Röhrenkennlinie; die Anode kann nicht mehr alle emittierten Elektronen aufnehmen. Bei älteren oder (nahezu) verbrauchten Röhren kann die Kathode nicht mehr Elektronen liefern.

Überheizt man eine Röhre, erschöpft sich bald die emittierende Schicht; die Röhre wird mit der Zeit «taub». Auf die ursprüngliche Regelung der Heizspannung für Lautstärke oder Rückkopplung verzichtet man darum später. Ab 1934 ist die Heizspannung durch die Röhrenbezeichnung direkt ersichtlich. Diese Spannung kann 0,6-110 Volt betragen (früher sogar bis 220 V)!

Die **Anodenleistungen** sind zu beachten, da andernfalls durch den Aufprall der Elektronen die Anode zu glühen beginnt, was zur Zerstörung der Röhre führen kann.

Röhrencharakteristik

Verschiedene Grössen bilden die Röhrencharakteristik. Die drei folgenden sind die wichtigsten und bilden mit der Formel R_i (in Kiloohm) $\times S \times D = 1$ eine Gleichung:

RÖHREINNERER WIDERSTAND

Da die Anode den Wechselstromwiderstand der Röhre zu überwinden hat, wird ihr Einfluss durch den Begriff «röhreninnerer Widerstand» (R_i) bezeichnet und in Ohm gemessen.

STIELHEIT

Wie stark das Steuergitter den Elektronenstrom beeinflusst, zeigt die Steilheit der Kennlinien. Mit der Steilheit S in mA/V

stellt man fest, um wieviel mA der Elektronenstrom bei einer Änderung der Gitterspannung um 1 Volt abweicht.

DURCHGRIFF

Soll die Anode steuernd wirken, muss sie durch das Gitter greifen. Der Vergleich der Wirksamkeit beider Elektroden heisst Durchgriff (D). In Prozent ausgedrückt zeigt er an, mit dem wievielten Teil der Anodenspannung das Steuergitter gleiche Wirkung erzielt. Der Durchgriff beträgt immer weniger als 1. VER-

$$D = \frac{1}{R_i \cdot S}$$

Bild «Z1» T32 [219-99]
Formel zur Errechnung des Durchgriffs

STÄRKUNGSFAKTOR UND RÖHRENGÜTE

Diese beiden Begriffe lassen sich aus obigen Daten ableiten. Der Verstärkungsfaktor (μ) ist der reziproke Wert des Durchgriffs. Der Verstärkungsfaktor von 25 bedeutet einen Durchgriff von 4 %. Somit beträgt $\mu = 1/D$ bzw. $\mu = S \times R_i$ bei der Pentode. Die so festgestellte Verstärkung stellt einen praktisch nicht erreichbaren Maximalwert dar. Die Röhrengüte G bestimmt sich aus Steilheit dividiert durch den Durchgriff (S/D).

Je nach Verwendungszweck konstruiert man verschiedene Röhren. Eine Endröhre z.B. hat grosse Spannungen zu verarbeiten, ohne selbst viel zur **Spannungsverstärkung** beizutragen. Zur **Stromverstärkung** dient ein grosser Durchgriff zwischen 10% und 30%.

Diese technischen Angaben sollen das Lesen und Beurteilen von Röhrenangaben erleichtern. Röhrenbücher mit technischen Daten und mit Aufzählung von Austauschtypen helfen Ihnen bei konkreten Fragestellungen weiter. So können Sie erfahren, ob und wie notfalls eine Röhre gegen einen anderen Typ zu ersetzen ist.

Die Röhre arbeitet als Verstärker

Hat die Röhre ihre Heiz- Anoden- und Gitter(vor)spannung, kann man noch nicht von Verstärkung sprechen, sondern von statischen Daten. Erst mit einer Wechselspannung am Gitter entsteht vorerst ein pulsierender Anodenstrom. Durch das zusätzliche Anlegen einer negativen Gittervorspannung sucht man drei Ziele zu erreichen: Erstens Verhinderung eines positiv werdenden Steuergitters, um nichtlineare Verzerrungen zu vermeiden. Zweitens Beschränkung der Anodenverlustleistung und drittens Einstellung eines idealen Arbeitspunktes.

Grundsätzlich ist der Arbeitspunkt bei grossen Amplituden tiefer zu setzen als bei kleinen. Die Endröhre erhält bei einem einfachen (alten) Empfänger also die grösste Gittervorspannung. Die Verhältnisse sind dort etwa so, dass die erste (HF-) Röhre von einem schwachen Sender nur einige millionstel Volt Wechselspannung erhält, die nächste einige zehntausendstel Volt und erst die Endröhre einige bis dutzende von Volt Steuerspannung. Weitere Überlegungen zur Gittervorspannung für verschiedene Zwecke folgen später im Text.

Um eine **Verstärkung**, also eine vergrösserte Wechselspannung - nicht nur einen pulsierenden Gleichstrom - von der Anode zu erhalten, ist ein **Wechselstrom-Arbeitswiderstand** (kurz: Arbeitswiderstand, R_a) nötig. An ihm erst entsteht der gesuchte **Spannungsabfall wechselnder Grösse**. Um eine maximale Leistung zu erreichen, ist R_a dem röhreninneren Widerstand (R_i) anzupassen.

Als R_a dient entweder ein ohmscher Widerstand, ein induktiver Widerstand oder ein Schwingkreis. Beim ohmschen Widerstand - mit nahezu gleichem Wechsel- wie Gleichstromwiderstand - entsteht die Wechselspannung am Koppelkondensator. Auch bei der Drosselkondensatorkopplung ist ein solcher Kondensator nötig. Bei der Transformatorkopplung und beim Schwingkreis fällt die Wechselspannung durch Induktion an der sekundären Spule an.

Durch die Art der Kopplung kann man rasch erkennen, ob es sich bei der Stufe - die nun vollständig definiert ist - um eine HF- oder NF- Verstärkerstufe handelt. In der Praxis kann eine Stufe komplizierter aussehen; die Gittervorspannung kann durch einen Kathodenwiderstand (R_k) erzeugt werden, Regelspannungen kommen vor etc. Erläuterungen dazu folgen im Absatz «Kleine Schaltungslehre».

Technische Entwicklung der Röhre

Ausser den nun bekannten Trioden hat man spezialisierte Röhren entwickelt. Einige Daten dazu:

Diode

Dioden dienen zur Gleichrichtung der HF oder ZF sowie als **Gleichrichterröhren** im Netzteil. Dort kommen Einweg- oder Zweiweg-Gleichrichterröhren vor. Letztere besitzen zwei Anoden und eine zweiseitig wirkende oder zwei Kathoden; in **Delon-** oder **Greinacher-Schaltung** können sie **Spannungsverdopplung** erwirken. Alle diese Röhren besitzen kein Gitter, sondern lassen den Strom ungesteuert - lediglich in eine Richtung - passieren. Für den gleichen Zweck gibt es gasgefüllte, gittergesteuerte **Thyratron-Röhren**, die auch zur Herstellung von Kippschwingungen oder Wechselrichtung von Gleichstrom dienen.

Schirmgitterröhre

Das **Schirmgitter** (g_2 oder sg) zwischen Steuergitter (g_1) und Anode verhindert bei der Triode die unerwünschte Steuerwirkung der Anode. Damit steigt der Verstärkungsgrad erheblich. Durch die kapazitive Aufteilung entsteht eine Unterdrückung der Schwingneigung. Typisch für eine **Tetrode** ist die 850mal kleinere Kapazität (z.B. 1,7 pF zu 0,02 pF). Dieser Röhrentyp verstärkt höhere Frequenzen und eine Neutralisation der schädlichen Röhrenkapazität bei mehreren Stufen fällt weg. Zudem arbeitet die Röhre bei kleinen Anodenspannungen. Die Spannungsverstärkung der Triode beträgt etwa 10-100 bzw. ca. Faktor 3-5 bei Endröhren; der innere Widerstand alter Trioden zwischen 10 und 20 Kiloohm (bei Endröhren um 1-3,5 K). Die ersten Tetroden bringen 0,4-0,8 Megohm inneren Widerstand und eine Verstärkung von etwa 300-900 μ .

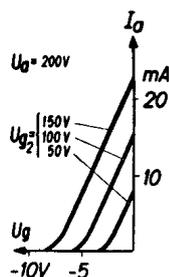


Bild «Z1» T33 [219-99]
Einfluss der Schirmgitterspannung

Die ersten Schirmgitterröhren verlangen eine mindestens um 30 Volt geringere positive Spannung als die Anode. Ein **Spannungsteiler**, dessen Querstrom ungefähr dem doppelten Wert des Schirmgitterstroms entspricht, erzielt diese Einstellung. Das Schirmgitter der «modernen» Endröhre arbeitet mit der vollen Anodenspannung.

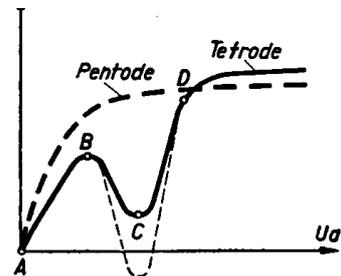


Bild «Z1» T31 [219-99]
 I_a/U_a -Kennlinie bei Tetroden und Pentoden

Pentode

In gewissen Momenten fängt das zusätzliche Gitter der Tetrode mehr Elektronen auf als die Anode, es kommt zu einer negativen Steilheit (Bereich B-C auf dem Bild). Die Pentode bzw. **Fünfpolröhre** führt darum zwischen Schirmgitter und Anode ein **Bremsgitter** bzw. **Fanggitter** (**suppressor-grid**) und erreicht damit zusätzlich die grösste Spannungsverstärkung (1000-5000 μ).

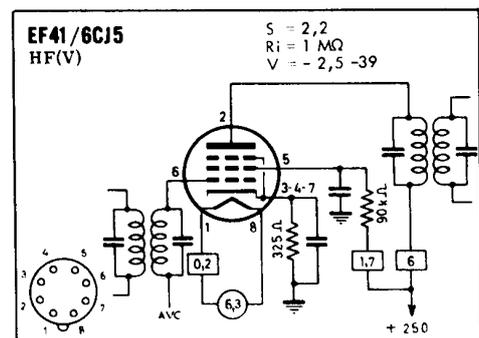


Bild «Z1» T36 [213-22 unten]
Schaltzeichen der Pentode EF41/6CJ5 mit der typischen Schalt-Umgebung als ZF-Verstärker

Sowohl im HF-, ZF- als auch im NF-Teil kommt dieser Typ noch in den letzten Röhrengeräten zur Anwendung. Das Bremsgitter ist meist intern mit der Kathode verbunden.

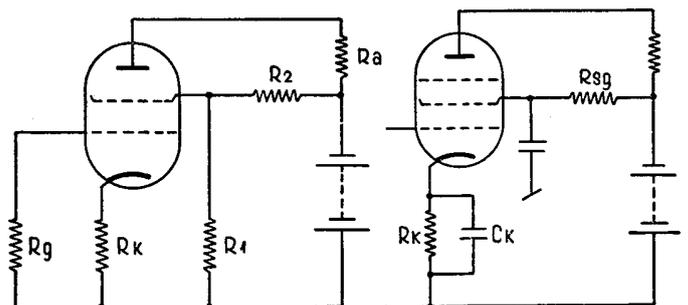


Bild «Z1» T3 [123-141]
Pentode mit konstanter Schirmgitterspannung mit Spannungsteiler oder Vorwiderstand

Der innere Widerstand beträgt 1,5-2,5 Megohm und bei Regelpentoden und Systemen mit mehr als 3 Gittern 2-10 Megohm. Die schädliche Gitter-Anodenkapazität weist nur 0,002 pF auf. Die Verstärkung dieser **Mehrgitterröhren** erreicht das 100-140fache der Steuerleistung. Das Rauschen der Pentode ist stärker als das der Triode, darum kommen z.B. für UKW-Eingangskreise wiederum spezielle Doppel-Trioden zum Zuge.

Regelröhren

Durch unregelmässig angelegte Gitter entstehen die Regelröhren. Damit lässt sich der Verstärkungsgrad während des Betriebes regeln und z.B. automatischer **Schwundausgleich** realisieren. Diese Regel-Tetroden und -Pentoden besitzen eine I_a/U_g -Kennlinie in Form einer Exponentialkurve. Durch Änderung der Gittervorspannung U_g verschiebt sich der Arbeitspunkt. Damit verlegt man mit grösser werdenden U_g die Arbeit in den flacheren Teil der Kennlinie. Der Regelbereich ist je nach Röhrentyp sehr unterschiedlich. Er beträgt etwa 1:100-1:1800. Röhren mit grossem Regelbereich sind am Eingang des Empfängers zu finden [123]. Im Knick der Kennlinie führt diese Art Regelung zu nichtlinearen **Verzerrungen**. Dafür ist nur eine kleine Regelspannung nötig.

Zu präzisieren ist, dass im gekrümmten Teil der Röhrenkennlinie (und bei Arbeit im Gitterstromgebiet) immer **nichtlineare Verzerrungen** auftreten bzw. die **Sinusform** der Frequenz verändert wird; es treten **Oberwellen** hinzu. Von **linearen Verzerrungen** spricht man andererseits, wenn einzelne Frequenzen zwar formgetreu wiedergegeben sind, aber verschieden zur Verstärkung kommen. Dies verursachen frequenzabhängige Bauteile (Kondensatoren, Drosseln, Transformatoren, Resonanzen bei Tonwandlern wie Mikrofone, Lautsprecher etc.) [195].

Gleitende Schirmgitterspannung

Den nächsten Schritt bildet die gleitende Schirmgitterspannung. Die Regel heisst: **«Je kleiner die Schirmgitterspannung, desto grösser die Steilheit»**. Mit zunehmender Regelspannung erhält die Kennlinie eine flachere Lage, der gradlinige Teil bleibt in seiner Grösse unverändert. Die Regelpentoden arbeiten gewöhnlich mit gleitenden Schirmgitterspannungen, deren U_{sg} in heruntergeregeltem Zustand bis auf 200 V und mehr «hinaufgleiten». Ein einfacher Vorwiderstand R_{sg} zwischen U_{ab} und Schirmgitter bewirkt dies an Stelle eines Spannungsteilers.

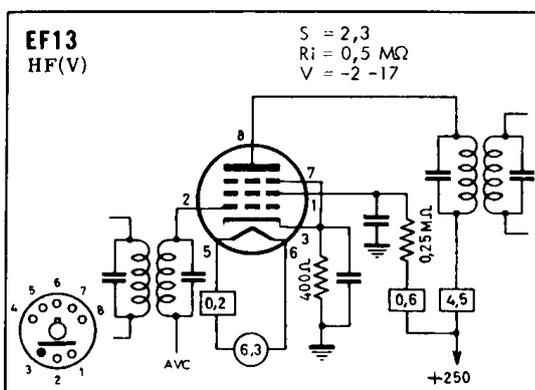


Bild «Z1» T37 [213-22] Schaltung für gleitende Schirmgitterspannung bei Regelröhren am Beispiel der EF13

Um eine leichtere Regelbarkeit zu erzielen, erhalten schliesslich Tetroden und Pentoden ein besonderes **Regelgitter** (g3) zwischen Schirmgitter und Anode bzw. zwischen

Schirmgitter und Bremsgitter. Dieses Regelgitter ist wieder mit einem zweiten Schirmgitter (g_4) vor dem direkten Zugriff der Anode zu bewahren. Es liegt zwischen Regelgitter und Anode bzw. zwischen Regelgitter und Bremsgitter. Damit entsteht die **Hexode (Sechspolröhre)** bzw. die **Heptode**. Diese Röhrentypen kommen nur einige Jahre zum Einsatz.

Mischröhren

Die Frequenzmischung und Regelung der Mischverstärkung für Super erfolgt anfänglich durch die **Mischhexode** mit dem besprochenen Aufbau. Erste Vorteile gegenüber der additiven Mischung resultieren daraus. Eine Verbesserung bringt die **Mischheptode** mit Hilfsanode statt zweitem Gitter. Die **Mischoktode** entsteht durch Ausstattung der Mischheptode mit einem Bremsgitter, wobei schaltungstechnisch keine Änderung stattfindet.

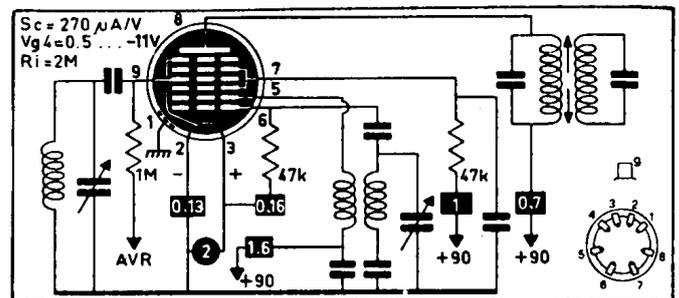


Bild «Z1» T38 [147-312] Mischoktode KK2 mit Schaltungumgebung

Die Abbildung der Mischoktode aus dem sehr empfehlenswerten Röhrenhandbuch [147] zeigt die Schaltungumgebung der Röhre, die Anschlüsse und den Röhrensockel. Das Buch ist im Handel erhältlich und führt auf etwa 400 Seiten die Daten von mehr als 2000 Röhren auf.

Die **KK2** hat einen «Obenanschluss» (Nr. 9). Links ist der sekundäre Teil des Antennenkreises mit dem Drehkondensator zu erkennen; darauf folgt der Koppelkondensator und der Widerstand für die automatische **Schwundregelung (AVC)**. Unter dem Röhrensymbol finden sich die Daten für die Heizspannung (2V) und den Heizstrom (0,13A). Daneben ist der Oszillatorschwingkreis ersichtlich. Es folgen die Speisungen mit Vorwiderständen und zu messenden Strömen (in schwarzen Feldern) und Spannungen. Rechts ist die Speisung des ersten ZF-Kreises dargestellt. Hier würde nun die Schaltung des ZF-Verstärkers anschliessen.

Eine weitere Verbesserung bringt der Zusammenbau einer **Regelhexode** mit einer Triode bei gleichzeitiger Verbindung des Regelgitters der Hexode mit dem Gitter der Triode.

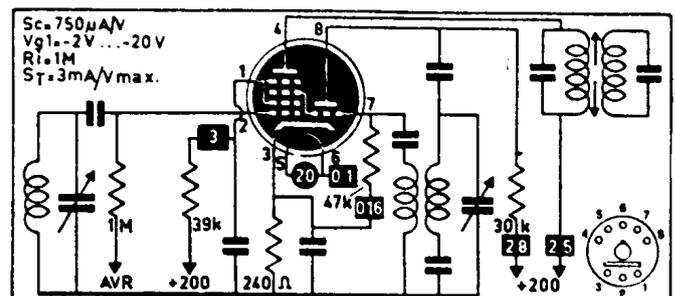


Bild «Z1» T39 [147-313] Regelhexode mit Triode (UCH11) als Mischröhre

Die Ähnlichkeit dieser Abbildung mit der Oktoden-Schaltung zeigt die nahe Verwandtschaft. In den USA und in Europa setzt man das Mischprinzip mit Heptode (ohne Triodensystem) bis zuletzt überwiegend für Koffergehäuse ein.

Besitzt die Hexode ein Bremsgitter, entsteht - mit gleicher Arbeitsweise - die Heptode-Triode. Damit ist die bis zuletzt benutzte **Mischheptode-Triode** entstanden. Sie hat eine kleinere Mischverstärkung als die Heptode oder Oktode, arbeitet jedoch ohne **Frequenzverwerfung** im Kurzwellenbereich. Diese kommt durch die Verschiebung der Regelspannung bei der Oktode zustande, was die Röhrenkapazität ändert.

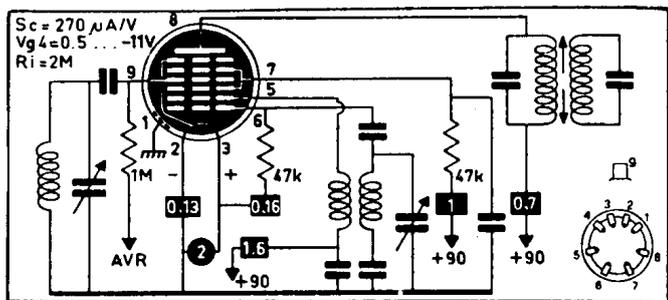


Bild «Z1» T5 [214-61]
Gitterbenennung und -anordnung bei Triode-Hexode und Triode-Heptode

Bei der ursprünglichen **additiven Mischung** führt man an einem einzigen Gitter der Mischröhre die Eingangs- und die Oszillatorspannung zu und bildet die Summe; es entsteht eine Schwebung. Gibt man beide Schwingungen ohne Gleichrichtung auf die Mischröhre, entsteht eine Schwingung, deren Begrenzung zu beiden Seiten die ZF bildet. Um mit dieser Schwingung einen abgestimmten Kreis zu erregen, muss die eine Hälfte davon verschwinden. Man lässt darum die Mischröhre am nichtlinearen Teil der Kennlinie (am unteren Knick) arbeiten; es entsteht Gleichrichtung mit dem Nachteil von Oberwellen. Auch Tetroden oder Pentoden sind teilweise so geschaltet.

Bei der ab Tetrode möglichen **multiplikativen Mischung** stehen zwei Verfahren im Vordergrund: Entweder lässt man die Steilheit der Mischröhre im Rhythmus der Oszillatorfrequenz schwanken oder man leitet den Elektronenstrom je nach Ladung des Oszillatorgitters (**Verteilungsgitter**) an die Anode oder auf die «erste Anode», dem Gitter 3 der Mischhexode. Beim Arbeiten am linearen Teil der Kennlinie erzeugt man die ZF ohne Gleichrichtung, was Verzerrungen vermeidet. Ohne Gleichrichtung und ohne Schwebungen bildet die nur einmal vorhandene ZF die Umhüllende der Anodenstromkurve [107]. Bei Fachmann und Laie herrscht die Meinung vor, die Mischung erfolge immer an einem Knick, sodass ich hier zusätzlich aus [298] (**Pietsch**) zitiere: **«Im Gegensatz zum additiven Mischer kann die steuerbare Kennlinie beim multiplikativen Mischer linear verlaufen, da die Steilheitsveränderung durch das zweite Eingangssignal geschieht. Allerdings besitzen alle Kennlinien Nichtlinearitäten, so dass diese Tatsache nur theoretischer Natur ist.»**

Anzeigeröhre (Magisches Auge)

Zur Erleichterung der Senderabstimmung dienen zuerst kleine **Messinstrumente, Glimmröhren** etc. Ab den Jahren 1936-37 (**AM1** von **Philips**) baut man auch in Europa das in den USA 1935 entwickelte «magische Auge». Es besteht aus einer Miniatur-Kathodenstrahlröhre - aus einem «Miniatur-TV-

Bildschirm». Das «magische Auge» enthält zudem eine Verstärkerstufe. Der Verstärkerteil besteht aus Triode oder Pentode. Bei einigen Anzeigeröhren dient das System zur Aussteuerung von schwachen Signalen zur Anzeige selbst und bei anderen zur NF-Verstärkung.

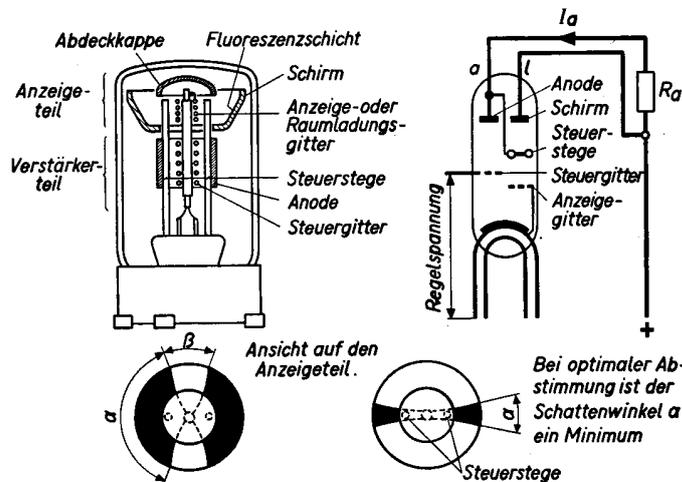


Bild «Z1» T4 [214-62]
Aufbau und Schaltanordnung der Abstimmanzeigeröhre

Verbund- und Mehrfachröhre

Das Zusammenführen mehrerer Röhrensysteme in einem Kolben bringt wirtschaftlichere Lösungen. Verbundröhren enthalten im Gegensatz zu Mehrfachröhren eine gemeinsame Kathode. Übliche «moderne» Verbund- oder Mehrfachröhren sind Pentode-Diode, Pentode-Duodiode, Triode-Duodiode, Pentode-Triode, Tetrode-Triode, Duo-Triode etc. Duo-Trioden oder besser Doppel-Trioden genannte Systeme entwickelt man für den UKW-Empfang noch Mitte der 50er Jahre. Die Mehrfachröhren der 20er Jahre sind im Kapitel Röhren behandelt.

Sekundäremissionsröhren

Selten sind in einem Radioempfänger die für TV-Zwecke verwendeten Sekundäremissionsröhren eingesetzt. Neben der üblichen Ausrüstung einer Tetrode enthalten diese eine besondere, sogenannte Sekundäremissionskathode. Dort aufprallende Elektronen lösen eine viel grössere Anzahl von Sekundärelektronen aus. Die Röhre hat darum eine besonders grosse Steilheit.

Röhrenartige Regler

Automatische Regelung bei Netzschwankungen führt man mit einer Einrichtung durch, die den Strom oder die den an ihr auftretenden Spannungsabfall konstant hält. Zur ersten Gruppe gehört der **Eisen-Wasserstoff-Widerstand** (EW), bei dem mit zunehmendem Strom und damit steigender Erwärmung der Widerstand wächst. Der EW besteht aus Eisendraht in Wasserstoffatmosphäre, deren Druck so bemessen ist, dass die Menge der abgestrahlten Wärme bei anwachsendem Strom eine genau berechnete Temperaturerhöhung des Drahtes bewirkt. Ein typischer, röhrenförmig ausgeführter Eisen-Wasserstoff-Widerstand bewirkt, dass sich eine Schwankung der Eingangsspannung von 80 Volt auf lediglich 10 vermindert. Grosse Spannungsdifferenzen lassen sich mit einem Konstantan-Widerstand in Serie ausgleichen. Da Konstantan beim Ein-

schalten bzw. in kaltem Zustand einen erheblich kleineren Widerstand als bei warmem Betriebszustand aufweist, wählt man in der Praxis Material mit negativem Temperaturkoeffizienten. Ein geeigneter Widerstand besteht dann aus Kohle oder Uran-dioxyd (**Urdox**). Diese Widerstände gibt es in röhrenförmiger Ausführung mit Edisongewinde. Für Radios kommt oft eine Kombination zum Einsatz. Diese **Eisen-Urdox-Widerstände** (EU) tragen meist einen Röhrensockel. Gemäss [603609] sind diese Widerstände vor magnetischen Einflüssen (Lautsprecher) zu schützen, was die Industrie mit einem aus Eisenblech bestehenden Schutzmantel erreicht. Dieser Mantel ist mit Innenrippen versehen, damit die Wärme gut abziehen kann. Leider fehlt er heute oft.

Da Glimmlampen bei einer bestimmten Spannung zünden, lässt sich mit ihnen die Spannung direkt regeln. Während des Brennens herrscht zwischen ihren Elektroden, unabhängig vom Stromdurchgang, eine nahezu feste Spannung von meist 70 Volt. Die Spannungsdifferenz zwischen Zünd- und Löschpunkt begrenzt eine dritte Hilfsanode ganz eng. Durch parallele Zuschaltung einer geeigneten Glimmröhre zum Verbraucher hält sich die Spannung unabhängig vom Stromverbrauch des letzteren konstant. Ein weiterer Widerstand in Serie zu beiden Verbrauchern gleicht schwankende Netzspannung für das Gerät aus. Die von einer Glimmlampe regelbare Stromstärke hängt von der Grösse der Elektroden ab. In der Praxis haben sich vor allem Anordnungen mit fünf Elektroden der Firma **Stabilovolt GmbH** bewährt. Sie sind mit einem Europa-Sockel «B5» ausgerüstet; jede Glimmstrecke als Spannungsteiler weist einen Spannungsabfall von 70 Volt auf. Daraus resultiert in der Praxis eine konstante Anodenspannung von 210 und eine negative Spannung von 70 Volt zur Entnahme der Gittervorspannungen. Die Typenbezeichnung enthält die Spannung und den Strom in Milliampere.

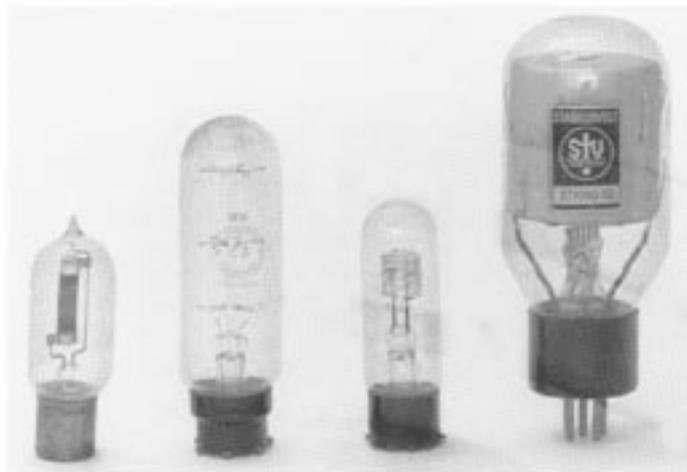


Bild «Z1» R20
Stabilisatorröhren Urdox, Eisen-Wasserstoffröhre C8,
Glimmröhre 4687, Stabilovolt röhre STV280/80

Ein Stabilisator reduziert Netzschwankungen bis auf ein halbes Prozent. Bei Messgeräten dient eine **Kaskadenschaltung** (hintereinanderschalten zweier Regler) zur Reduzierung auf 0,025 % der Schwankung. Die Kombination von Stabilovolt-Glimmlampe mit EU-Vorwiderstand erreicht die Stabilisierung von der Spannungs- und von der Stromseite her.

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

Copyright Ernst Erb