

TELEFUNKEN



RÖHREN

FÜR DEN

RUNDFUNK

Röhrenkauf ist Vertrauenssache!

Die Fabrikation von Röhren, die in großen Stückzahlen gleichmäßig gut ausfallen sollen, verlangt sehr kostspielige Einrichtungen und erstklassige wissenschaftliche Spezialisten. »TELEFUNKEN« ist zweifellos diejenige deutsche Firma, die über die weitaus größten Fabrikationseinrichtungen verfügt. Die Telefunken-Röhrenwerke gehören zu den größten der Welt. Die Entwicklung der Telefunken-Röhren liegt in der Hand hervorragender wissenschaftlicher Autoritäten, die die physikalischen Eigenschaften der Elektronen-Röhren seit vielen Jahren als Spezialgebiet bearbeiten und eine Pionierarbeit geleistet haben, der wir den heutigen hohen Stand der Röhrentechnik zu einem guten Teil verdanken. Teils als Ergebnis dieser Tätigkeit, teils als Folge internationaler Abmachungen besitzt Telefunken sämtliche grundlegenden Patente auf dem Gebiet des Röhrenbaues und der Anwendung dieser Röhren für Sender-, Empfänger- und Verstärkerschaltungen. Man darf nicht vergessen, daß Heer und Flotte, Post- und Verkehrsbehörden Deutschlands und vieler anderer Länder ihren gesamten drahtlosen Sende- und Empfangsdienst fast ausschließlich mit Telefunken-Röhren betreiben. Die große Erfahrung Telefunkens und die daraus entwickelten hochspezialisierten Fabrikationsmethoden kommen jedem Käufer einer Telefunken-Röhre zugute. Hohe Leistung, gute Anpassung an den Verwendungszweck und große Gleichmäßigkeit haben der Telefunken-Röhre in der ganzen Welt Ansehen und Verbreitung verschafft.

Für jeden Apparat gibt es eine passende Telefunken-Röhre.

Die Zahl der normalisierten Röhren-Typen ist sehr groß und umfaßt solche für allgemeine, wie für alle erdenklichen besonderen Zwecke. Es gibt Röhren für transportable Apparate, die nur einer winzigen Taschenbatterie zum Betrieb bedürfen, und es gibt andererseits Röhren für Endverstärker, die Saallautsprecher mit größter Reinheit und Lautstärke zu betreiben gestatten. Es gibt Sparröhren vom geringsten Stromverbrauch im Verhältnis zur Leistung, angepaßt an verschiedene Batterien und verschiedene Schaltungen. Dabei hält sich Telefunken als ernsthafte und erfahrene Firma von Übertreibungen und Experimenten auf Kosten des Publikums fern. Nur in langen Versuchen erprobte und als gut befundene Modelle gehen unter dem Namen »Telefunken« in die Welt hinaus. Über die richtige Wahl der Telefunken-Röhren unterrichten die Telefunken-Vertretungen, die auch technische Literatur zur Röhrenfrage kostenlos versenden. Wo keine Vertretung ist, wende man sich direkt an Telefunken. Alle Radiohändler von Bedeutung führen Telefunken-Röhren.

Um einen Rundfunkempfänger resp. die verwendeten Röhren zur Höchstleistung bringen zu können, genügt es nicht, in die Röhrenfassungen beliebige Röhren einzusetzen. Vielmehr zeigen die einzelnen Röhrentypen in Bezug auf ihr Anwendungsgebiet erhebliche Verschiedenheiten und es läßt sich nur durch richtige Auswahl der Typen für jede Aufgabe Befriedigendes erreichen. Auf den nachfolgenden Seiten soll versucht werden, für die Wahl der Röhren in möglichst allgemeinverständlicher Form Anhaltspunkte und Ratschläge zu geben. Dies geschieht in dem Kapitel »Die Praxis der Röhrenwahl« auf Seite 18 ff. Diesen Ausführungen ist eine kurze Abhandlung über das Thema »Was ist und wie wirkt eine Röhre« vorangeschickt, die naturgemäß gewisse Vorkenntnisse auf dem Gebiet der Elektrotechnik voraussetzen muß. Die Lektüre dieses Abschnittes sei allen, die sich ernsthaft über die Eigenschaften der Elektronenröhren unterrichten wollen, dringend empfohlen.

I.

Was ist und wie wirkt eine Röhre?

Um diese Frage beantworten zu können, ist es notwendig, die Aufgaben zu betrachten, welche die Röhren zu erfüllen haben.

In einem Mehrröhrenempfänger fallen den Röhren die verschiedensten Aufgaben zu:

Die Hochfrequenzstufen müssen die von der Antenne aufgenommenen hochfrequenten Schwingungen verstärken, das Audion richtet diese gleich und wandelt sie in niederfrequente Ströme um, die in den Niederfrequenzstufen weiter verstärkt werden, um dann den Hörern oder dem Lautsprecher zugeführt zu werden. Verstärkung und Gleichrichtung sind also die Hauptanwendungsgebiete der Röhre. In gewissen Schaltungen wird die Röhre ferner zur Schwingungserzeugung resp. zur Dämpfungsverminderung verwendet.

Die Konstruktion und Wirkungsweise der Röhre.

Ehe wir dazu übergehen, die Gesichtspunkte zu erörtern, nach denen die Auswahl der Röhren für die verschiedenen Zwecke vorgenommen werden sollte, wollen wir uns kurz Aufbau und Wirkungsweise der Röhre vor Augen führen:

Röhren sind luftleergepumpte Glaskolben, die drei für ihre Wirkung wesentliche Organe enthalten. Es sind dies

ein Draht, der zum Glühen gebracht werden kann,

eine Drahtspirale um diesen Draht,

ein metallisches Rohr, das Draht und Spirale umschließt.

Den Draht nennt man die Kathode oder den Heizfaden, die Spirale, die ihn umschließt, das Gitter und das Metallrohr die Anode. (Siehe Seite 27.)

Wird der Draht durch Anschluß an eine Heizbatterie zum Glühen gebracht, so treten aus ihm kleinste Elektrizitätsteilchen negativer Ladung aus, die man Elektronen nennt. Den Vorgang bezeichnet man als »Emission«. Die Elektronen bilden eine Art Wolke um den Draht herum, und erst wenn die Anode mit dem positiven Pol und die Kathode mit dem negativen Pol einer Anodenbatterie verbunden werden, wandern diese negativen elektrischen Teilchen mit großer Geschwindigkeit zu der positiven Anode hin. Es fließt jetzt in der Röhre durch den luftleeren Raum (das Vakuum) ein Strom, dessen treibende Kraft die Spannung der Anodenbatterie ist.

Auf dem Wege vom Glühdraht, der Kathode, zu der Anode müssen die Elektronen zwischen den Drähten des Gitters hindurchwandern. Wenn dieses gegenüber der Kathode eine elektrische Spannung hat, so bestimmt diese Spannung, wie viele Elektronen die Anode erreichen. Ist das Gitter stark negativ, so werden keine Elektronen zur Anode gelangen können, hat es gewisse mittlere, d. h. weniger negative oder schwach positive Spannungen, so können die Elektronen durch das Gitter hindurch zur Anode kommen, und bei passender Steigerung der positiven Gitterspannung gelingt es, fast die gesamte Emission zur Anode hinüberzubringen. Wenn dagegen zu hohe positive Spannungen am Gitter liegen, so veranlassen sie wieder gewisse Störungen im Stromübergange, insofern, als dann das Gitter selbst einen großen Teil der Elektronen aufnimmt. Wechselnde elektrische Spannungen am Gitter erzeugen also einen wechselnden Strom von der Kathode der Röhre zu ihrer Anode, d. h. einen wechselnden Anodenstrom.

Anwendung der Röhre.

a) Verstärkung.

Die Röhre wirkt nun als sogenanntes Relais, d. h. verhältnismäßig starke Energien werden durch sehr kleine Energien gesteuert. Wichtig ist, daß eine unverzerrte Verstärkung erzielt wird.

In Bild 1 stellt a_1 den zu verstärkenden Schwingungszug dar. Dann ist b_2 als unverzerrte (proportionale) Wiedergabe zu betrachten. Die Schwingungszahl und -form ist geblieben, nur die Schwingungsweite ist größer geworden. Bei c_2 wird ein Teil jeder Schwingung richtig, der andere Teil in geringerem Maße verstärkt, es wird jede einzelne Schwingung

verändert (verzerrt), die Verstärkung ist also unproportional. Auf welche Weise eine verzerrte Verstärkung bei Röhrenverstärkern zu vermeiden ist, wird noch in den Abschnitten »Verzerrungsfreie Verstärkung« und »Notwendigkeit einer Gittervorspannung« (Seite 16) näher behandelt werden.

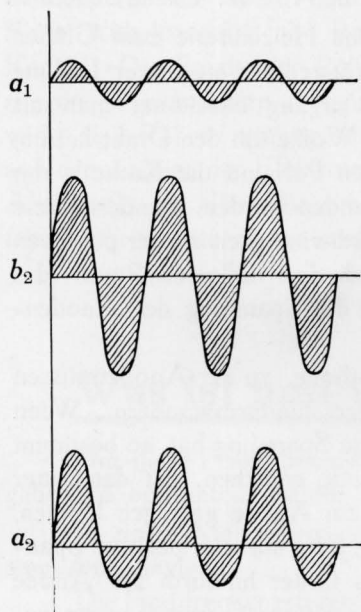


Bild 1.

Die Verstärkereigenschaften der Röhre werden in verschiedenartigen Schaltungen bzw. Anwendungen ausgenutzt und zwar unterscheidet man hier Hochfrequenzverstärkung, Niederfrequenzverstärkung und Zwischenfrequenzverstärkung.

Bei der Hochfrequenzverstärkung werden die ankommenden hochfrequenten Schwingungen, bevor sie zu dem Detektor bzw. Gleichrichter gelangen, verstärkt, d. h. auf eine höhere Amplitude gebracht unter vollkommener Wahrung ihrer Frequenz und Kurvenform.

Die Niederfrequenzverstärkung geschieht erst, nachdem die Schwingungen den Detektor bzw. Gleichrichter passiert haben und dort aus einem hochfrequenten modulierten Wellenzug in einen niederfrequenten Wellenzug umgewandelt worden sind. Eine besondere, heute vielfach verwendete Schaltungsart ist die Zwischenfrequenzverstärkung, bei der die Schwingungen, evtl. nach vorheriger Hochfrequenzverstärkung, durch Überlagern mit einer im Empfänger selbst zu erzeugenden kontinuierlichen Hochfrequenz dem Detektor bzw. Gleichrichter zugeführt werden, wodurch bei geeigneter Dimensionierung abermals ein modulierter Hochfrequenz-Wellenzug entsteht. Die Frequenz dieses zweiten Wellenzuges ist bedeutend niedriger als die frühere, jedoch noch keineswegs zu vergleichen

mit den wirklichen Tonfrequenzen bzw. Niederfrequenzen. Sie wird deswegen Zwischenfrequenz genannt. Das Verfahren hat den Zweck, den möglichen Verstärkungsgrad und die Selektion zu erhöhen.

b) Detektor- bzw. Gleichrichterwirkung.

Die Röhre kann infolge ihrer vielfältigen Eigenschaften nach Art der Detektoren, d. h. zum Gewinnen der Tonfrequenzen aus dem tonfrequent modulierten hochfrequenten Wellenzug verwendet werden. Die bekannteste und empfindliche Schaltung hierfür ist die sogen. Audionschaltung. Bei dieser ist es notwendig, den Gitterkreis durch einen kleinen Kondensator zu unterbrechen, andererseits dem Gitter eine Entladungsmöglichkeit nach der Kathode über einen hohen Widerstand zu geben. Die Hörbarmachung kommt dann dadurch zustande, daß bei Einbringen von modulierten Schwingungen in den Gitterkreis in diesem eine Gleichrichtung vor sich geht. In der Röhre geschieht nun, da diese gleichgerichteten Spannungen am Gitter liegen, weiterhin eine Verstärkung der Tonfrequenz, so daß aus dem Anodenkreis die Niederfrequenz mit erheblicher Leistung entnommen werden kann.

Es gibt auch eine Methode der Gleichrichtung bzw. Detektorwirkung mittels der Röhre, bei welcher Gitterkondensatoren und Gitterwiderstand nicht in Anwendung kommen, dagegen mittels der Krümmung der Anodenstromlinie eine Verzerrung wie Bild 1 Kurve a_2 herbeigeführt wird. (Siehe auch Bild 7.) Diese Methode wird jedoch im Rundfunk selten angewendet.

c) Rückkopplung und Dämpfungsreduktion.

Ein wichtiges Verfahren ist bei Hochfrequenzverstärkerröhren und Audionröhren die sogen. Rückkopplung. Sie besteht darin, daß der im Anodenkreis fließende Hochfrequenzstrom durch induktive oder elektrische Kopplung zu einer Rückwirkung auf den Gitterkreis veranlaßt wird. Diese Rückwirkung muß in einem solchen Sinne (Phase) liegen, daß die im Gitterkreis bereits vorhandenen Schwingungen mit den über den Anodenkreis zurückkommenden vergrößernd zusammenwirken und sich nicht etwa gegenseitig aufheben. Durch eine solche vergrößernde Zusammenwirkung kann zweierlei erreicht werden: Einerseits nimmt die Verstärkung einer Röhre, wie man leicht einsehen wird, hierdurch zu, andererseits wirkt aber ein solches Verfahren, wenn man es auf einen abgestimmten Kreis

anwendet, infolge der Wiedergulieferung der Energie wie eine Verkleinerung der Verluste bzw. des Widerstandes des Kreises. Eine Verkleinerung des Widerstandes bedeutet aber eine Herabsetzung der Dämpfung des Kreises, wodurch eine erhöhte Abstimmsschärfe erzielt wird.

d) Schwingungserzeugung durch Rückkopplung.

Die im vorigen Abschnitt beschriebene schwingungsverstärkende Einwirkung des Anodenkreises einer Röhre auf den Gitterkreis (Rückkopplung) führt, wenn sie einen bestimmten Betrag überschreitet, zu einer neuen Erscheinung, nämlich der selbsttätigen Erzeugung elektrischer Schwingungen in dem betreffenden Kreise, ein insbesondere in der Sendertechnik sehr wichtiges Verfahren. Auch in der Empfangstechnik wird es gelegentlich angewendet und zwar speziell in den sogen. Zwischenfrequenz-Empfängern, wo zur Erzeugung der Zwischenfrequenz zunächst die Erzeugung einer besonderen kontinuierlichen Hochfrequenz im Empfänger erforderlich ist. Andererseits tritt diese Schwingungserzeugung sehr leicht bei unvorsichtiger Handhabung der Rückkopplung ein und ist hier lediglich ein störender Faktor und zwar sowohl für den betreffenden Empfänger selbst als auch für benachbarte Empfänger im größeren Umkreis.

II.

Wie lese ich eine Charakteristik?

Für die Beurteilung einer Röhre sind im wesentlichen drei Faktoren maßgebend: Steilheit, Durchgriff, Sättigungsstrom (Emission).

Alles Notwendige hierüber für eine bestimmte Röhre läßt sich leicht feststellen, wenn von dieser eine Schar von Charakteristiken vorliegt.

Was ist eine Charakteristik?

Wie gesagt ist bei vorschriftsmäßiger Einstellung der Heizung und bei einer bestimmten Anodenspannung, z. B. 100 V, der fließende Anodenstrom von der am Gitter vorhandenen Spannung abhängig. Bekanntlich lassen sich derartige Abhängigkeiten in Form von Kurven darstellen. Eine Kurve, die die Abhängigkeit des Anodenstromes von der Gitterspannung bei je einer festen Anodenspannung und bei konstanter Heizung zeigt, heißt Charakteristik oder Kennlinie. Wir legen also verschiedene Spannungen an das Gitter und messen den bei jeder Spannung fließenden Anodenstrom. Die erhaltenen zugehörigen Werte ordnen wir entweder in eine

Tabelle (Bild 2a) oder aber in eine graphische Darstellung ein (Bild 2b). In senkrechter Richtung (Bild 2b) werden die Anodenströme, in wagerechter die Gitterspannungen, und zwar positive nach rechts, negative nach links von der senkrechten Hauptachse aufgetragen.

Wir erhalten eine Kurve, die nach einer Krümmung im unteren (linken) Teil grade ansteigt, um im oberen (rechten) Teil wieder in einer Krümmung in die wagerechte Richtung überzugehen. Diese Kurve veranschaulicht also die Beziehung zwischen Gitterspannung und Anodenstrom

V_g	I_a
Gitterspannung	Anodenstrom
-20 Volt	0,0 mAmp.
-16 "	0,6 "
-12 "	2,0 "
-8 "	4,0 "
-4 "	6,4 "
0 "	9,0 "
+4 "	10,6 "
+8 "	11,5 "
+12 "	12,0 "
+16 "	12,2 "

bei Anodenspannung $V_a = 100$ V.

Bild 2a.

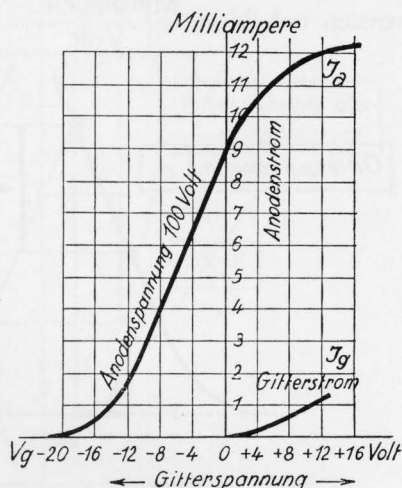


Bild 2b.

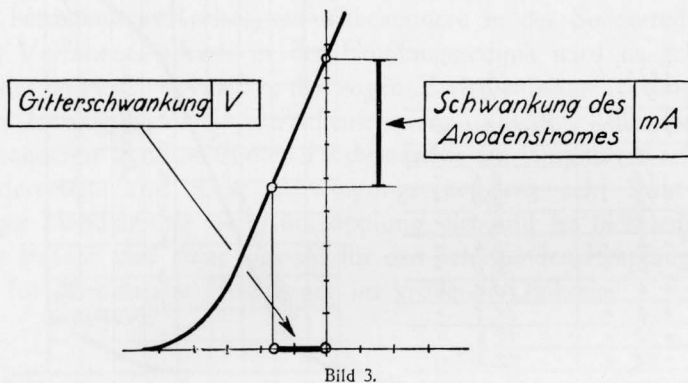
bei einer bestimmten Anodenspannung. Kleinere Anodenspannungen haben schwächere Ströme zur Folge, die Kennlinie verschiebt sich nach rechts, bei größeren Anodenspannungen dagegen nach links (siehe Bild 5).

Anoden- und Gitterstrom.

Bei der Messung der Charakteristik erhält man bei positiven Gitterspannungen nicht nur einen Anodenstrom, sondern auch einen Strom im Gitterkreis, wie er in Bild 2b in Kurve I_g zu sehen ist. Der genaue Beginn des Gitterstromes liegt keineswegs immer bei 0 V, sondern bei verschiedenen Röhrentypen verschieden, und zwar bei gewissen Typen (hauptsächlich bei Wolframfäden und Thoriumfäden) bereits bei -2 bis -1 V, bei anderen (hauptsächlich Oxydfäden) oftmals erst bei +1, +2 und sogar +3 V. Auf das Eintreten dieses Gitterstromes ist bei Verstärkungs- und Audionschaltung streng zu achten, wie in den späteren Abschnitten noch näher erläutert werden wird.

Bestimmung der Steilheit.

Ebenso, wie man die Steigung eines Weges ausdrückt durch Angabe des Höhenunterschiedes bei einer bestimmten horizontalen Entfernung, wird die Steilheit einer Kennlinie durch das Verhältnis der Änderung des Anodenstromes zur entsprechenden Änderung der Gitterspannung bestimmt. (Bild 3.) Die Steilheit S ist also das Verhältnis der Differenz zweier Anodenströme zur Differenz der entsprechenden Gitterspannungen $= \frac{\Delta J_a}{\Delta V_g}$ und hat die Dimension $\text{mA/V} = \frac{\text{Milliampere}}{\text{Volt}}$



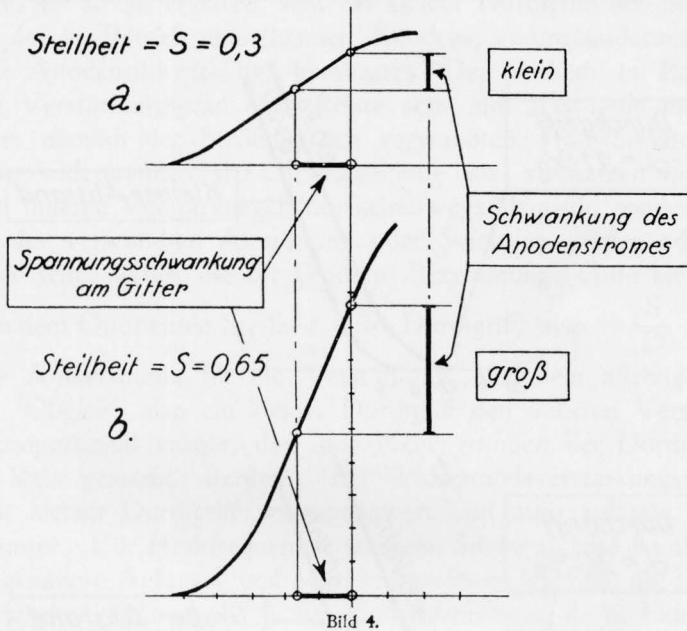
Bedeutung der Steilheit.

Angenommen sei eine Steilheit von $0,3 \text{ mA/V}$, so heißt das, daß bei einer Änderung der Gitterspannung um 1 V sich der Anodenstrom um $0,3 \text{ mA}$ ändert, bei 5 V um $5 \cdot 0,3 = 1,5 \text{ mA}$ usw. (Bild 4a.) Eine Steilheit von $0,65$ würde demnach bedeuten, daß die Änderung des Anodenstromes bei einer Änderung der Gitterspannung um 1 Volt $0,65 \text{ mA}$ beträgt, dementsprechend bei 5 V $5 \cdot 0,65 = 3,25 \text{ mA}$ usw. (Bild 4b.) Je größer also die Steilheit, desto größer die Leistungen, die dem Anodenstromkreis bei gleichen Spannungsschwankungen am Gitter entnommen werden können, d. h. je größer die Steilheit, desto größer der Verstärkungsgrad der betreffenden Röhre.

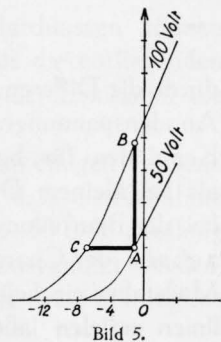
Bestimmung des Durchgriffs.

Der Durchgriff ist das Verhältnis der Einwirkungen von Anodenspannung und Gitterspannung auf den Anodenstrom. Die Angabe, der Durchgriff beträgt 12% , besagt also, daß eine Änderung des Anodenstromes

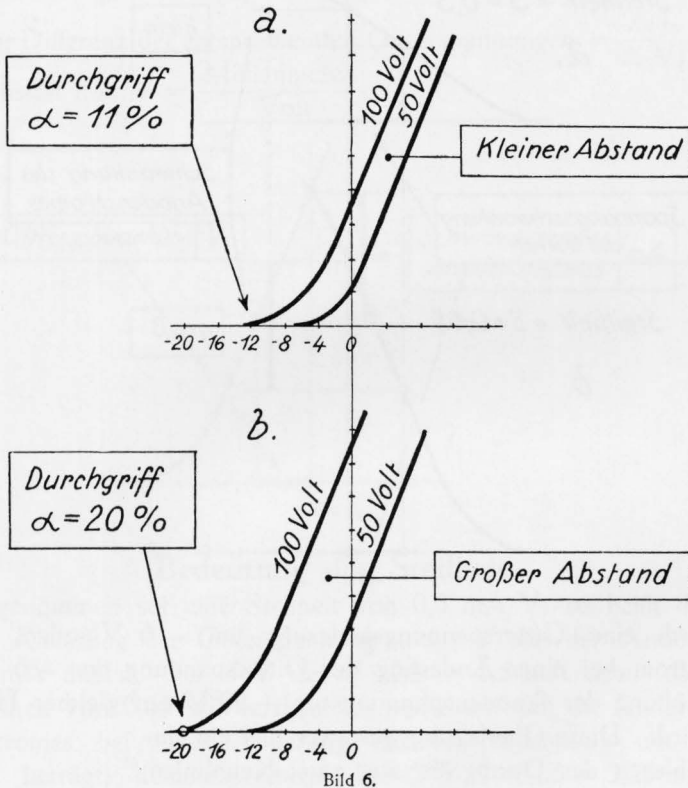
um einen bestimmten Betrag erzielt werden kann entweder durch eine Steigerung der Anodenspannung oder durch eine nur 12% dieser betragende Änderung der Gitterspannung. Das besagt gleichzeitig, daß die Wirkung einer Anodenspannungserhöhung um beispielsweise 50 V aufgehoben werden



kann durch eine Gitterspannungsänderung um -6 V oder, daß der Anodenstrom bei einer Änderung der Gitterspannung um -6 V durch eine Erhöhung der Anodenspannung um $+50\text{ V}$ auf gleicher Höhe gehalten wird. Diese Überlegung gestattet uns ein einfaches Ablesen des Durchgriffs aus zwei Kennlinien. (Siehe Bild 5.) Es seien die beiden Kennlinien für 50 V und für 100 V betrachtet. Geht man dort vom Punkte A auf den Punkt B über, so bedeutet dies eine Erhöhung des Anodenstromes um $3,2\text{ mA}$ durch Erhöhung der Anodenspannung um 50 V bei konstant gehaltener Gitterspannung. — Geht man weiter vom Punkte B nach dem Punkt C, so bedeutet dies eine Änderung der Gitterspannung um -6 V bei konstant gehaltener Anodenspannung. Demnach



entspricht einer Änderung von 50 V Anodenspannung eine Änderung von 6 V Gitterspannung, d. h. der Durchgriff beträgt 6:50 oder 0,12, resp. 12%. Der Durchgriff kann direkt auf der wagerechten Linie A-C abgelesen werden, ohne daß man den Punkt B bei der Berechnung benutzt. Man dividiert dann einfach die dem Stück A-C entsprechenden Gitterspannungsvoltzahlen



durch die Differenz der Voltzahlen für die beiden zu A und C gehörigen Anodenspannungen. Hieraus ergibt sich, daß bei großem Durchgriff die Kennlinien für bestimmte Anodenspannungen größeren Abstand haben als bei kleinem Durchgriff. (Bild 6.) Hierbei ist besonders, ebenso wie bei der Beurteilung der Steilheit, auf den Maßstab der beiden Hauptachsen der Charakteristik zu achten, da sich durch geeignete Wahl dieses Maßstabes ein beliebig steiles Aussehen und Zusammendrängen der Kennlinien erzielen läßt.

Bedeutung des Durchgriffs.

Die Größe des Durchgriffs ist von Wichtigkeit für die Bewertung einer Röhre. Ein kleiner Durchgriff ist von günstigem Einfluß auf den inneren Verstärkungsfaktor g der Röhre, insofern als dieser $= 1$: den Durchgriff ist. Dies ist so zu erklären, daß ein kleiner Durchgriff den ungünstigen Einfluß der im Betrieb entstehenden Anodenspannungsänderung, die sogenannte Anodenrückwirkung, herabsetzt. Der wirklich in Erscheinung tretende Verstärkungsgrad einer Röhre setzt sich aber noch aus anderen Faktoren, nämlich der Steilheit, den verwandten Transformatoren oder Kopplungswiderständen, der Gitterspannung usw. zusammen und ist also mit dem inneren Verstärkungsfaktor keineswegs identisch, sondern er kann je nach der verwandten Anordnung oder Schaltung größer oder kleiner als dieser sein. Auch die oft benutzte Bezeichnung: Güte einer Röhre, die gleich dem Quotienten Steilheit durch Durchgriff, also $= \frac{S}{D}$ ist, ist ein gewisser Anhaltspunkt für die Verstärkung, aber kein alleiniges Kennzeichen. Obgleich also ein kleiner Durchgriff den äußeren Verstärkungsfaktor proportional erhöht, darf aus Nebengründen der Durchgriff nicht beliebig klein gemacht werden. Bei Widerstandsverstärkungsrohren ist ein recht kleiner Durchgriff wünschenswert und auch zulässig, etwa bis 3% herunter. Für Hochfrequenzverstärker-, Schwing- und Audionröhren, d. h. sogenannte Anfangs- und Mittelstufenröhren legt man die Durchgriffe etwa zwischen 6 und 12%, für Endstufenröhren d. h. Lautsprecher- röhren etc. sogar auf 20–30%. Die Gründe hierfür sind in den folgenden Abschnitten »Der Sättigungsstrom« und »Unverzerrte Verstärkung« dargelegt.

Der Sättigungsstrom (Emission).

Der Gesamtstrom, den eine Verstärkerröhre durchlassen können muß, hängt von ihrem Verwendungszweck ab. Er ist für die vorliegenden Zwecke etwa identisch mit dem Sättigungsstrom bzw. der Emission, die die Glühkathode geben kann.

Für große Lautstärken benötigt ein Lautsprecher von einigen Tausend Ohm Stromschwankungen von 3–5 mA nach jeder Seite, d. h. die Kennlinie der verwendeten Röhre muß auf einem Gebiet von 8–10 mA gradlinig verlaufen. Untere und obere Krümmung können nicht ausgenutzt werden, so daß für den obengenannten Zweck erst eine Röhre von mindestens 15 mA Emission in Frage kommt.

Es ist darauf zu achten, daß eine hohe Emission nicht durch beliebig hohes Heizen eines gegebenen Heizfadens erreicht werden darf, sondern die Emission muß in einem praktischen Verhältnis zu der Größe der Glühkathode stehen, da andernfalls eine unzureichende Lebensdauer des Heizfadens die Folge ist. Die Ergiebigkeit einer Glühkathode bei ausreichender Lebensdauer hängt vom Material ab, gute Fabrikationsqualität vorausgesetzt. Bei Thoriumkathoden kann man eine Ergiebigkeit von 30–50 mA pro Watt Heizleistung bei mehreren 100 Stunden Lebensdauer als erreichbar bezeichnen, während man bei Oxydkathoden sogar auf 60–80 mA pro Watt gelangen kann.

Der innere Widerstand.

Der dritte der drei bestimmenden Röhrenwerte, der innere Widerstand, ist bei jeder Röhre gegeben, wenn ihre Steilheit und ihr Durchgriff festliegen.

Der innere Widerstand hat die Größe $R_i = \frac{1}{S \cdot D}$ wobei S und D bekanntermaßen Steilheit und Durchgriff bedeuten. Jedoch muß, damit der innere Widerstand sich in Ohm ergibt, die Steilheit hier in Ampere pro Volt, nicht in Milliampere pro Volt gerechnet werden; oder, wenn man die übliche Bezeichnung der Steilheit mit Milliampere pro Volt beibehalten will, heißt es, $R_i = \frac{1000}{S \cdot D}$. Auf den inneren Widerstand sollte beim Selbstbau von Empfangsgerät insofern Rücksicht genommen werden, als es wünschenswert ist, ihm den Widerstand der Schaltungs-Elemente, seien es Niederfrequenz-Transformatoren, Telephone, Hochfrequenz-Transformatoren oder Schwingungskreise, möglichst anzugleichen, um den besten Wirkungsgrad zu erzielen.

Unverzerrte Verstärkung.

Der Verstärkungsvorgang besteht im wesentlichen darin, daß dem Gitter eine wechselnde Spannung zugeführt wird, durch die der Anodenstrom gesteuert wird. Um nun eine unverzerrte Wiedergabe im Anodenstromkreis zu erreichen, sind zwei Punkte von größter Bedeutung:

1. Der gesamte Verstärkungsvorgang soll sich auf dem geraden Teil der Kennlinie abspielen.

2. Der Verstärkungsvorgang soll sich im gitterstromlosen Bereich abspielen, da sonst durch die einseitige Aufnahme des Gitterstromes in den Gittertransformatoren Verzerrungen verursacht werden. Der

gitterstromlose Bereich liegt, wie im Abschnitt »Der Gitterstrom« bereits erklärt ist, links von dem Fußpunkt der Kurve J_g in Bild 2b, und zwar im allgemeinen nahe bei 0 V Gitterspannung. Jedoch kann, wie gesagt, der Gitterstrombeginn gelegentlich schon bei -2 V, gelegentlich auch erst bei $+2$ V liegen. Je nachdem darf also der Verstärkervorgang etwas mehr oder weniger nach dem Bereich positiver Gitterspannung hinübergreifen.

In Bild 7 stellt a_1 einen Schwingungszug dar, der auf das Gitter wirkt. Infolge der Krümmung des Stückes a der Kennlinie wird der negative Impuls im Anodenstrom eine kleinere Änderung hervorrufen, als der positiv gerichtete, im Anodenkreis wird der Schwingungszug also verzerrt wiedergegeben (a_2). Wirkt dagegen der gleiche Schwingungszug b_1 auf den geraden Teil b der Kennlinie, so werden negativer wie positiver Impuls gleichmäßig den Anodenstrom beeinflussen (b_2), die Wiedergabe ist unverzerrt.

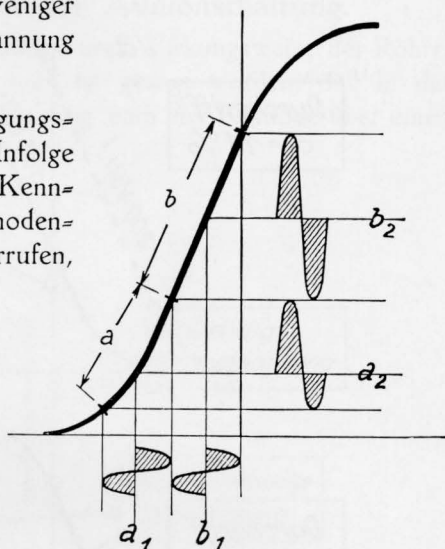


Bild 7.

Aus Bild 8a ist ersichtlich, daß bei kleinem Durchgriff ein großer Abschnitt des geraden Teils der 100 Volt-Kennlinie im Bereich positiver Gitterspannungen liegt, also nicht ausgenutzt werden kann. Um ihn nutzbar zu machen, d. h. um die Kennlinie so weit nach links zu verschieben, daß der gesamte gerade Teil in den Bereich negativer Gitterspannungen fällt, wäre eine Erhöhung der Anodenspannung auf z. B. 200 V notwendig (punktierte Kurve), was einmal zur Überlastung der Röhre (Glühen der Anode, schlechtes Vakuum) führen kann, zum anderen wegen der hohen Batteriekosten einen großen Nachteil bedeutet.

Bei großem Durchgriff dagegen (Bild 8b) ist schon die 100 Volt-Kennlinie so weit nach links gerückt, daß der gesamte gerade Teil ausgenutzt werden kann. Über die Bedeutung der Breite dieses Arbeitsbereiches bzw. der zur Verfügung stehenden Milliamperezahl ist bereits im Abschnitt der »Sättigungsstrom« gesprochen worden.

Notwendigkeit einer Gittervorspannung.

Aus der Forderung, nur auf dem geraden Teil der Kennlinie zu arbeiten und positive Gitterspannungen zu vermeiden, die für alle Elektronenröhren gilt, ergibt sich die Notwendigkeit einer Gittervorspannung. Dem Gitter werden sowohl positiv, wie negativ gerichtete Impulse zugeführt. Es ist

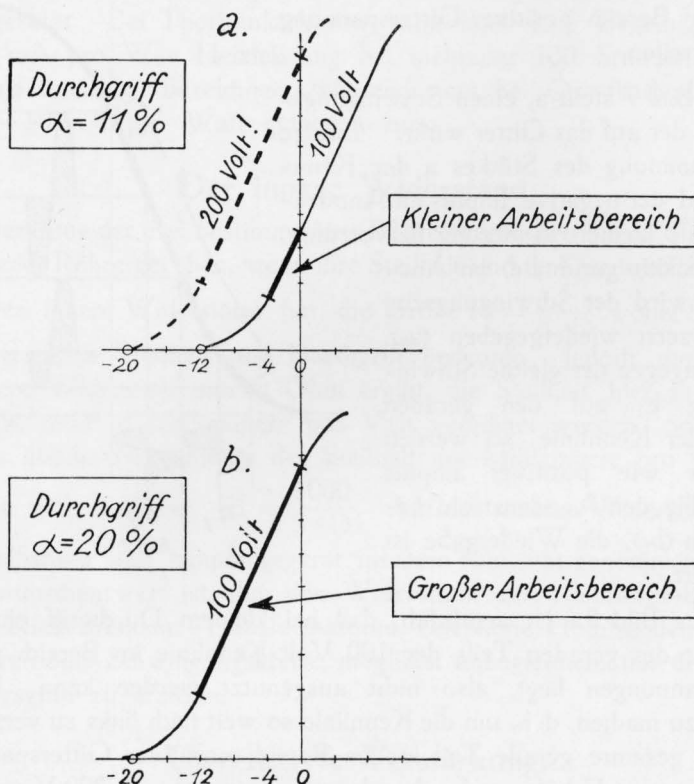


Bild 8.

also nötig, den Nullpunkt, um den sich diese Schwankungen vollziehen, in den negativen Bereich und zwar auf die Mitte des geraden Teils zu verlegen (Bild 9), was durch eine negative Vorspannung des Gitters gegenüber dem Heizfaden erreicht wird. Der kleine Teil gitterstromlosen Bereichs bei positiven Gitterspannungen, der bei manchen Typen auftritt, (s. S. 9) bedeutet einen derartig kleinen Gewinn, daß er bei Lautsprecherbetrieb außer Acht gelassen werden kann. Gleichzeitig ersieht man aus dem Bild,

daß auch bei richtiger Lage der Charakteristik und bei richtiger Gittervorspannung die dem Gitter zugeführten Spannungen in bestimmten Grenzen gehalten werden müssen, da sonst der zulässige Arbeitsbereich überschritten die Röhre »übersteuert« und eine Verzerrung verursacht wird.

Der Gitterwiderstand in der Audionschaltung.

In dem Abschnitt »Die Konstruktion und Wirkungsweise der Röhre, b) Detektor- bzw. Gleichrichterwirkung« ist gesagt worden, daß in der Audionschaltung vom Gitter eine Ableitung nach der Kathode über einen

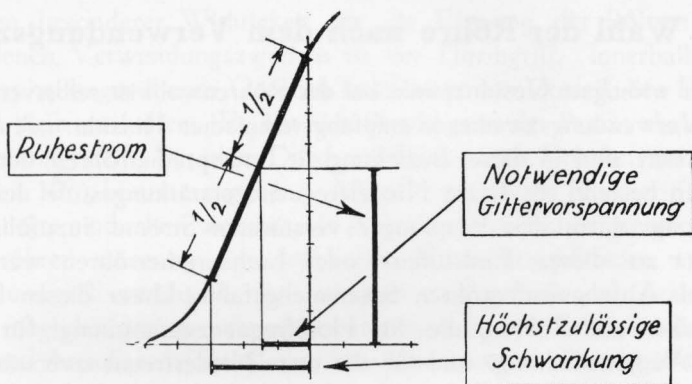


Bild 9.

hohen Widerstand vorhanden sein muß. Es ist von Wichtigkeit, hier den Punkt richtiger Spannung an der Kathode für den Anschluß des Widerstandes zu finden, da hiervon insbesondere das weiche oder harte Einsetzen der Schwingungen bei der Rückkopplung abhängt. Im allgemeinen soll der Gitterwiderstand an einem Punkt solcher Gitterspannung angeschlossen werden, der ein wenig positiver ist als der Beginn des Gitterstromes und zwar um etwa 1 V. Hieraus ergibt sich, daß im allgemeinen der Gitterwiderstand an den Punkt 0 V, d. h. das negative Fadenende, angeschlossen werden soll. Bei Röhren, deren Gitterstrom sehr weit im positiven beginnt, ist gelegentlich auch ein Anschluß am positiven Fadenende erlaubt, jedoch stellt der Anschluß am negativen Fadenende immer die größere Sicherheit dar. Die Größe des Gitterwiderstandes ist von seinem Anschlußpunkt abhängig und zwar muß dieser Widerstand beim Anschluß am negativen Fadenende kleiner sein (etwa 0,5–2 Megohm) als beim Anschluß am positiven (etwa 2–5 Megohm).

III.

Die Praxis der Röhrenwahl.

Bei der Auswahl der Röhren für einen Empfänger kommen vor allem folgende Gesichtspunkte in Frage:

1. die Leistung der Röhre vom empfangstechnischen Standpunkt aus,
2. die Anpassung der Röhre an die vorhandenen resp. gewählten Stromquellen,
3. die Anpassung des Röhrensockels an die vorhandene Röhrenfassung.

1. Die Wahl der Röhre nach dem Verwendungszweck.

Der wichtigste Gesichtspunkt bei der Röhrenwahl ist selbstverständlich der des Verwendungszweckes in empfangstechnischer Hinsicht. Am besten charakterisiert sind in dieser Beziehung die Lautsprecherröhren, deren Aufgabe darin besteht, als letzte Niederfrequenzverstärkungsstufe dem Lautsprecher die durch den Empfänger verstärkten Ströme zuzuführen. Im Gegensatz zu diesen Endstufen- oder Lautsprecherröhren werden die übrigen als Anfangsstufenröhren zusammengefaßt. Unter diesen Sammelbegriff fallen alle Röhren, die für Hochfrequenzverstärkung, für Gleichrichtung (Audionschaltung) und für die erste Niederfrequenzverstärkerstufe geeignet sind. Außer Universalröhren für alle Anfangsstufen gibt es selbstverständlich auch Röhren, die jedem der drei genannten Zwecke besonders gut angepaßt sind.

Verstärkerröhren.

Grundsätzlich wird man die Frage nach der Eignung einer Röhre für einen bestimmten Verwendungszweck entscheiden auf Grund der Emission, des Durchgriffs und der Steilheit, drei Begriffe, über die im vorangehenden Teil dieser Broschüre bereits Näheres gesagt worden ist. Danach ist eine große Emission für Anfangsstufenröhren nicht erforderlich, da die von diesen Röhren zu bewältigenden Leistungen niemals bedeutend sind. Es hat sich praktisch herausgestellt, daß die Kennlinie einer Röhre von etwa 20 mA Emission in ihrem geraden Teil genügend lang ist, um eine unverzerrte Wiedergabe von Lautstärken zu gewährleisten, wie sie in normalen Wohnräumen überhaupt in Frage kommen. Werden große Lautstärken in größeren Räumen verlangt, also etwa in kleinen Sälen oder ungewöhnlich großen Wohnräumen, beim Tanzen, so wird man eine Endröhre von 30 bis 50 mA

Emission benötigen. Die der Endröhre vorausgehende Röhre wird bei normalen Anforderungen an die Lautstärke höchstens einer Emission von 5 bis 10 mA bedürfen. Kann man jedoch für die Endstufe eine Röhre von 30 bis 50 mA verwenden und die entsprechend hohen Lautstärken damit erzielen, so empfiehlt es sich, auch für die vorletzte Stufe eine Röhre von etwa 10 bis 20 mA Emission zu benutzen. Für alle übrigen Zwecke genügt eine Emission von 5 mA, womit selbstverständlich nicht gesagt werden soll, daß Röhren höherer Emission keinesfalls eine höhere Leistung ergeben werden. Sie tun dies aber nur dann, wenn gleichzeitig mit der Emission auch die Steilheit der Charakteristik eine höhere ist.

Von besonderer Wichtigkeit für die Eignung der Röhren zu den verschiedenen Verwendungszwecken ist der Durchgriff. Innerhalb der im ersten Kapitel angegebenen Grenzen ist es stets von Vorteil, den Durchgriff möglichst klein zu halten. Es hat sich allerdings in der Praxis als unzuverlässig herausgestellt, mit dem Durchgriff für normale Empfangsschaltungen unter 8 bis 10% herunterzugehen. Alle Röhren, deren Durchgriff in dieser Gegend liegt, sind ohne weiteres als Anfangsstufenröhren geeignet. Auch für Endröhren wäre an sich des hohen Verstärkungsfaktors wegen ein kleiner Durchgriff erwünscht, doch wiegt in diesem Falle der Gesichtspunkt vor, mit möglichst geringen Anodenspannungen bereits hohe Anodenströme zu erzielen. Aus diesem Grunde wird für Endröhren ein Durchgriff von etwa 18 bis 20% und darüber gewählt, der naturgemäß als ein Kompromiß zwischen den beiden Forderungen, möglichst hoher Spannungsverstärkung und möglichst geringer aufzuwendender Anodenspannung, anzusehen ist. Was endlich die Steilheit betrifft, so ist diese für alle Verstärkeröhren gleichmäßig wünschenswert. Ferner muß bei Lautsprecherröhren noch darauf Rücksicht genommen werden, daß ihr innerer Widerstand dem des anzuschließenden Lautsprechers angepaßt sein muß, um einen möglichst günstigen Wirkungsgrad zu erzielen. Nach dem Gesagten werden also für die Hochfrequenzverstärkung diejenigen Röhren geeignet sein, die kleinen Durchgriff und große Steilheit besitzen, während ihre Emission gering sein kann. Für Niederfrequenzverstärkung wird, mit Ausnahme der Endstufe, kleiner Durchgriff und große Steilheit genau so wichtig sein wie für die Hochfrequenzverstärkung. Dagegen wird es schon bei der der Endröhre vorausgehenden Stufe notwendig sein, auf eine genügende Emission zu achten, die der zu bewältigenden Lautstärke entspricht. Für die Endröhre schließlich ist hohe Emission ausschlaggebend, große Steilheit erwünscht und der Durchgriff muß zu Gunsten niedriger Anodenspannung heraufgesetzt werden.

Audionröhren.

Als Audion wird man im allgemeinen eine Anfangsstufenröhre vorziehen, weil eine hohe Emission und der damit verbundene höhere Heizstromverbrauch bei dieser Stufe nicht erforderlich erscheint. Meist tritt die Audionwirkung am besten bei Anodenspannungen ein, die geringer sind als die zur Erzielung einer lautstarken Verstärkung erforderlichen. Es ist daher von Vorteil, die Audionröhre eines Mehrröhren-Empfängers mit einer besonderen Anodenklemme zu verbinden, um die günstigsten Spannungsverhältnisse herstellen zu können. Die Lautstärke des Empfanges wird sehr wesentlich von der Wahl der richtigen Audionanodenspannung beeinflusst. Ebenso ist auch das über den Anschluß des Gitterwiderstandes (S. 17) zu beachten.

Spezialröhren.

Außer diesen wichtigsten Röhrentypen gibt es noch eine Reihe von Spezialtypen, die auf besondere Erfordernisse zugeschnitten sind. In erster Linie sei hier der Röhre für Widerstandsverstärker gedacht. Da es sich bei widerstandsgekoppelten Verstärkerröhren ausschließlich um eine Spannungsverstärkung handelt, so werden Röhren für diesen Zweck vorteilhaft mit sehr kleinem Durchgriff ausgerüstet. Als besonders geeignet hat sich ein Durchgriff von 3⁰/₁₀, entsprechend einem Verstärkungsfaktor von 33, erwiesen. Hohe Emission ist für diese Röhren nicht erforderlich, da die abzugebenden Leistungen sehr klein sind. Für die letzte am Lautsprecher liegende Stufe wird man die Widerstandsverstärkerröhre mit einer normalen Lautsprecher- röhre kombinieren. Die Widerstands-Röhre eignet sich besonders für widerstandsgekoppelte Zwischen- und Niederfrequenzverstärker, während für widerstandsgekoppelte Hochfrequenzverstärker die normale Anfangsstufenröhre in Betracht kommt. Eine weitere Spezialröhre ist dort am Platze, wo es sich darum handelt, besonders hohe Leistungen mit Anfangsstufenröhren zu erzielen. Solche Anforderungen stellen z. B. die Oszillatorstufen von Zwischenfrequenzempfängern (Superheterodyn-Schaltung), von denen verlangt wird, daß sie besonders gute Schwingeeigenschaften aufweisen. Für diesen Zweck eignen sich Röhren, die kleinen Durchgriff und große Steilheit besitzen. Die gleichen Röhren können mit Vorteil auch sonst, insbesondere als Audion und für Hochfrequenzverstärkung (Neutrodyn-Schaltung, Zwischenfrequenzverstärker bei Superheterodyn-Empfängern usw.), verwendet werden. Sie werden stets bessere Leistungen ermöglichen als die

normalen Anfangsstufenröhren mit geringerer Steilheit, sind jedoch wegen des erforderlichen besonders langen Heizfadens teurer in Anschaffung und Betrieb. — Eine Sonderstellung nehmen endlich auch die Doppelgitterröhren ein, die es entweder (sogenannte Raumgitterschaltung, Bild 10) ermöglichen, mit sehr kleinen Anodenspannungen auszukommen oder (Schutzgitterschaltung) gestatten, einen niedrigen Durchgriff zu erzielen und damit den Wirkungen der Widerstandsverstärker-
röhren nahe zu kommen.

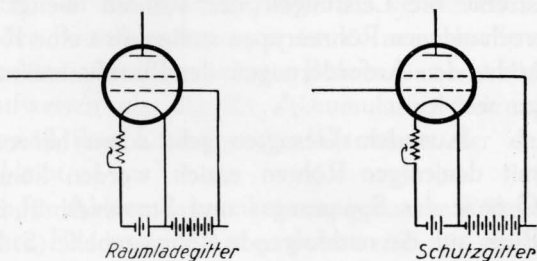


Bild 10.

2. Die Wahl der Röhre auf Grund der Batterie-Erfordernisse.

Einen wesentlichen Gesichtspunkt bei der Wahl der Röhre bilden Heizspannung und Heizstromverbrauch. Es ist selbstverständlich, daß für den Besitzer eines Rundfunkapparates diejenige Röhre am erwünschtesten ist, die mit der billigsten Stromquelle auskommt, ihr möglichst wenig Strom entnimmt und dabei doch eine hohe Leistung erzielt. Ebenso selbstverständlich gibt es in dieser Beziehung Grenzen, die nicht unterschritten werden können, ohne daß die letztgenannte Forderung, also die der einwandfreien Leistung, zu kurz kommt.

Die Heizbatterie.

Die Elektronen-Emission eines Heizfadens ist bei gleichem Material um so größer, je länger er ist, und mit der Länge des Heizfadens steigt auch die zu seiner Heizung erforderliche Strommenge, sowie die aufzuwendende Spannung. Durch den Übergang von den Wolframfäden zu den Thorium- und Oxydfäden sind bereits diejenigen Materialien in Anwendung gekommen, welche nach dem heutigen Stande der Technik die größten Elektronen-Emissionen bei den geringsten Fadentemperaturen, also auch den geringsten Stromverbrauchsziffern, ermöglichen. Es hat sich nun herausgestellt, daß man unter Benutzung dieser modernen Heizfäden die Stromverbrauchsziffern auf etwa 5 bis 6 Hundertstel Ampere drücken kann, ohne dabei die erforderlichen Mindestwerte für die Emission zu unterschreiten.

Selbstverständlich wäre es möglich, Röhren mit noch geringerem Stromverbrauch zu konstruieren, doch würden diese bezüglich der Länge der ausnutzbaren Charakteristik den Mindestanforderungen nicht genügen. Ebenso wäre es möglich, durch Aufwendung größerer Spannungen oder größerer Heizströme die Leistungen der Röhren weiter zu steigern. Die tatsächlich vorhandenen Röhrentypen stellen also eine Kompromißlösung dar, die versucht, den Anforderungen des Rundfunkteilnehmers aufs günstigste gerecht zu werden.

Aus dem Gesagten geht schon hervor, daß die besten Leistungen mit denjenigen Röhren erzielt werden können, die sich an der oberen Grenze der Spannungs- und Stromverbrauchserfordernisse befinden. Ein Blick auf die nachfolgende Röhrentabelle (S. 32) zeigt, daß in der höchsten Spannungsklasse, also den Röhren für 4-V-Akkumulator, die größte Auswahl an Röhrentypen zu finden ist, so daß es sich also für denjenigen, dem in der Wahl der Batterien keine Beschränkungen auferlegt sind, entschieden empfiehlt, einen 4-V-Akkumulator zur Röhrenheizung zu beschaffen. Daneben ist es auch gelungen, eine Reihe von Typen für den 2-V-Akkumulator zu erzeugen, die denen für den 4-V-Akkumulator in ihrer Leistung nicht nachstehen. Es liegt aber in der Natur der Sache, daß die 4-V-Röhren stets vor den 2-V-Röhren einen Vorsprung behalten dürften.

Akkumulatoren und Trockenbatterien.

Neben der Heizung mit Akkumulatoren, die wegen ihrer bei guter Behandlung fast unbegrenzten Lebensdauer auf die Dauer die zweckmäßigste und billigste ist, besteht die Möglichkeit der Heizung mit Trockenelementen. Diese Stromquelle wird sich aber nur dort empfehlen, wo die Stromentnahme sehr gering ist, denn man kann einer mittelgroßen Trockenzelle (Klingelelement, 150 mm hoch, 65 mm Durchmesser) auf die Dauer nur etwa ein Zehntel Ampere entnehmen. Das Trockenelement ist also als Heizquelle wirklich geeignet nur für Einröhren-, äußerstens Zweiröhren-Geräte, und auch das nur, wenn Röhren von weniger als 0,1 A Stromverbrauch verwendet werden. Da das Trockenelement nach seiner Erschöpfung unbrauchbar wird, stellt sich der Betrieb mit Trockenelementen auf die Dauer teurer als mit Akkumulatoren. Es kommt hinzu, daß das Trockenelement, welches eine Anfangsspannung von 1,5 V besitzt, bereits nach kurzer Gebrauchszeit in seiner Spannung stark abfällt und gegen Ende seiner Lebens-

dauer nur noch etwa die Hälfte seiner Anfangsspannung aufweist. Dies zwingt dazu, die Spannung der Elemente so zu wählen, daß sie im Anfang etwa doppelt so hoch ist als die Fadenspannung der Röhre. Da der Faden diese Spannung nicht verträgt, muß ein Heizregler eingeschaltet werden, der eine hohe Ohmzahl besitzt, um die Spannungsdifferenz vernichten zu können. Diesem Absinken der Batteriespannungen ist es zuzuschreiben, daß die für Heizung mit Trockenelementen konstruierten Röhren eine erheblich geringere Fadenspannung aufweisen als die für Akkumulatorenheizung bestimmten, und daß demgemäß ihre Leistung ebenfalls hinter der der Akkumulatorenröhren zurückbleibt.

Ein weiterer Vorteil der für Akkumulatorenheizung gebauten Röhren besteht in der Möglichkeit, ihre Fadenspannung gruppenweise mit einem einzigen Heizwiderstand zu regulieren, sowie darin, daß eine Gefährdung dieser Röhren durch Überheizung stark vermindert ist. Da nämlich die Differenz zwischen Fadenspannung und Batteriespannung bei den für die Akkumulatorenheizung dimensionierten Röhren nur wenige Zehntel Volt beträgt, so ist es, unter der Voraussetzung, daß die für die betreffenden Röhren vorgesehene Batterie verwendet wird, nicht möglich, ihnen bei Anwendung der vorgeschriebenen Heizbatterie eine Spannung zuzuführen, die das zulässige Maß erheblich überschreitet. Hierin liegt gerade für den Neuling ein unschätzbare Vorteil. Selbstverständlich hat eine schonend behandelte und mäßig geheizte Röhre immer eine größere Lebensdauer.

Die Anodenbatterie.

Ein weiterer Gesichtspunkt bei der Wahl der Röhren ist die Anodenspannung resp. die zu ihrer Erzeugung erforderliche Anodenbatterie. Hier ist eine gewisse Normalisierung bereits zustande gekommen, da fast alle Röhren für Anodenspannungen von 40 bis 100 V konstruiert sind. Hierbei ist die untere Grenze im allgemeinen nur für Audionschaltung geeignet, während für Verstärkerzwecke die Spannung zwischen 70 und 100 V liegen sollte. Die Leistung einer Lautsprecherröhre ist selbstverständlich am günstigsten, wenn die Anodenspannung möglichst hoch gewählt wird, da in diesem Falle, wie im Eingangskapitel erklärt, der ausnutzbare Teil der Charakteristik sich vergrößert. Eine Grenze wird der Spannung nur durch die Bemessung der Röhrendimensionen gesetzt, von denen es abhängt, wie hohe Spannungen man der Röhre ohne Gefahr für ihre Lebensdauer zuführen

kann. Wenn also für eine Röhre Anodenspannungen bis zu 200 V an= gegeben werden, so heißt dies nicht, daß zur Erzielung brauchbarer Lei= stungen so hohe Spannungen angewendet werden müßten, sondern lediglich, daß die Röhre derartige Spannungen verträgt, wobei sie dann selbstverständlich entsprechend hohe Leistungen zu erzielen gestattet.

Anodenstromverbrauch.

Was den Anodenstromverbrauch betrifft, so hängt dieser ebenfalls im wesentlichen von der Leistung ab, die man aus der Röhre herausholt. Es ist ein weit verbreiteter Irrtum, daß die Sparröhren allgemein ihre Ersparnis an Heizstrom einem Mehrverbrauch von Anodenstrom verdanken. Dieser Irrtum ist daraus zu erklären, daß die meisten Röhren älterer Konstruktion für äußerst geringe Emissionen gebaut wurden und auch entsprechend geringe Leistungen besaßen. Der höhere Anodenstromverbrauch hängt mit dem Übergang von Telegraphie- auf Telephonie-Empfang zusammen, der im Interesse einer einwandfreien Qualität eine allgemeine Steigerung der Röhrenemission erforderte. Einen Zwang zu weiterer Steigerung der Emissionen brachte dann der Lautsprecherbetrieb und es sei ausdrücklich fest= gestellt, daß der Verbraucher des Anodenstromes nicht die Lautsprecherröhre, sondern der Lautsprecher selbst ist, während die Röhre nur zur Steuerung der dem Lautsprecher zugeführten Ströme dient.

Zur Erzeugung des Anodenstromes dienen im allgemeinen Trocken= batterien. Bei Verwendung von Lautsprecherröhren mit besonders hoher Emission (über 25 mA) empfiehlt sich die Verwendung von Anoden= akkumulatoren. Der durchschnittliche Anodenstromverbrauch ist in den nachfolgenden Einzelblättern für jede Röhre angegeben, und auf Grund dessen kann die erforderliche Kapazität der Anodenbatterie überschläglich bemessen werden. Die normalen Anodenbatterien besitzen eine Kapazität von etwa einer Amperestunde (Ah). Man braucht nur die angegebenen Ziffern für den durchschnittlichen Anodenstromverbrauch der einzelnen zu verwendenden Röhren zu multiplizieren mit der Zahl der Betriebsstunden, um den Gesamt= verbrauch in Milliamperestunden zu erhalten. Der tausendste Teil dieser Zahl ist dann der Amperestundenverbrauch. Es sei erwähnt, daß es neuerdings auch Anodenbatterien mit 3 bis 4 Ah Kapazität gibt, deren Verwendung sich empfiehlt, wenn eine Lautsprecherröhre von über 20 mA benutzt wird. Bei dieser Gelegenheit sei ausdrücklich bemerkt, daß der durchschnittliche Anodenstromverbrauch nicht mit der Emission verwechselt werden darf, welch letztere auch als Sättigungsstrom bezeichnet wird (siehe Seite 13).

Auf die Möglichkeit, durch Verwendung von Doppelgitterröhren mit besonders geringen Anodenspannungen auszukommen, sei hier nochmals hingewiesen. Die Verwendung der Doppelgitterröhre empfiehlt sich besonders in transportablen Geräten, wo mit dem Gewicht der Batterie gespart werden muß.

3. Röhrentypen und Sockel.

Typen.

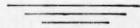
Die Typenbezeichnungen der neuen Telefunken-Röhren sind nicht willkürlich gewählt. Vielmehr besteht die Type aus der für alle Empfänger-röhren charakteristischen Buchstaben RE und einer dreistelligen Zahl. Die beiden ersten Ziffern dieser Zahl geben den Heizstromverbrauch der Röhre in Hundertstel Ampere und die dritte Ziffer die erforderliche Batteriespannung an, und zwar 4 den zweizelligen Akkumulator (4 V), 3 die zweizellige Trockenbatterie (3 V), 2 den einzelligen Akkumulator (2 V) und 1 die einzellige Trockenbatterie (1,5 V). Steht hinter der Zahl kein weiterer Buchstabe, so besitzt die Röhre den normalen Europasockel. (Siehe Seite 31, Bild 2). Abweichende Sockeltypen werden durch kleine Buchstaben hinter der Typenzahl angedeutet. So bedeutet der Buchstabe t den Telefunken-Sockel (Bild 1), der Buchstabe a den Amerika-Sockel (Bild 3), der Buchstabe d den Europa-Sockel mit Seitenklemme für das Raumladungsgitter bei Doppelgitterröhren (Bild 4). RE 064 t bedeutet also eine Röhre mit 0,06 A Heizstromverbrauch für Betrieb mit 4-V-Akkumulator und mit Telefunken-Sockel.

Sockel.

Alle Röhren sind mit Europa-Sockel vorrätig und es ist das Bestreben Telefunkens, diesen Sockel mit der Zeit als Normalsockel allein zu führen — nicht wegen technischer Vorzüge, sondern weil er der international weitaus verbreitetste ist und die Normalisierung eines anderen Sockels nicht in Frage kommt. Daneben werden die meisten Röhrentypen einstweilen auch mit Telefunken-Sockel ausgeführt. Die Doppelgitterröhren werden ausschließlich mit Europa-Sockel und Seitenklemme fabriziert; soweit nicht besondere Sockelsockel erforderlich sind. Andere Sockelformen werden auf Bestellung hergestellt, doch kommt eine solche Sonderanfertigung nur bei größeren Aufträgen in Betracht.

Ausführung.

Was die Ausführung der Telefunken-Röhren betrifft, so sind die Glaskolben in der Regel innen nur insoweit verspiegelt, wie dies zur Aufrechterhaltung eines guten Vakuums erforderlich ist. Ein Teil des Kolbens bleibt nach Möglichkeit durchsichtig, um eine Beobachtung des Systems zu gestatten. Bezüglich der Ausführung des Sockels und des Glaskolbens behält sich Telefunken Änderungen vor. Die Normal-Ausführung der neuen Röhrentypen zeigt einen Sockel aus Preßmaterial mit vier federnden Steckern und einen Glaskolben ohne Spitze.



Wie entsteht eine TELEFUNKEN-RÖHRE:

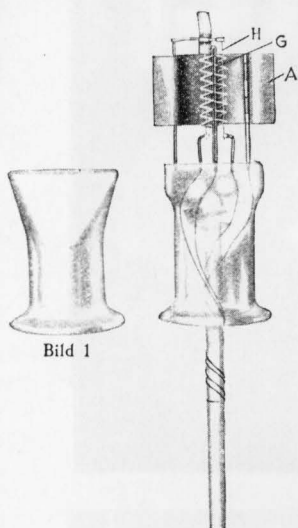


Bild 1

Bild 2



Bild 3

Bild 1: Röhrchen geteilt und gequetscht

Bild 2: Fuß mit aufgesetzten Elektroden und Pumpansatz. (Anode aufgeschnitten).

Bild 3: Fertiger Fuß

Bild 4: Die Glocke

Bild 5: Einsetzen des Fußes in die Glocke. Pumpfertige Röhre

Bild 6: Ungesockelte fertige Röhre.



Bild 4

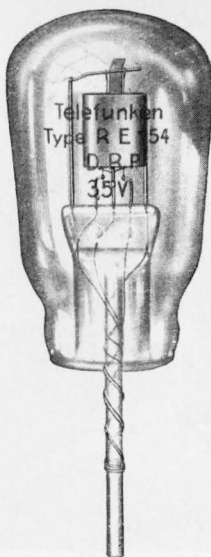
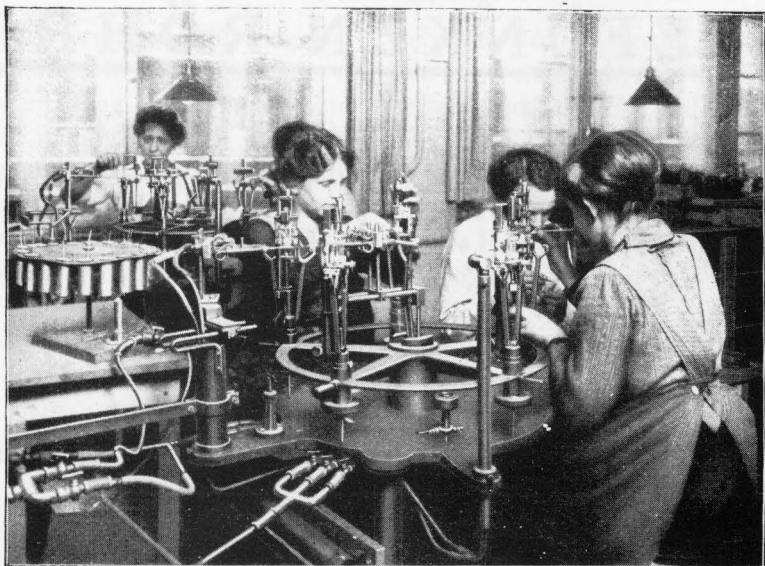


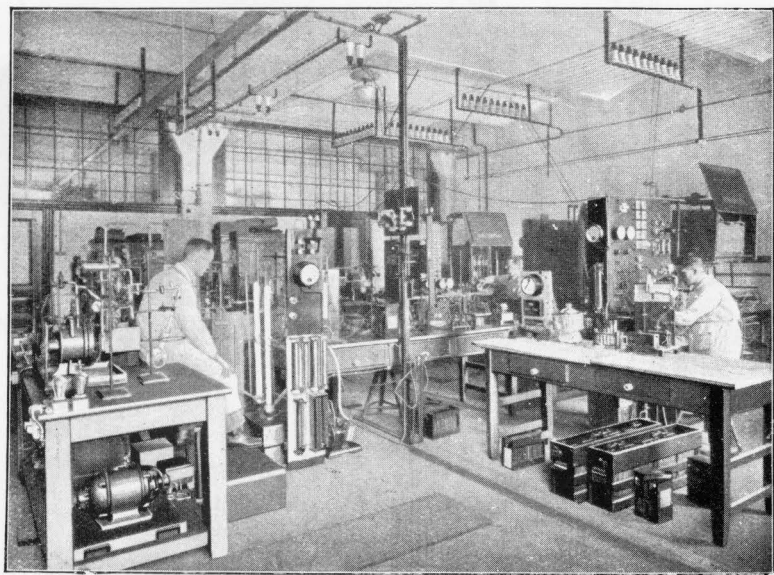
Bild 5



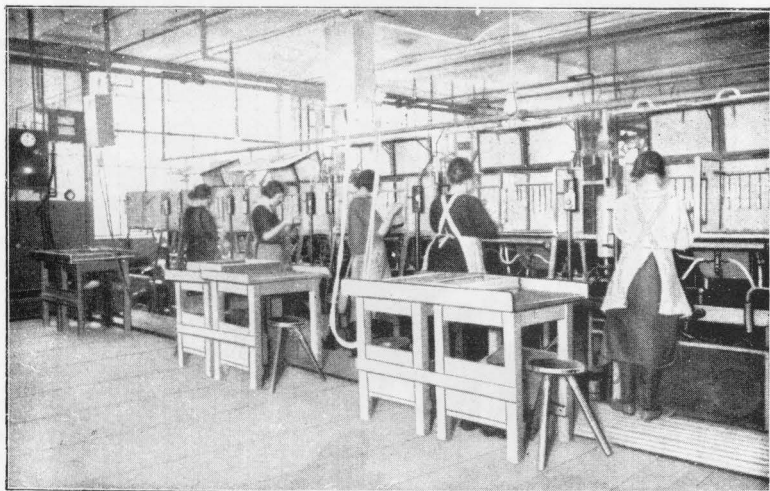
Bild 6



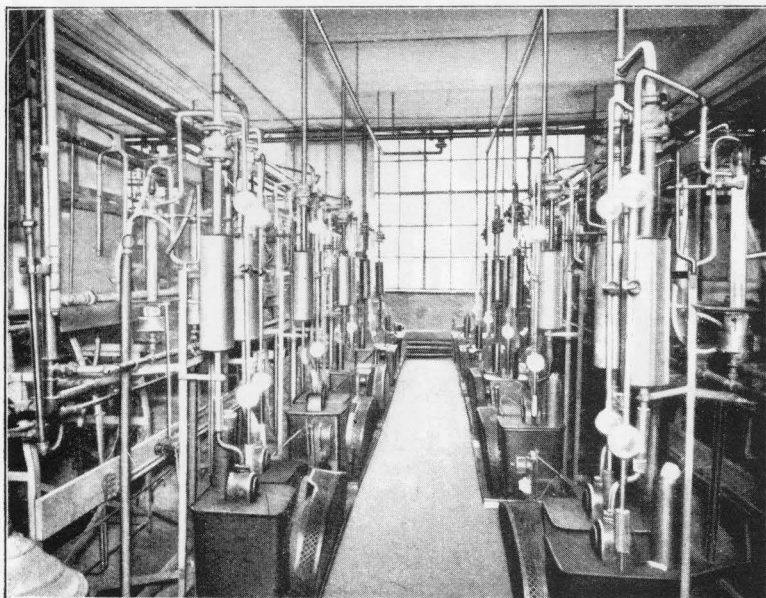
Fußquetschmaschine



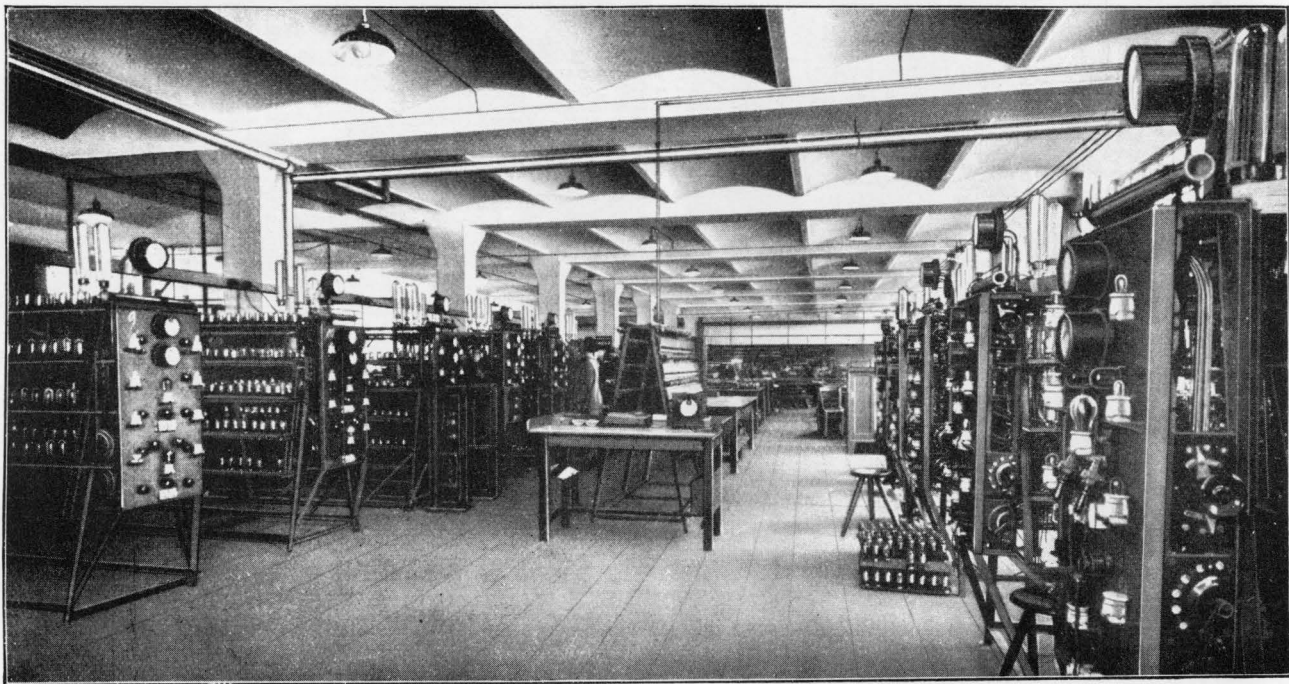
Das Glühfaden-, Gas- und Vakuumlaboratorium



Aufsetzen auf die Pumpen

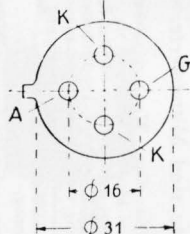
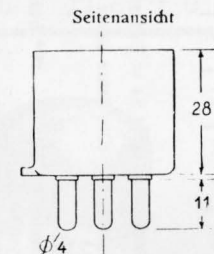


Pumpstände für Verstärkerröhren



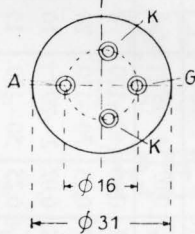
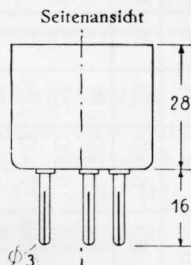
Vorbrenn- und Formierraum für Verstärkerröhren

Röhren-Sockel



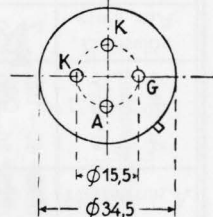
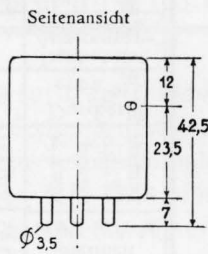
Ansicht von unten

Telefunken = Sockel



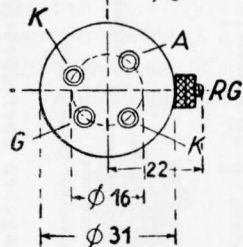
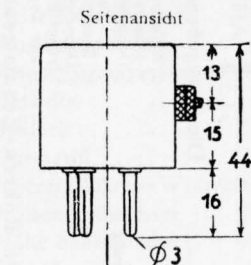
Ansicht von unten

Europa = Sockel



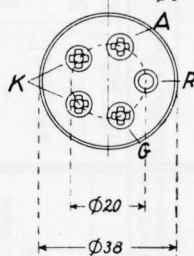
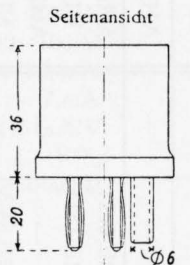
Ansicht von unten

**Amerika = Sockel
mit Bajonettführung**



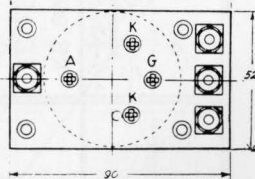
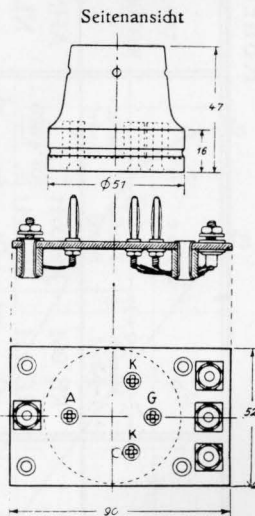
Ansicht von unten

**Europa-Sockel mit Seiten-
klemmen für RE 072 d
und RE 073 d**



Ansicht von unten

Socket RE 87



Ansicht von unten

**Senderöhren = Sockel
für RS 228**

Röhren-Tabelle

Heizbatterie	Type			Verwendungsart	Fadenstrom etwa V	Heizstrom A	Anodenspannung etwa V	Emission etwa mA	Steilheit etwa mA/V	Innerer Widerstand etwa Ω	Durchgriff etwa %	Durchschnittl. Anodenstrom Verbr. etwa mA	Erforderlicher Heizwiderstand etwa Ω
	Europa-Sockel	Telef.-Sockel	Spezial-Sockel										
4 V Akkumulator	RE 064	RE 064 t	—	AHN	3,5	0,06	40—100	7	0,45	20 000	10	2	15 bei 4 V
	RE 154	RE 154 t	—	NL	3,5	0,17	70—120	20	0,65	8 000	20	4	6 „ 4 „
	RE 504*	RE 504 t**	—	NL	3,5	0,5	80—220	40	0,8	6 000	20	15	5 „ 4 „
	RE 144	—	—	AHNO	3,5	0,17	50—120	20	0,65	17 000	10	3	6 „ 4 „
	RE 054o	—	—	AN	3,5	0,06	40—200	5	0,02o	×	3	0,04o	20 „ 4 „
3—4,5 V Trockenbatt. od. 4 V Akkumulator	RE 073 d †***	—	—	AHN	3	0,07	4—15 ††	6,5	0,5	6 000	30	2	25 bei 4,5 V
2 V Akkumulator	RE 062	RE 062 t	—	AHN	1,7	0,06	40—100	8	0,5	20 000	10	2	10 bei 2 V
	RE 152	RE 152 t	—	NL	1,7	0,15	70—120	20	0,8	6 000	20	5	4 bei 2 V
	RE.072 d †	—	—	AHN	1,7	0,07	2—20 ††	10	0,65	7 000	22,5	2	8 „ 2 „
	—	RE 84 o	—	NL	1,1-1,4	0,25	50—100	15	0,5	7 000	30	5	6 „ 2 „
	—	RE 86 o	—	AHN	1,1-1,4	0,25	50—100	8	0,45	30 000	7	2	6 „ 2 „
	—	—	RE 87 §	L	2	1,1	220 §§	100	7,0	3 500	4	30	—
1,5 V Trockenb.	RE 061****	—	—	AHN	1,1	0,06	40—100	6	0,3	22 000	14	2	6 bei 1,5 V

Die angegebenen Werte sind Mittelwerte.

A = Audion
 H = Hochfrequenz-
 N = Niederfrequenz-
 L = Lautsprecher
 O = Oszillator (Schwingröhre)

} Verstärkung

o Widerstandsverstärkeröhre. Werte gelten bei Außenwiderstand $R_a = 1$ Megohm.

× Innerer Widerstand hängt vom äußeren ab.

† Doppelgitterröhre mit Seitenklemme für das Raumladegitter. (Die Röhre eignet sich auch zur Heizung mit einer 3 V Trockenbatterie.)

†† Raumgitterspannung etwa gleich Anodenspannung.

§ Doppelgitterröhre. §§ Raumgitterspannung nicht über 80 V.

* früher RE 209.

** früher RE 97.

*** früher RE 212.

**** früher RE 75.

o alte Typenbezeichnung.

Angaben über günstige Röhren-Zusammenstellungen befinden sich am Ende der Druckschrift.

Anfangsstufenröhre

für Heizung mit 4 Volt Akkumulator



Verwendungszweck: für Anfangsstufen (Hochfrequenzstufen, Audion und Niederfrequenzstufen bis zu mittleren Leistungen); zu verbinden mit RE 154 oder RE 504 (früher RE 209) für letzte Niederfrequenzstufe (als Lautsprecherröhre).

RE 064

mit Europa-Steckel

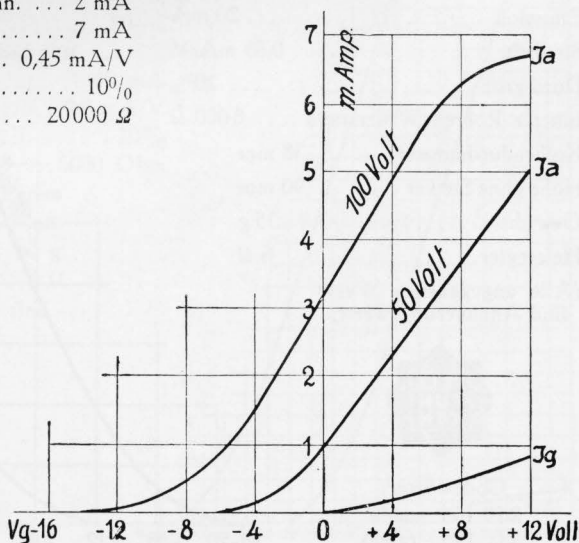
RE 064t

mit Telefunken-Steckel

Fadenspannung 3,5 V
 Heizstromverbrauch 0,06 A
 Anodenspannung 40—100 V
 Anodenstromverbrauch durchschn. ... 2 mA
 Emission 7 mA
 Steilheit 0,45 mA/V
 Durchgriff 10%
 Innerer Röhren-Widerstand 20000 Ω
 Kolbendurchmesser ... 38 mm
 Höhe ohne Stecker ... 90 mm
 Gewicht 35 g
 Heizregler mindestens ... 15 Ω
 (Alle angegebenen Werte sind
 Annäherungswerte)



Codewörter:
 RE 064 rahih
 RE 064t tetod



Lautsprecherröhre

für Heizung mit 4 Volt Akkumulator



Verwendungszweck: Als zweitletzte Niederfrequenzstufe bei Mehrrohrengeräten oder als letzte Niederfrequenzröhre für Lautsprecherbetrieb. In diesem Fall ist eine negative Gittervorspannung von -3 V bis -6 V erforderlich. Zu verbinden mit RE 064 für die Anfangsstufen.

RE 154

mit Europa-Sockel

RE 154t

mit Telefunken-Sockel

Fadenspannung	3,5 V
Heizstromverbrauch	0,17 A
Anodenspannung	70–120 V
Anodenstromverbrauch durchschn. .	4 mA
Emission	20 mA
Steilheit	0,65 mA/V
Durchgriff	20%
Innerer Röhren-Widerstand	8000 Ω
Kolbendurchmesser	38 mm
Höhe ohne Stecker	90 mm
Gewicht	35 g
Heizregler	6 Ω

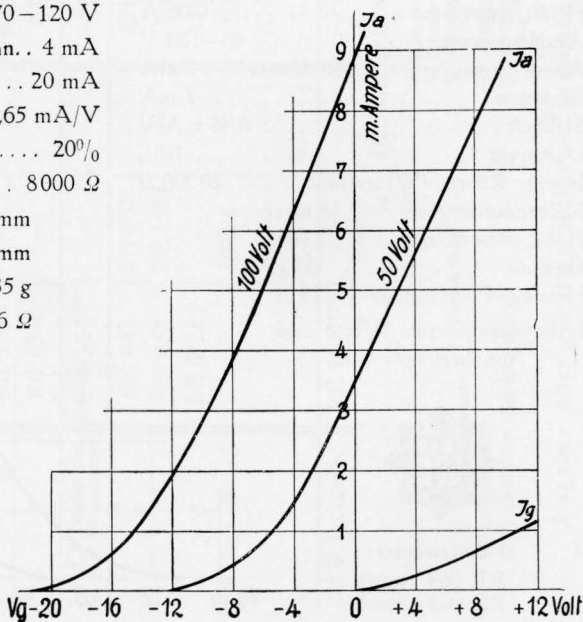
(Alle angegebenen Werte
sind Annäherungswerte)



Codewörter:

RE 154 rahlk

RE 154t rahpo



Lautsprecherröhre

für Heizung mit 4 Volt Akkumulator



Verwendungszweck: Spezial=Endröhre (letzte Niederfrequenzstufe) für Lautsprecherbetrieb, wo große Lautstärke erzielbar ist. Negative Gittervorspannung von -5 bis -14 Volt je nach Anodenspannung erforderlich.

RE 504 (früher RE 209)
mit Europa=Socket

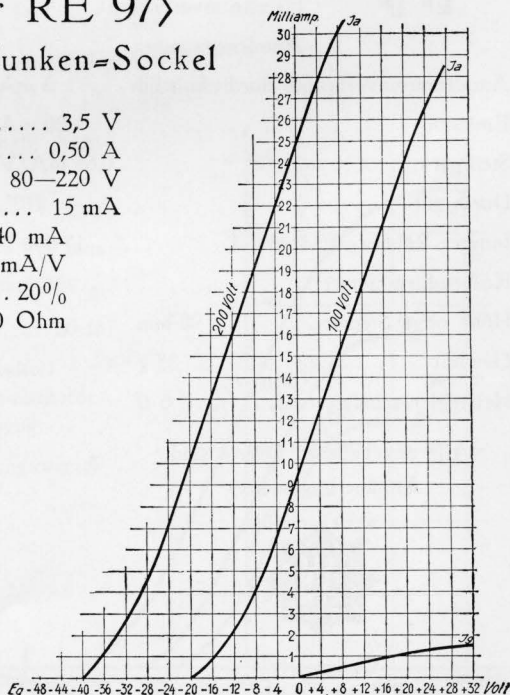
RE 504t
(früher RE 97)
mit Telefunken=Socket

Fadenspannung 3,5 V
Heizstromverbrauch 0,50 A
Anodenspannung 80–220 V
Anodenstromverbrauch durchschnittl. ... 15 mA
Emission 40 mA
Steilheit 0,8 mA/V
Durchgriff 20%
Innerer Röhren=Widerstand 6000 Ohm
Kolbendurchmesser 35 mm
Höhe ohne Stecker 95 mm
Gewicht 60 g
Heizregler mindestens 5 Ω

(Alle angegebenen Werte sind Annäherungswerte).



Codewörter:
RE 504 teucs
RE 504t teudt



Anfangsstufenröhre

für Heizung mit 4 Volt Akkumulator



Verwendungszweck: Schwingröhre für Überlagerer und Zwischenfrequenz-(Superheterodyn-)Empfänger. Hochfrequenz- und Audionröhre für Mehrröhrenempfänger, wo besonders große Leistung oder hohe Lebensdauer erwünscht ist.

RE 144

mit Europa-Sockel

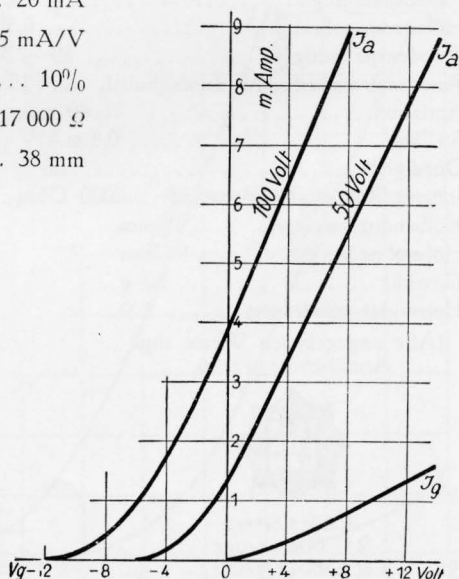
Fadenspannung 3,5 V
Heizstromverbrauch 0,17 A
Anodenspannung 50–120 V

Anodenstromverbrauch durchschnittlich 3 mA
Emission 20 mA
Steilheit 0,65 mA/V
Durchgriff 10%
Innerer Röhren-Widerstand 17 000 Ω
Kolbendurchmesser 38 mm
Höhe ohne Stecker 90 mm
Gewicht 35 g
Heizregler mindestens 6 Ω

(Alle angegebenen Werte sind
Annäherungswerte)



Codewort:
RE 144 tetfu



Widerstandsverstärkerröhre

für Heizung mit 4 Volt Akkumulator



Verwendungszweck: Spezial-Verstärker-Röhre für widerstandsgekoppelte Niederfrequenzverstärker. Zu verbinden mit RE 154 oder RE 504 für die Endstufe.

RE 054

mit Europa-Sockel

Fadenspannung 3,5 V
 Heizstromverbrauch 0,06 A
 Anodenspannung 40–200 V
 Anodenstromverbrauch durchschnittlich 0,04 mA

Emission 5 mA

Steilheit für $R_a = 1$ Megohm 0,02 mA/V

Durchgriff 30%

Innerer Röhrenwiderstand ist abhängig vom äußeren Widerstand R_a

Kolbendurchmesser 40 mm

Höhe ohne Stecker 90 mm

Gewicht 35 g

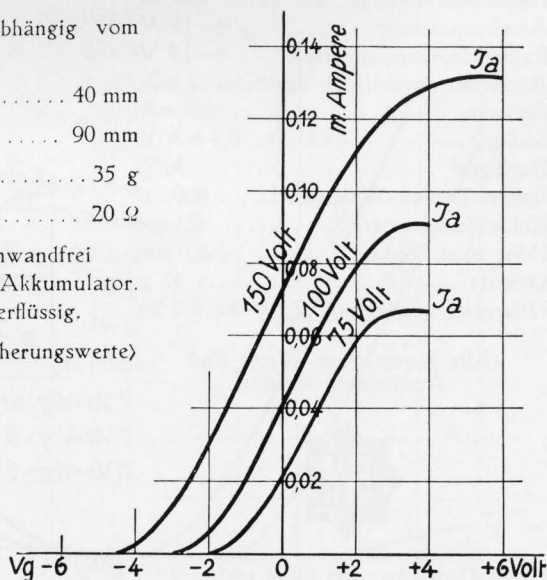
Heizregler mindestens 20 Ω

Die Röhre arbeitet bereits einwandfrei beim Betriebe mit einem 2 V Akkumulator. Ein Heizregler ist dann überflüssig.

(Alle angegebenen Werte sind Annäherungswerte)



Codewort:
RE 054 tesyl



Doppelgitterröhre

zur Heizung mit 4,5 Volt Trockenbatterie oder 4 Volt Akkumulator



Verwendungszweck: Anfangsstufenröhre für niedrige Anodenspannung, insbesondere also für tragbare Geräte und Spezialschaltungen.

RE 073 d

⟨früher RE 212⟩

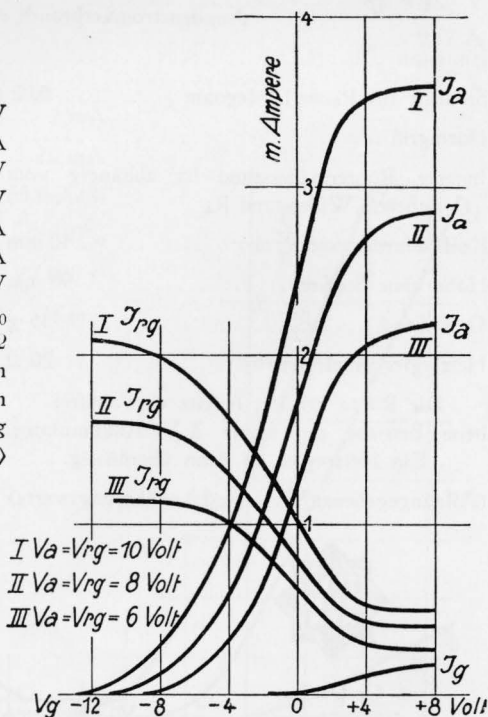
mit Europa-Sockel und Seitenklemme

Fadenspannung 3 V
 Heizstromverbrauch 0,07 A
 Anodenspannung 4–15 V
 Raumladegitterspannung 4–15 V
 Anodenstromverbrauch durchschn. 2 mA
 Emission 6,5 mA
 Steilheit 0,5 mA/V
 Durchgriff 30%
 Innerer Röhren-Widerstand 6000 Ω
 Kolbendurchmesser 42 mm
 Höhe ohne Stecker 85 mm
 Gewicht 42 g
 Heizregler mindestens . 25 Ω (bei 4,5 V)

⟨Alle angegebenen Werte sind Annäherungswerte.⟩



Codewort: RE 073d teuhj



Anfangsstufenröhre

für Heizung mit 2 Volt Akkumulator



Verwendungszweck: für Anfangsstufen (Hochfrequenzstufen, Audion- und Niederfrequenzstufen bis zu mittleren Leistungen), zu verbinden mit der Röhre RE 152 für die letzte Niederfrequenzstufe (als Lautsprecherröhre).

RE 062

mit Europa-Sockel

RE 062t

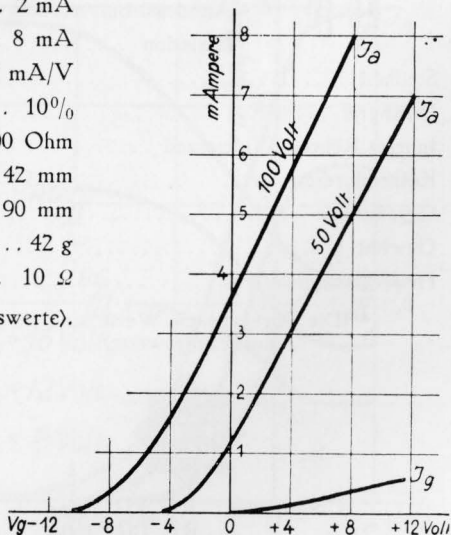
mit Telefunken-Sockel

Fadenspannung	1,7 V
Heizstromverbrauch	0,06 A
Anodenspannung	40—100 V
Anodenstromverbrauch durchschn.	2 mA
Emission	8 mA
Steilheit	0,5 mA/V
Durchgriff	10%
Innerer Röhren-Widerstand	20000 Ohm
Kolbendurchmesser	42 mm
Höhe ohne Stecker	90 mm
Gewicht	42 g
Heizregler mindestens	10 Ω

(Alle angegebenen Werte sind Annäherungswerte).



Codewörter:
RE 062 tetao
RE 062t tetet



Lautsprecherröhre

für Heizung mit 2 Volt Akkumulator

Verwendungszweck: Als zweitletzte Niederfrequenzstufe bei Mehr-
röhrengeräten oder als letzte Niederfrequenzröhre für Lautsprecher-
Betrieb. In diesem Fall ist eine negative Gittervorspannung von
– 3 V bis – 6 V erforderlich. Zu verbinden mit RE 062 für die
Anfangsstufen.



RE 152

mit Europa = Sockel

RE 152t

mit Telefunken = Sockel

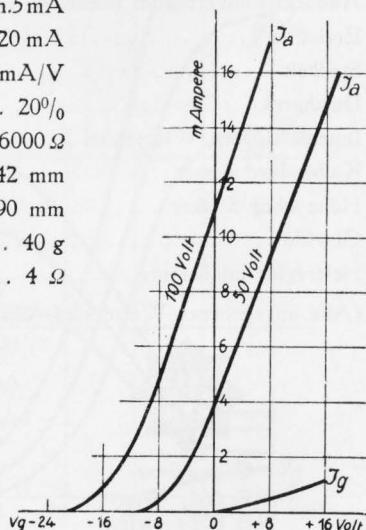
Fadenspannung 1,7 V
Heizstromverbrauch 0,15 A
Anodenspannung 70–120 V
Anodenstromverbrauch durchschn. 5 mA
Emission 20 mA

Steilheit 0,8 mA/V
Durchgriff 20%
Innerer Röhren-Widerstand 6000 Ω
Kolbendurchmesser 42 mm
Gesamthöhe 90 mm
Gewicht 40 g
Heizregler mindestens 4 Ω

(Die angegebenen Werte sind
Annäherungswerte).



Codewörter: RE 152 tetij,
RE 152t tetla.



Doppelgitterröhre

für Heizung mit 3 Volt Trockenbatterie oder 2 Volt Akkumulator



Verwendungszweck: Anfangsstufenröhre für niedrige Anodenspannung, insbesondere also für tragbare Geräte und Spezialschaltungen.

RE 072 d

mit Europa-Sockel und Seitenklemme

Fadenspannung	1,7 V
Heizstromverbrauch	0,07 A
Anodenspannung	2—20 V
Raumladegitterspannung	2—20 V

Anodenstromverbrauch durchschn.	2 mA
Emission	10 mA

Steilheit 0,65 mA/V

Durchgriff 22,5 %

Innerer Röhren-Wider-

stand 7000 Ω

Kolbendurchmesser . 42 mm

Höhe ohne Stecker . 85 mm

Gewicht 42 g

Heizregler mindestens

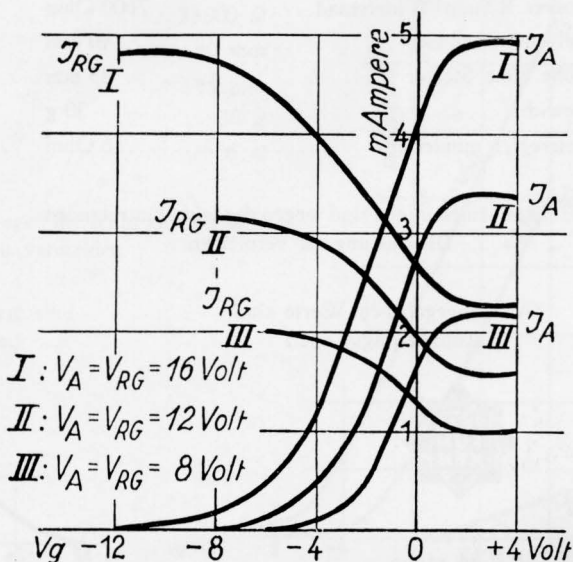
8 Ω (bei 2V)

(Alle angegebenen Werte
sind Annäherungswerte)



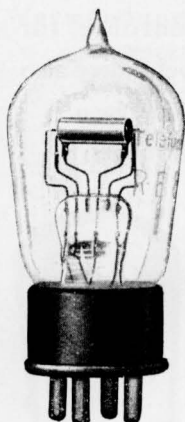
Codewort:

RE 072 d tetxy



Lautsprecherröhre

für Heizung mit 2 Volt Akkumulator



Verwendungszweck: Audion- und Niederfrequenzstufen zu verbinden mit RE 86 als Anfangsstufenröhre

RE 84

mit Telefunken-Sockel.

Fadenspannung 1,1—1,4 V
 Heizstromverbrauch 0,25 A
 Anodenspannung 50—100 V
 Anodenstromverbrauch durchschnittlich 5 mA
 Emission 15 mA*

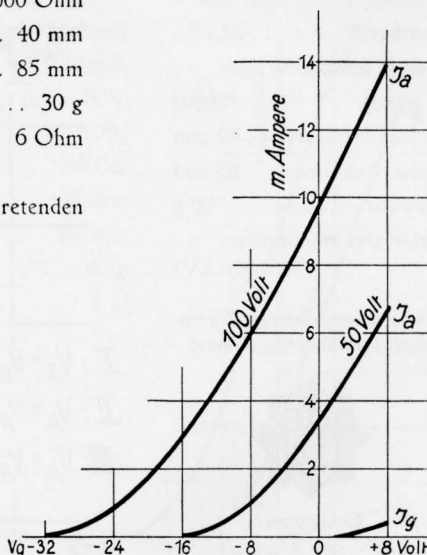
Steilheit 0,5 mA/V
 Durchgriff 30%
 Innerer Röhren-Widerstand 7000 Ohm
 Kolbendurchmesser 40 mm
 Höhe ohne Stecker 85 mm
 Gewicht 30 g
 Heizregler mindestens 6 Ohm

- * Emissionsmessungen sind wegen der leicht eintretenden Überlastung zu vermeiden.

(Alle angegebenen Werte sind Annäherungswerte.)

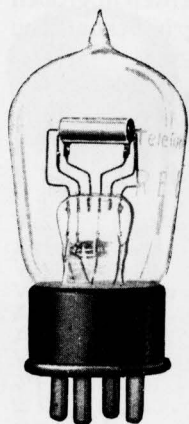


Codewort:
RE 84 racvo



Anfangsstufenröhre

für Heizung mit 2 Volt Akkumulator



Verwendungszweck: Audion- und Hochfrequenzstufen, zu verbinden mit RE 84 als Niederfrequenzstufen.

RE 86

mit Telefunken-Sockel

Fadenspannung 1,1—1,4 V
 Heizstromverbrauch 0,25 A
 Anodenspannung 50—100 V
 Anodenstromverbrauch durchschnittlich 2 mA
 Emission 8 mA*

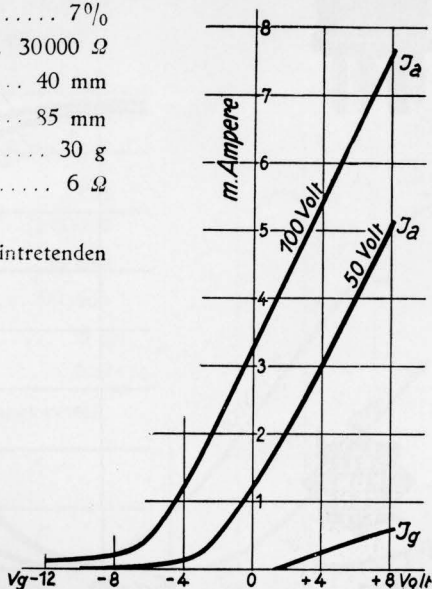
Steilheit 0,45 mA/V
 Durchgriff 7%
 Innerer Röhrenwiderstand 30000 Ω
 Kolbendurchmesser 40 mm
 Höhe ohne Stecker 85 mm
 Gewicht 30 g
 Heizregler mindestens 6 Ω

*Emissionsmessungen sind wegen der leicht eintretenden Überlastung zu vermeiden.

(Alle angegebenen Werte sind Annäherungswerte.)



Codewort:
 RE 86 racys

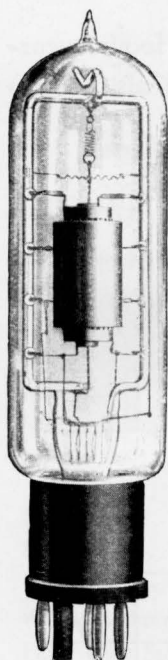


Saallautsprecherröhre

Verwendungszweck: Spezial-Endverstärker-Röhre mit Doppelgitter für Lautsprecherbetrieb in großen Räumen (Sälen), zur Verwendung in besonderen Endverstärkergeräten geeignet.

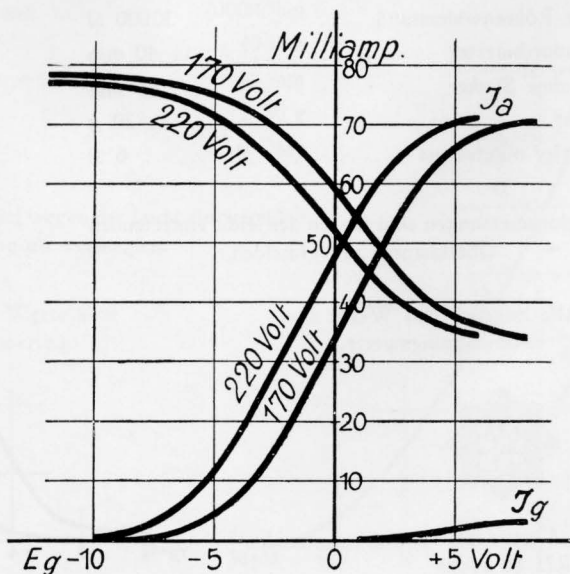
RE 87 (OR)

mit Spezial-Sockel



Fadenspannung	2 V
Heizstromverbrauch	1.1 A
Anodenspannung	220 V
Raumgitterspannung	nicht über 80 V
Anodenstromverbrauch durchschnittlich	30 mA
Emission	100 mA
Steilheit	7 mA/V
Durchgriff	4%
Innerer Röhren-Widerstand	3500 Ω
Kolbendurchmesser	55 mm
Höhe ohne Stecker	200 mm
Gewicht	150 g

(Alle angegebenen Werte sind Annäherungswerte).



Codewort:
RE 87 ragay

Anfangsstufenröhre

für Heizung mit 1,5 Volt Trockenelement oder 2 Volt Akkumulator



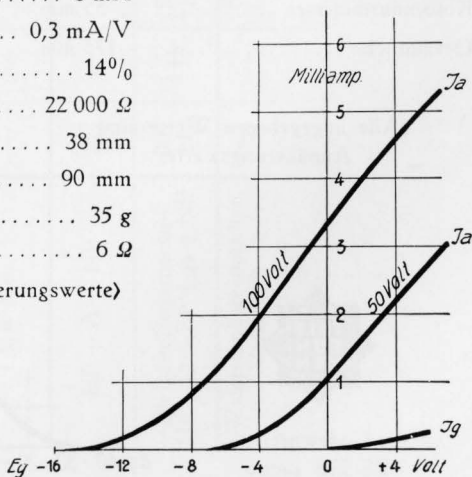
Verwendungszweck: für Anfangsstufen (Hochfrequenzstufen, Audion- und Niederfrequenzstufen bis zu mittleren Leistungen). Die sparsamste Röhre für Einröhrengeräte! Für die Endstufe (Lautsprecherröhre) ist die Verbindung mit der RE 152 vorteilhaft.

RE 061 <früher RE 75> mit Europa-Stecker

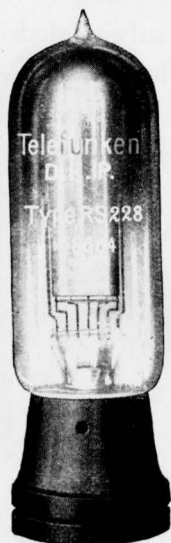
Fadenspannung	1,1 V
Heizstromverbrauch	0,06 A
Anodenspannung	40—100 V
Anodenstromverbrauch durchschnittlich	2 mA
Emission	6 mA
Steilheit	0,3 mA/V
Durchgriff	14%
Innerer Röhren-Widerstand	22 000 Ω
Kolbendurchmesser	38 mm
Höhe ohne Stecker	90 mm
Gewicht	35 g
Heizregler bei 1,5 V mindestens	6 Ω
<Alle angegebenen Werte sind Annäherungswerte>	



Codewort: RE 061 teuiy



5 Watt Amateur-Senderöhre



Verwendungszweck: Für kleine Sender unter Benutzung normaler Stromquellen und normaler Einzelteile der Empfangstechnik.

RS 228

mit Spezial-Sockel

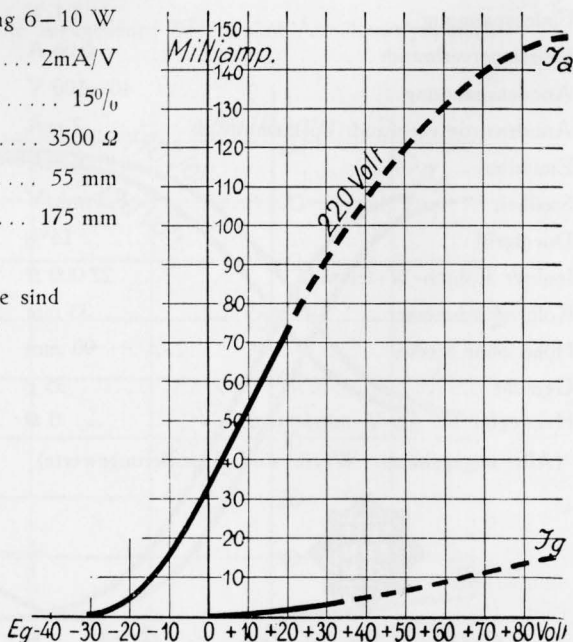
Heizspannung	7 V
Heizstromverbrauch	1,1 A
Anodengleichspannung	220 V
Emission	200 mA
Nutzleistung 6–10 W	
Steilheit	2mA/V
Durchgriff	15 $\frac{0}{0}$

Innerer Röhren-Widerstand	3500 Ω
Kolbendurchmesser	55 mm
Gesamthöhe	175 mm

(Alle angegebenen Werte sind
Annäherungswerte)



Codewort:
RS 228 sacuo



Günstige Zusammenstellung von Telefunken-Röhren für verschiedene Empfänger-Typen

	4 Volt-Akkumulator						2 Volt-Akkumulator				1,5 Volt-Trockenbatt.		
	HF	O	ZF	A	NF	L	HF	A	NF	L	HF	A	NF
DET + NF	—	—	—	—	064	154 504	—	—	062	152	—	—	061
HF + DET + NF	064 144	—	—	—	064	154 504	062 —	—	062	152	061	—	061
A	—	—	—	064 144	—	—	—	062	—	—	—	061	—
A + NF	—	—	—	064 144	064 154	154 504	—	062	062 152	152	—	061	061
HF + A + NF	064 144	—	—	064 144	064 154	154 504	062	062	062 152	152	061	061	061
Zwischenfrequenzempf. HF + O + ZF + A + NF	064 144	144	064 144	064 144	054 154	154 504	—	—	—	—	—	—	—
Widerstandsgekoppelter Verstärker	064	—	064 054	054	054	154 504	—	—	—	—	—	—	—

Zeichenerklärung:

DET = Detektor	
HF = Hochfrequenz=	} Verstärker
NF = Niederfrequenz=	
ZF = Zwischenfrequenz=	
A = Audion	
O = Oszillator	
L = Lautsprecherröhre	