

Die

# Radiol. Röhre

AUFBAU  
WIRKUNGSWEISE  
ANWENDUNG

DEUTSCHER FUNK-VERLAG · G · M · B · H ·



## Haben Sie Schwierigkeiten

bei der Inbetriebnahme Ihres selbst gebastelten Gerätes, oder wollen Sie Ihr Gerät erweitern oder verbessern, z. B. durch den Einbau eines Grammophonanschlusses oder durch Anschluß eines weiteren Lautsprechers, so denken Sie bitte an unseren „Radio-Bastlerdienst“

## dann helfen wir Ihnen

gern durch Beratung mit unseren besten, geschulten Fach-technikern. Sie erhalten bei uns auch alle Ersatzteile und Röhren, Lautsprecher usw. für eine evtl. erforderliche Reparatur Ihres Bastelgerätes. Ferner haben wir stets weitere Baupläne von Rundfunk- und Meßgeräten für den Bastler vorrätig, sowie die dazu erforderlichen Einzelteile.



„Rundfunk-Bastlerdienst“

# HUGO KLEIN

Mechanische Werkstätten

Fabrikation: Berlin-Niederschöneweide, Flutstraße 2 und Brückenstraße 9

Zweigbetriebe: Berlin-Niederschöneweide, Hasselwerderstraße 5  
Berlin - Johannisthal, Kaiser-Wilhelm-Straße 42  
Berlin O 112, Samariterstraße 29

---

Herstellung neuer

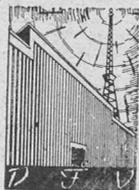
## *Rundfunk- und Elektro-Geräte*

sowie Verstärkeranlagen, Antennen, Installation

Fachgemäße Reparaturen von Elektro-, Rundfunkgeräten und Lautsprechern aller Systeme - Röhrentausch, Akku-Ladestation.

Die  
**Radio-**  
**Röhre**

AUFBAU, WIRKUNGSWEISE  
UND ANWENDUNG  
VON  
B. THIEME



DEUTSCHER FUNK-VERLAG G-M-B-H

# I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

|   |         |
|---|---------|
| Die Zweipol-Röhre . . . . .   | Seite 3 |
| Gleichrichter-Röhre . . . . .   | " 4     |
| Kathoden-Heizung . . . . .  | " 4     |
| Anodenstrom . . . . .   | " 5     |
| Sättigungsstrom . . . . .   | " 5     |
| Einweg-Gleichrichter . . . . .  | " 6     |
| Zweiweg-Gleichrichter . . . . .   | " 6     |
| Lade- und Sieb-Kondensatoren . . . . .                                      | " 7     |
| Detektor-Röhre-Diode . . . . .  | " 7     |
| Dreipol-Röhre [Triode] (dritte Elektrode) . . . . .                         | " 7     |
| Positive Spannung an der dritten Elektrode . . . . .                        | " 8     |
| Negative Spannung an der dritten Elektrode . . . . .                        | " 8     |
| Einfluß der Spannung an der dritten Elektrode auf den Anodenstrom . . . . . | " 9     |
| Durchgriff . . . . .  | " 9     |
| Gitter-Elektroden und Durchgriff . . . . .                                  | " 10    |
| Der Einfluß des Gitters auf den Anodenstrom . . . . .                       | " 11    |
| Verstärker-Röhren . . . . .   | " 11    |
| Negativ geladenes Gitter und Anodenstrom . . . . .                          | " 11    |
| Kennlinie . . . . .   | " 12    |
| Steilheit . . . . .   | " 12    |
| Kennlinien bei verschiedenen Anodenspannungen . . . . .                     | " 13    |
| Die einzelnen Teile der Kennlinie . . . . .                                 | " 13    |
| Der gerade Teil der Kennlinie . . . . .                                     | " 14    |
| Arbeitspunkt . . . . .  | " 14    |
| Der untere gekrümmte Kennlinienteil . . . . .                               | " 15    |
| Der obere gekrümmte Kennlinienteil . . . . .                                | " 15    |
| Die richtige Gittervorspannung und ihre Bedeutung . . . . .                 | " 16    |
| Schaltung der Verstärker-Röhre . . . . .                                    | " 16    |

---

Kenn-Nr. 10173 Ausgabe A Preis: 1.— RM  
 Alle Rechte vorbehalten / Printed in Germany / Copyright 1946 by Deutscher Funk-Verlag G m b H, Berlin  
 Druck: (Nr. 154) Wilhelm Hundt, Berlin N 54, Schönhauser Allee 6-7 12120, 5. 46  
 Verlag und Vertrieb: (Nr. 52) Deutscher Funk-Verlag G m b H, Berlin SO 36, Kieholzstraße 1-3  
 Telefon: 67 43 58 / Postscheckkonto: Berlin 1975 49  
 Anzeigenannahme: DFV, Anzeigenabteilung, Berlin W 35, Schöneberger Ufer 59 (vormals Kösterufer)  
 Telefon: 32 12 92 / Postscheckkonto: Berlin 1122 42

---

In unseren Broschüren-Reihen für den Rundfunk-Bastler und den -Techniker sind bereits erschienen: „Die Röhren-Tabelle“, Umfang 48 Seiten mit Abbildungen, Preis 4,50 RM. — „Wie baue ich einen Detektor-Empfänger?“, Umfang 16 Seiten mit 18 Abbildungen, Preis —,75 RM. — In Vorbereitung sind Broschüren über: Schwingkreis / Antennen / Die Schaltungen der Radio-Röhre / Mehrgitterröhren und ihre Anwendung / Superhet / Gegenkopplung (Modernisierung) / Verstärker-Großanlagen / Entstörung / Meßgeräte / Fehlersuche

Auf welchen Vorgängen beruht die Wirksamkeit einer Radio-Röhre? Elektrischer Strom sehr hoher Spannung (mehrere tausend Volt) vermag in freier Luft in Form von Funken überzugehen (Blitz!). Es bedarf dazu der Unterbrechung der diese Spannung führenden elektrischen Leitung an einer Stelle.

Sind die Entfernungen der beiden Leitungsenden (auch Elektroden genannt) zu groß, so kann die Elektrizität dort nicht mehr in Form eines Fun-

kens übergehen. Die Luft als solche ist also nichtleitend für den elektrischen Strom, und zum Übergang in Form von Funkendurchschlag bedarf es jeweils einer ganz bestimmten Spannung an den Elektroden. Das ändert sich auch nicht, wenn der Luftraum um die Elektroden z. B. von einer Glashülle umgeben ist.

Solche Glasröhren mit zwei eingesetzten Elektroden sind als „Entladungsröhren“ bekannt.

### Die Zweipol-Röhre.

Die Luft in einer solchen Röhre ist also unter normalen Verhältnissen ein Nichtleiter, und die Elektrizität kann nur bei genügend hoher Spannung in Form von Funken übergehen (Durchschlagsspannung! Festigkeit der Luft gegen hohe Spannungen!).

Diese Tatsache ändert sich jedoch, wenn die Luft in der Entladungsröhre allmählich ausgepumpt wird.

Bereits wenn der Luftdruck (statt normal etwa 760 mm) auf etwa 40 mm heruntergeht, sehen wir, wie die Festigkeit der Luft nachläßt und einzelne zarte Funken überzugehen beginnen, während dies bisher nicht der Fall war. Pumpen wir die Röhre weiter aus, so

werden die Funken heller und breiter, bis schließlich bei nur etwa 2—1 mm Druck die Entladung in Form einer geschichteten rötlichen Leuchterscheinung vor sich geht. (Geißlersche Röhren! Neonlicht!)



Abb. 1

Elektrische Entladung bei etwa 2 mm Druck

Wird die Röhre nun noch weiter luftleer gemacht, so tritt die merkwürdige Erscheinung auf, daß das Leuchten wie-

der zurückgeht; die Leuchtsäule zieht sich gewissermaßen auf den Pluspol (auch *Anode* genannt) zurück. Dafür geht von dem negativen Pol (*Kathode* genannt) eine schwachbläuliche Lichterscheinung aus (negatives Glimmlicht). Pumpen wir noch weiter aus, auf einige Hunderstel Millimeter Druck (*Vacuum*), so verschwindet das rötliche Licht am Pluspol ganz, und das eigentümliche bläuliche Leuchten am Minuspol (der Kathode) beherrscht alleine das Feld. Auch leuchtet die Glaswand an den der Kathode gegenüberliegenden Stellen je nach der Glassorte grünlich oder bläulich. Ganz offenbar gehen also von der Kathode Elektrizitätsteilchen (Minusteilchen) aus, welche die gegenüberliegende Glaswand zum Leuchten bringen. Man nennt diese von der Kathode kommenden negativ geladenen Elektrizitätsteilchen *Elektronen*.

Wird mit besonderen Pumpen die Glasröhre noch weiter ausgepumpt, und zwar auf weniger als Einmilliardstel mm Druck (*Hochvakuum*), so hat auch das letzte Leuchten am Minuspol, der Kathode, aufgehört. Ein zwischengeschalteter

empfindlicher Strommesser zeigt keinerlei Stromdurchgang mehr an. Die Röhre verhält sich wieder, wie sich vorher die normale Luft verhielt: sie ist zum vollkommenen Nichtleiter geworden.

Hier hat man nun eine merkwürdige Entdeckung gemacht: Wird eine der Elektroden in einer solchen Hochvakuum-Röhre erhitzt, so vermag erneut Strom durch die Röhre zu fließen! Der Strommesser zeigt wieder Strom an, allerdings nur in einer Richtung. Es stellt sich heraus, daß nach unserer Vorstellung der Strom von der kalten zur heißen Elektrode fließt, also von der + Anode zur — Kathode.

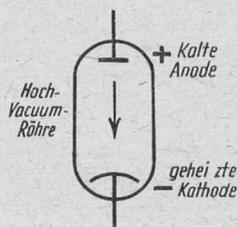


Abb. 2

Die Röhre als Ventil-Röhre

### Gleichrichter-Röhre.

Diese Röhre läßt somit ganz offenbar den Strom nur in einer Richtung hindurch. Sie ist zum einseitigen Ventil geworden und kann als solches für einen Strom von wechselnder Richtung (Wechselstrom) als Gleichrichter benutzt werden.

Tatsächlich erfolgt auch die Benutzung solcher Zweielektroden-Röhren mit einer geheizten Elektrode als Gleichrichter-Röhre in der Radiotechnik, um Wechselstrom gleichzurichten, also um aus Wechselstrom Gleichstrom zu erzeugen.

### Kathoden-Heizung.

Die Beheizung der Kathode geschieht dabei elektrisch, d. h. die Kathode wird gleichzeitig als elektrischer Heizdraht ausgeführt (*direkte Heizung*). Die Herbeiführung der Leitfähigkeit der

ausgepumpten Röhre kann so vorgestellt werden, daß, je heißer die Kathoden-Oberfläche ist, um so mehr Elektrizität in Form negativer Elektronen dort austritt und den Innenraum der Röhre

auf diese Weise leitend macht. (Die aus der Kathode austretenden Elektronen umgeben diese wie eine Wolke, deren größte Dichtigkeit sehr nahe an der Kathode liegt. Zugleich laden die Elektronen den Raum um die Kathode auf. Man spricht daher auch von einer Elektronen- oder Raumladungswolke).

Um einen möglichst zahlreichen Austritt von Elektronen aus dem heißen Glühdraht zu erreichen, wurde anfangs ein solcher aus hochschmelzendem Material, z. B. Wolfram, genommen. Da-

durch, daß die geheizte Kathode zusätzlich mit einer bestimmten Oxydschicht, z. B. Bariumoxyd, bestrichen wird, konnte eine weitere starke Steigerung des Elektronenaustritts, und damit der Leitfähigkeit, erreicht werden. Es genügt sogar, eine mit Bariumoxyd versehene Kathode nur relativ schwach (also auf dunkle Rotglut) und aus nächster Nähe mittels eines Heizdrahtes elektrisch zu beheizen (indirekte Heizung), um die gleiche bzw. sogar eine mehrfach stärkere Wirkung zu erzielen.

### Anodenstrom.

Der Vorteil solcher Röhren mit künstlich beheizter Kathode liegt neben der auf diese Weise erzielbaren Gleichrichtung von Wechselströmen, vor allem darin, daß nicht mehr viele tausend Volt notwendig sind, um den Luftraum in der evakuierten Röhre zu überbrücken, sondern daß bereits Spannungen weit unter 100 Volt dazu ausreichen. Die Stromstärke (in Tausendstel Ampere, also Milliampere, mA) in der Röhre ist dabei außer von dem Heizzustand der Kathode vor allem auch von der zwischen Anode und Kathode anliegenden Spannung abhängig. In welcher Weise zeigt die nebenstehende Abbildung.

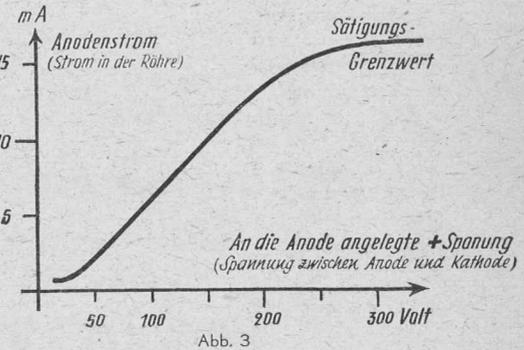


Abb. 3  
Stromverlauf in mA in einer Röhre, in Abhängigkeit von der angelegten Spannung.

### Sättigungsstrom.

Die Stromstärke in der Röhre nimmt nun mit steigender Spannung nicht ständig weiter zu, sondern erreicht schließlich einen oberen Grenzwert, über den hinaus sie nicht mehr ansteigt (horizontaler Verlauf), selbst wenn noch so hohe Spannungen angelegt werden (Sättigungsgrenze, Sättigungsstrom).

(Bei den modernen Röhren wird meist bereits lange vor Erreichen der Sättigungsgrenze (infolge der sehr großen

Elektronenaussendung [Emission]) die Anode durch den starken Strom überlastet (zu warm), so daß der Emissionsbegriff für die Röhren hinfällig geworden ist.)

Die Stromkurve verläuft bereits vorher gekrümmt. Es hat also wenig Wert, mit diesem gekrümmten oder gar dem horizontalen Teil zu rechnen, da es verschwendete Spannung wäre, weil doch keine höhere Stromstärke zu erzielen

ist. Unser Augenmerk wird sich also vorwiegend nur auf den geraden Teil der Anodenstrom-Kurve einer Röhre richten. Das ist wichtig zu merken! Deshalb vernachlässigen wir hier auch den unteren Teil der Kurve, in

dem der Anodenstrom anzulaufen beginnt, denn auch dieser Teil ist gekrümmt und gibt gegenüber dem graden, stetigen Teil weniger günstige Verhältnisse.

### Einweg-Gleichrichter.

Die Anwendung der Elektronen-Röhre in der Praxis zur Gleichrichtung eines Wechselstromes zeigt die nachstehende Abbildung. Die Gleichrichter-Röhre ist hierbei in die Ausgangswicklung eines Transformators einge-

schaltet, dessen andere (Eingangs-) Wicklung an der Netzspannung der Lichtleitung liegt. Ein Teil der erstgenannten Wicklung ist gleichzeitig benutzt, um den Heizstrom für die Kathode abzugeben (Abbildung).

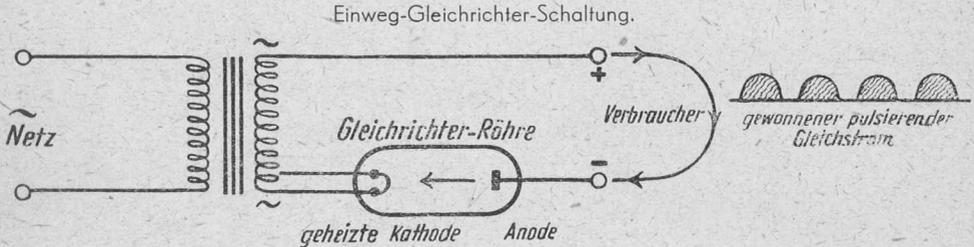


Abb. 4

### Zweiweg-Gleichrichter.

Entsprechend bekannten Schaltungen lassen sich auch beide Stromrichtungen

gen eines Wechselstromes so durch die Gleichrichter-Röhre schicken, daß aus

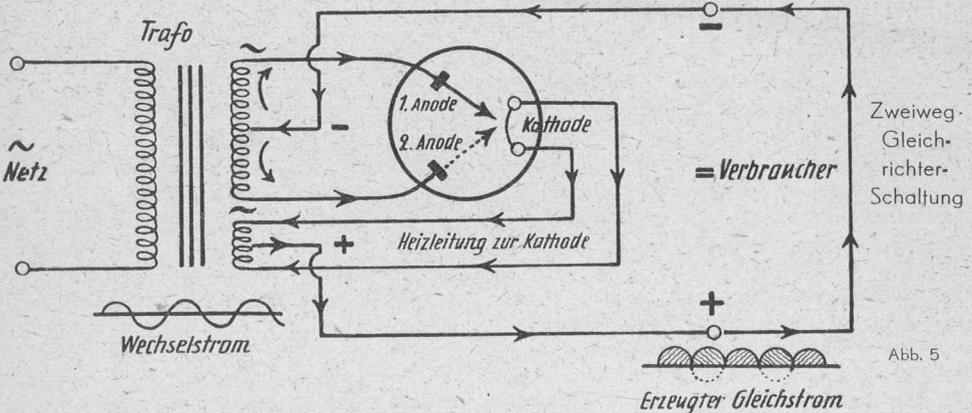


Abb. 5

den einzeln durchgelassenen Stromhälften ein neu zusammengesetzter (wenn auch noch pulsierender) Gleichstrom entsteht.

Man benötigt dazu allerdings eine Röhre mit 2 Anoden, hat aber den Vor-

teil der besseren Ausnutzung des Wechselstroms, da jetzt nicht mehr seine eine Hälfte unterdrückt wird.

Die vorstehende Abbildung zeigt die prinzipielle Schaltung hierzu (Abbildung 5).

### Lade- und Sieb-Kondensatoren.

Die verbleibende Welligkeit des so gewonnenen (pulsierenden) Gleichstroms kann durch Anschluß an große Kondensatoren, die zwischen die Leitungen geschaltet werden und bei ihrer Aufladung die Welligkeit abtragen,

ausgeglichen werden (Ladekondensatoren bzw. Siebkondensatoren genannt). Die Größe der Kondensatoren beeinflusst praktisch die erzielte Gleichspannung.

Pulsierender Gleichstrom wird über Kondensatoren geglättet.

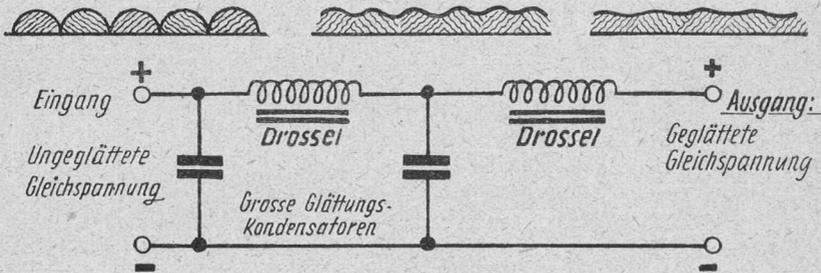


Abb. 6

### Detektor-Röhre = Diode.

Außer zur Gleichrichtung gewöhnlichen Wechselstroms kann die Zweipol-Röhre (Diode) auch zur Gleichrichtung von Hochfrequenz-Wechselstrom, z. B. eines mit Sprachbeeinflussung (Modulierung) versehenen, von einem Radiosender herrührenden Hochfrequenzstromes dienen. Die Röhre wirkt

dann ähnlich wie ein Detektor, der ebenfalls solche Ströme gleichrichtet, nur daß bei der Röhre (Diode) viel höhere Spannungen gleichgerichtet werden können. Ein Zwischenglied zwischen Detektor und Diode in dieser Hinsicht bildet die eigentliche Detektorröhre, das Audion.

### Dreipol-Röhre (Triode) (dritte Elektrode).

Sehr bald wurde der Gedanke verwirklicht, noch eine dritte Elektrode zwischen Anode und Kathode einzubringen. Diese dritte Elektrode im Weg des Anodenstroms wird die dem Span-

nungsabfall an dieser Stelle entsprechende Spannung annehmen, sich also positiv gegen die Kathode aufladen. Der Anodenstrom selbst bleibt dadurch im wesentlichen unbeeinflusst.

### Positive Spannung an der dritten Elektrode.

Es zeigte sich aber auch, daß eine höhere positive Hilfsspannung, die dieser dritten Elektrode angelegt wurde, die Wirkung der Anode verstärkte; d. h. der Anodenstrom wurde erhöht. Das ist verständlich, denn diese dritte Elektrode verhält sich in diesem Falle lediglich wie eine näher an die Kathode herangebrachte Anode positiver Spannung. Es fließt dann allerdings auch

über diese Elektrode ein Strom (Gitterstrom).

Dritte Elektrode in einer Röhre.



Abb. 7

### Negative Spannung an der dritten Elektrode.

Wenn nun eine angelegte positive Spannung der dritten Elektrode den Anodenstrom verstärkt, keine Spannung an dieser Elektrode ihn unbeeinflusst läßt, so ist zu erwarten, daß eine negative Spannung an dieser Elektrode umgekehrt den Anodenstrom schwächen muß.

Tatsächlich trifft das auch zu: Negative Spannung an der dritten Elektrode schwächt den Anodenstrom.

Genügend hohe negative Spannung kann sogar soweit in der schwächenden Wirkung gehen, daß überhaupt kein Strom in der Röhre mehr zustande kommt.

Diese Wirkung einer negativ aufgeladenen dritten Elektrode wird auch verständlich, wenn wir uns erinnern, daß gleiche Elektrizitätsteilchen sich abstoßen. Wir haben eingangs gesehen, daß der Strom in der Röhre dadurch zustande kommt, daß (negative) Elektronen aus der (heißen) Kathode in den Röhrenraum austreten. Sie wollen zur entgegengesetzt, d. h. positiv geladenen

Anode hin, und bilden durch dieses Hinströmen zur Anode den Anodenstrom.

Ist nun eine im Wege befindliche dritte Elektrode ebenfalls negativ geladen, so müssen die negativen Teilchen dieser Elektrode die soeben aus der Kathode ausgetretenen gleichfalls negativen Teilchen (Elektronen) zur Kathode zurückstoßen. Die Elektronen können bei genügend hoher negativer Spannung (d. h. Druck!) der dritten Elektrode gar nicht erst von der Kathode fort, also nicht zur Anode fließen. Der Anodenstrom kommt somit nicht zustande.<sup>1)</sup>

(Wohl aber kann ein Strom von dieser dritten (negativ geladenen) Elektrode zur (positiv geladenen) Anode hin zustande kommen.)

Man sieht, daß die Verhältnisse in der Röhre selbst beim Vorhandensein einer dritten Elektrode klar und einfach liegen und ohne Schwierigkeiten übersehen und erklärt werden können.

<sup>1)</sup> Die Auffassung, daß der Strom dadurch zustande kommt, daß negative Elektrizitätsteilchen (Elektronen) aus der Kathode austreten und zur Anode hinwandern, hat dazu geführt, sich den Bewegungsvorgang der Elektrizität jetzt gerade umgekehrt vorzustellen, als es bisher üblich war. Plus (+) bezeichnete bisher die Stelle, an welcher man sich den Strom (also die Elektrizitätsteilchen) austretend dachte, während

Minus (—) besagen sollte, daß der Strom dort hinein ging.

Jetzt ist es gerade umgekehrt: Bei Minus (Kathode) treten die Elektrizitätsteilchen (negative Elektronen) aus und bilden dadurch den elektrischen Strom. Von positiven Elektrizitätsteilchen hört man so gut wie nichts mehr.

Es ist nur bedauerlich, daß einstmals bei der Festlegung der elektrischen Begriffe durch Zu-

## Einfluß der Spannung an der dritten Elektrode auf den Anodenstrom.

Das Merkwürdige — und zugleich Günstige — bei der betrachteten Einflußnahme der an der dritten Elektrode angelegten positiven und negativen Spannungen auf den Anodenstrom ist nun die Erscheinung, daß

1. die Wirkungen auch kleiner Spannungen außerordentlich groß sind,
2. es überhaupt gelingt, auf diese Weise lediglich mit Spannung (also Druck) einen fließenden

elektrischen Strom zu steuern (ähnlich einem Wasserhahn),

3. der Erfolg augenblicklich, d. h. trägheitslos eintritt.

Die Dreipol-Röhre (Triode) bildet also ein trägheitsloses Relais höchster Empfindlichkeit. Diese Eigenschaft begründet die überragende Bedeutung, die sich die Elektronen-Röhre in der gesamten Technik erworben hat.

### Durchgriff.

Wenn oben gesagt wurde, daß die dritte Elektrode als solche (also ungeladen) praktisch keinen Einfluß auf den Anodenstrom hat, so ist das nur bedingt richtig; dann nämlich, wenn diese Elektrode den Stromweg nicht einengt.

Ohne weiteres läßt sich erkennen, daß das Gegenteil, nämlich eine Elektrode, welche den Röhrenraum zwischen Anode und Kathode völlig absperrt, damit auch den Stromdurchgang zwischen Anode und Kathode völlig unterbinden muß.

Die Anode kann in diesem Falle nicht auf die Kathode wirken, weil der Weg versperrt ist (sie kann alsdann die negativen Elektronen nicht ansaugen), oder, wie man auch sagt, die Anode kann nicht zur Kathode durchgreifen.

Umgekehrt kann sie zur Kathode voll durchgreifen, wenn die dritte Elektrode, wie eingangs erwähnt, den Raum nicht

einengt, also ihn nicht absperrt.

Schließlich wird eine dritte Elektrode mittlerer Größe auch in ihrer Wirkung auf den Anoden durchgriff zur Kathode in der Mitte liegen.

Es ergibt sich also:

- a) Keine (oder kleine, nicht einengende) dritte Elektrode:  
volle Durchgriffsmöglichkeit  
(Durchgriff 100%)
- b) Voll abschließende dritte Elektrode:  
keine Durchgriffsmöglichkeit  
(Durchgriff 0%)
- c) Teilweise einengende, bzw. teilweise abschließende dritte Elektrode:  
verschiedene Durchgriffsmöglichkeit  
(Durchgriff je nach Durchlaßweite der dritten Elektrode zwischen 100% und 0%).

fall gerade der „Überdruck“ der unrichtigen Seite zugesprochen wurde, während wir uns heute den Überdruck mit den, nunmehr als negativ bereits festgelegten Elektronen verbunden denken müssen.

Logischerweise müßten wir dementsprechend eigentlich + und — Zeichen überall vertauschen; da das einstweilen zu schwierig ist und Weiterungen bei fertigen Anlagen ergeben würde, hat man bislang davon abgesehen. Auch

in diesen Darlegungen ist daher die bisherige Bezeichnung der Stromrichtung (also entgegen der Strömung der negativen Elektronen) beibehalten. Irgendwelche Schwierigkeiten entstehen dadurch nicht; lediglich beim Austritt der Elektronen aus der geheizten Kathode (Raumladungswolke) ist es gut, die neue Vorstellung zum vollen Verständnis anzunehmen.

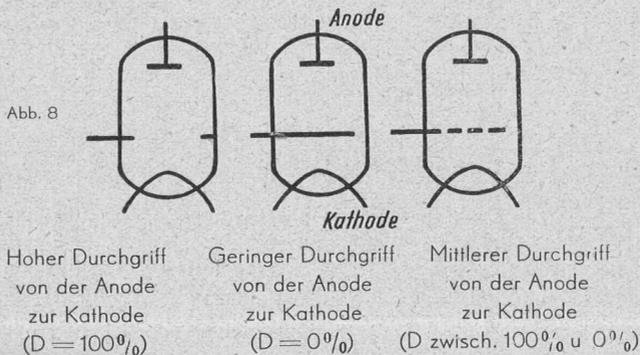
Die Verhältnisse können etwa mit einem Autorennen auf einer breiten Autobahn verglichen werden: Befindet sich eine hohe Wand quer über der ganzen Bahn, so können die Autos (Elektronen) vom Startplatz (Kathode) nicht starten und daher nicht fahren (strömen) und somit auch nicht zum Ziel (Anode) gelangen. (Hoher Widerstand.)

Ist keine Querwand vorhanden, die Bahn also völlig frei, so können Start und Fahrt unbehindert erfolgen, und alle Wagen erreichen das Ziel. (Kein Widerstand.)

Wenn jedoch an einer Stelle teilweise eine Querwand die Fahrbahn einengt, so müssen die Wagen auch entsprechend seitlich ausbiegen, also behindert fahren. (Mittlerer Widerstand.)

Liegt ein Bedarf nach möglichst viel Strom vor, so wird man ihn möglichst wenig behindern (der Anode wird großer Durchgriff ermöglicht!); soll dagegen die Beeinflussung des Stromes durch die Elektrode möglichst groß werden, so wird man umgekehrt eine stark eingreifende Elektrode (der Anode wird nur ein kleiner Durchgriff ermöglicht!) wählen.

Der Einfluß der dritten Elektrode auf den Durchgriff.



### Gitter-Elektroden und Durchgriff.

Um den Durchgriff je nach Bedarf für die einzelnen Röhrenzwecke leicht ändern zu können, wird die dritte Elektrode meistens in Form eines sogenannten Gitters eingebracht. Ein stark durchlässiges Gitter gibt großen Durchgriff, d. h. hohe Stromstärke bei kleinem Röhrenwiderstand, dafür aber geringen Einfluß auf den Anodenstrom, Ein wenig durchlässiges Gitter gibt im Gegensatz dazu kleinen Durchgriff, d. h. geringe Anoden-Stromstärke bei

hohem Röhrenwiderstand, dafür aber hohen Einfluß auf den Anodenstrom.

Das Gitter wird in der Praxis in Form einer mehr oder weniger eng gewickelten Drahtspirale in die Röhre eingebaut. Gitter und Anode werden meistens so ausgeführt, daß sie die Kathode ringförmig (hülseartig) umgeben. Auf diese Weise ist günstigste gegenseitige Einflußmöglichkeit gewährleistet.

### Der Einfluß des Gitters auf den Anodenstrom.

Den Einfluß des Gitters auf den Anodenstrom können wir uns nun ähnlich vorstellen, wie die Wirkung eines seitlich in eine starke Wasserströmung hineingebrachten Schiebers.

Bei voller Öffnung wird der Wasserstrom ruhig weiterfließen und nicht behindert werden. (Geringer Widerstand!)

Wird der Schieber nun allmählich weiter hineingeschoben (der Wasserweg und damit der Durchgriff verkleinert), so wird die Wasserströmung an der verengten Stelle schneller fließen müssen. Zugleich erhöht sich der Widerstand des schmaler gewordenen Strombettes.

Je enger (je kleiner) der Durchgriff, desto größer wird die Zunahme der

Schnelligkeit und damit der Einfluß des Schiebers (Gitter) auf die Stromstärke (Verstärkung) sein, desto höher auch der innere Widerstand des verengten Strombettes.

Wir erkennen:

- Röhren mit geringem Durchgriff ergeben hohe Verstärkung, allerdings bei relativ geringer Gesamtleistung,
- Röhren mit großem Durchgriff ergeben geringe Verstärkung, haben jedoch große Gesamtleistung. (Leistungsröhren [Endröhren!].)<sup>2)</sup>

Damit haben wir die grundlegenden Eigenschaften dieser Röhren bestimmt.

### Verstärker-Röhren.

Nachdem wir zuerst die Zweipol-Röhre (Diode) als Gleichrichterröhre kennengelernt haben, sehen wir nunmehr, daß die Dreipol-Röhre (Triode) sich auszeichnet für Verstärkungszwecke eignet.

In der Tat ist dies auch das Anwen-

dungsgebiet der Röhre, auf dem sie ihre größten Erfolge errungen hat.

Welche Anodenstromstärken lassen sich nun erzielen, wenn verschiedene Spannungen an das Gitter (3. Elektrode) gelegt werden?

### Negativ geladenes Gitter und Anodenstrom.

Wir messen zuerst (bei genau festgestelltem Heizstrom) die Stärke des Anodenstroms, wenn die Spannung am

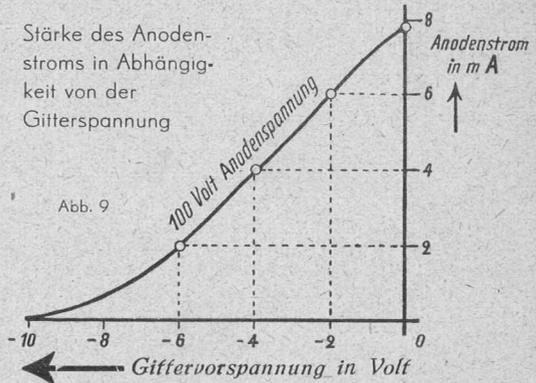
<sup>2)</sup> Anm.: Die Bedeutung des Durchgriffs: Bei großem Durchgriff liegt ein größerer Teil des geradlinigen Teils der Kennlinie im Bereich der negativen Gittervorspannungen, als bei kleinem Durchgriff.

Daher lassen sich an Röhren mit großem Durchgriff größere Gitterwechselspannungen anlegen und die dazu gehörigen Anodenströme verzerrungsfrei aussteuern.

Da gleichzeitig hohe Anodenspannungen angewendet werden können, ergibt sich für Röhren mit großem Durchgriff (etwa 15 bis 20 %) eine große Gesamtleistung.

Sie eignen sich daher besonders als Endleistungsröhren.

Stärke des Anodenstroms in Abhängigkeit von der Gitterspannung



Gitter 0 Volt beträgt. Wir legen hierzu z. B. + 100 Volt an die Anode (gegen die Kathode als — Pol) an.

Dieser Anodenstrom möge z. B. 8 mA betragen (Abb.).

Geben wir jetzt dem Gitter eine negative Vorspannung, sagen wir z. B. von — 2 Volt, so muß nach

den obigen Ausführungen der Anodenstrom zurückgehen. In obiger Abbildung z. B. auf 6 mA.

Bei noch größerer negativer Vorspannung, z. B. — 4 Volt, geht der Anodenstrom auf etwa 4 mA zurück, bei — 6 Volt Gitter-Vorspannung auf 2 mA, usw.

### Kennlinie.

Die verschiedenen hierbei festgelegten Meßpunkte verbinden wir durch eine Linie.

Die so gewonnene Kurve nennt man die Kennlinie einer Röhre, weil sie

den Zusammenhang zwischen Gittervorspannung und Anodenstrom, und damit das der Röhre eigentümliche Verhalten, erkennen läßt.

### Steilheit.

Die Kennlinie steigt je nach dem Zusammenhang zwischen Gittervorspannung und Anodenstrom, d. h. je nach dem Durchgriff, verschieden steil an.

Es ist somit

$$\text{Steilheit} = \frac{\text{Änderung des Anodenstroms}}{\text{Änderung der Gitterspannung}}$$

oder in Worten:

Steilheit ist das Verhältnis der Änderung des Anodenstroms zur Änderung der Gitterspannung (bei konstanter Anodenspannung).

Daß die Heizung während der Messung der Kennlinie genau eingestellt bleiben muß, da sich sonst die Elektronenaussendung ändert und damit der gesamte Anodenstrom, wurde bereits erwähnt.

Wir merken uns den Satz:

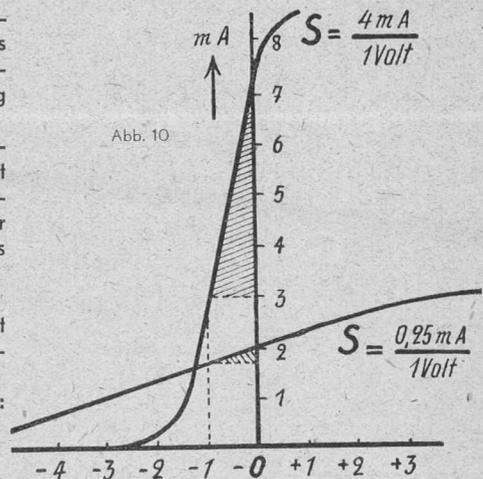
Je größer die Steilheit einer Röhre, desto größer ist ihre Verstärkung.

(Die Steilheit  $S$  wird z. B. angegeben:

$$S = \frac{4,6 \text{ mA}}{2 \text{ V}} = 2,3 \text{ mA / Volt})$$

(Zu beachten ist, daß der bei den jeweiligen Zeichnungen gewählte Maßstab über die Steilheit täuschen kann; maßgebend ist daher stets nur der errechnete Zahlenwert.)

Der Winkel (die Steilheit), den die Kennlinie mit der Horizontalen bildet, ist somit ein Maß für die Verstärkung, welche die Röhre hergeben kann.



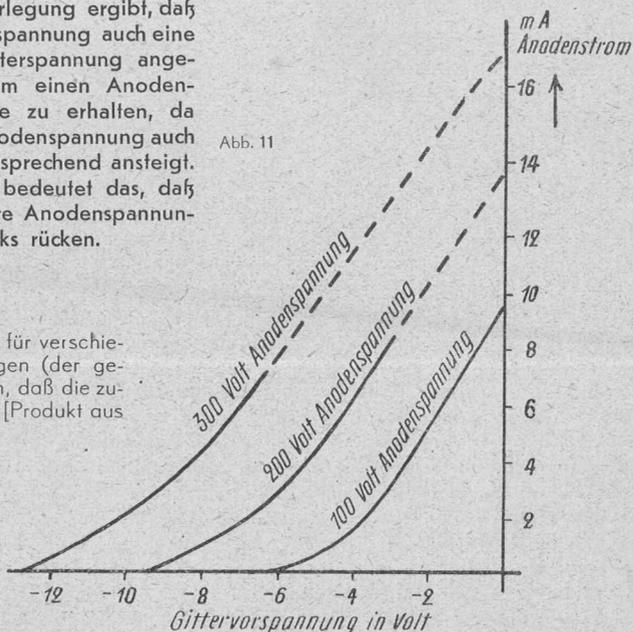
1 Volt Änderung der Gitterspannung gibt bei geringer Steilheit der Röhre nur 0,25 mA Änderung des Anodenstroms; bei steiler Röhre aber 4 mA Änderung!

## Kennlinien bei verschiedenen Anodenspannungen.

Eine einfache Überlegung ergibt, daß bei höherer Anodenspannung auch eine höhere negative Gitterspannung angelegt werden muß, um einen Anodenstrom gleicher Stärke zu erhalten, da mit der höheren Anodenspannung auch der Anodenstrom entsprechend ansteigt.

Für die Kennlinie bedeutet das, daß die Kurven für höhere Anodenspannungen jeweils nach links rücken.

Kennlinien einer Röhre für verschiedene Anodenspannungen (der gestrichelte Teil deutet an, daß die zulässige Wattbelastung [Produkt aus Anodenspannung in Volt und Anodenstrom in mA] überschritten ist).



Es hat sich ergeben, daß die Kennlinien für verschiedene Anodenspannungen im übrigen praktisch parallel zueinander verlaufen.

Außerdem ergibt sich für die Praxis folgendes: Je nach Größe der Röhre, also ihrer Wärmeabstrahlungsfähigkeit, hat jede Röhre eine bestimmte Belastbarkeit in Watt. Diese wird für jede Röhrenart vom Hersteller bekanntgegeben. Mehrbelastung kann der Röhre schaden. Zu jeder Anodenspannung läßt sich aus der Kennlinie der Wert des

Anodenstromes entnehmen, der die Grenze der Wattbelastung darstellt. Für höhere Spannungen ist er also niedriger. Es kann dabei vorkommen, daß der Grenzwert nicht mehr im geraden Teil der Röhrenkennlinie, sondern bereits im gekrümmten (also unbrauchbaren) Teil liegt. Praktisch bedeutet das, daß die Röhre mit so hohen Anodenspannungen nicht mehr verwendbar ist (ohne Verzerrungen zu geben). Wir kommen darauf beim Begriff des Arbeitspunktes noch zurück.

## Die einzelnen Teile der Kennlinie.

Wir sprachen bereits vom geraden und gekrümmten Teil der Röhren-Kennlinie. Es lassen sich drei Hauptteile der

Kennlinie unterscheiden, die jeder für sich besondere Bedeutung haben.

### Der gerade Teil der Kennlinie.

Zuerst der gerade Teil in der Mitte der Kennlinie. Er zeigt, daß die Röhre in diesem Teil gleichmäßig und stetig (oder linear) arbeitet, d. h. gleichen Gitterspannungsänderungen entsprechen gleiche Anodenstromänderungen.

Das bedeutet, daß die Verstärkung der an das Gitter angelegten Spannungen gleichmäßig, ohne Verzerrungen der ursprünglichen, zu verstärkenden Kurvenformen, erfolgt. Es leuchtet ein,

daß zweckmäßig die mittlere zu verstärkende Gitterspannung so gewählt wird, daß sie einen Anodenstrom mit einem in der Mitte des geraden Teiles der Kennlinie liegenden Wert ergibt. Schwankungen der Gitterspannung nach oben oder unten bringen somit Anodenstromschwankungen hervor, die sich auf dem geraden Teil der Kennlinie oberhalb oder unterhalb dieses mittleren Punktes bewegen.

### Arbeitspunkt.

Diesen wichtigen Punkt, um den herum die Anodenstrom-Werte der Verstärkerröhre bei verzerrungsfreier Ver-

stärkung liegen, nennt man den Arbeitspunkt.

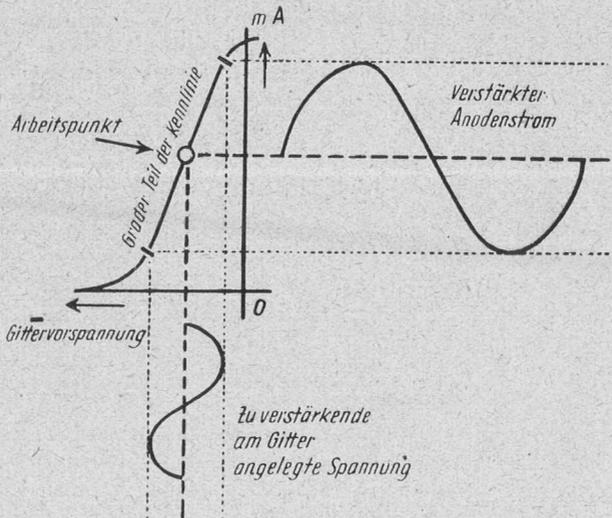


Abb. 12

Die richtige Lage des Arbeitspunktes ist entscheidend für das gesamte einwandfreie Arbeiten einer Röhre.

**Der untere gekrümmte Kennlinienteil.**

Der zweite untere Teil der Kennlinie ist mehr oder weniger stark gekrümmt. Sobald die am Gitter angelegte Wechselspannung so hoch wird, daß der Anodenstrom bis in diesen Teil der Kennlinie hinein absinkt, erfolgt die Änderung des Anodenstroms nicht mehr gleichmäßig. Der Anodenstrom wird in seiner Kurve gegenüber der ursprünglichen Form der Gitterspannungskurve verzerrt. Verzerrt wird jede Kurve genannt, die nicht mehr der Form des Vorbildes entspricht.

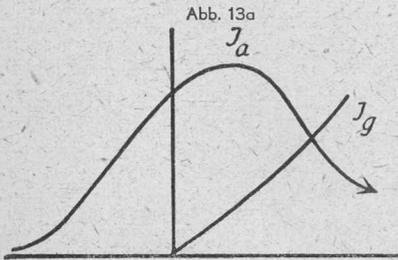
Eine gleiche Verzerrung tritt auch bereits bei geringen Gitterwechselspannungen ein, wenn der Arbeitspunkt nicht in der Mitte der Kennlinie, sondern infolge falscher Gittervorspannung dicht am gekrümmten unteren Teil liegt, weil dann bereits bei geringen Änderungen der Gitterspannung nach negativen Werten hin die Anodenstromwerte in den gekrümmten unteren Kurventeil hinein geraten, Verzerrungen daher die unvermeidliche Folge sind.

**Der obere gekrümmte Kennlinienteil.**

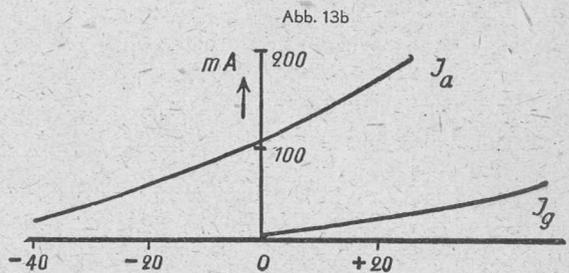
Bei dem dritten Teil der Kennlinie, dem oberen, gekrümmten Teil, liegen die Verhältnisse ähnlich wie beim unteren gekrümmten Teil, nur daß hier die Gitterspannungen sich zu weniger negativen Werten hin verändern müssen (gewissermaßen positiver werden).

Sehr häufig liegt der obere gekrümmte Teil schon außerhalb des

negativen Vorspannungsbereichs, d. h. im Bereich positiver Gittervorspannungen. Das Auftreten positiver Gitterspannungen wird aber möglichst vermieden, weil bei positiver Gitterladung stärkere Gitterströme einzusetzen beginnen, welche zu Leistungsverlusten und sonstigen Störungen führen können.<sup>3)</sup>



Abnahme des Anodenstroms ( $J_a$ ), gleichzeitige Zunahme des Gitterstroms ( $J_g$ ) bei gesättigter Emission.



Anodenstrom ( $J_a$ ) und Gitterstrom ( $J_g$ ) einer Röhre RE 604 in Abhängigkeit von den Gitterspannungen.

<sup>3)</sup> Gitterstrom setzt im allgemeinen schon bei  $-1,4$  Volt Gittervorspannung ein. Es wird daher (um Verzerrungen durch den Gitterstrom

mit Sicherheit zu vermeiden) nur der Bereich unter  $-1,4$  Volt Gittervorspannung verwendet.

## Die richtige Gittervorspannung und ihre Bedeutung.

Wir haben erkannt, daß es von größter Bedeutung ist, auf dem geraden Teil der Röhren-Kennlinie zu arbeiten.

Der Arbeitspunkt, um den die verstärkten Wechselspannungen pendeln, die von den am Gitter angelegten Spannungen herrühren, kann nun nach obigem durch Änderung der Gittervorspannung so gelegt werden, daß er in die Mitte des geraden Teils der Kennlinie kommt.

Die richtige Gittervorspannung zu jeder Anodenspannung legt also den Arbeitspunkt in die Mitte des geraden Teils der Kennlinie.

Ist dieses der Fall, so arbeitet die Röhre verzerrungsfrei (vorausgesetzt, daß wir nicht so große Wechselspannungen zum Verstärken auf das Gitter geben, daß die verstärkten Anodenströme mit ihren Endausschlägen über den geraden Teil hinausgehen und in die oberen und unteren gekrümmten Kurventeile gelangen).

Das verzerrungsfreie Arbeiten einer Röhre läßt sich daran erkennen, daß ein

in den Anodenstrom eingeschaltetes Milliampereometer (für Gleichstrom) ruhig steht und kein Zucken nach oben (zu wenig negative Gittervorspannung) oder nach unten (zu viel negative Gittervorspannung) erkennen läßt. Schwankt der Zeiger des Instruments auch nach Anlegung verschiedener Gittervorspannungen, so ist die Röhre entweder übersteuert (d. h. man muß die Anodenspannung erhöhen, um mit der Kennlinie weiter nach links und damit zu einem längeren geraden Teil der Kennlinie zu gelangen),

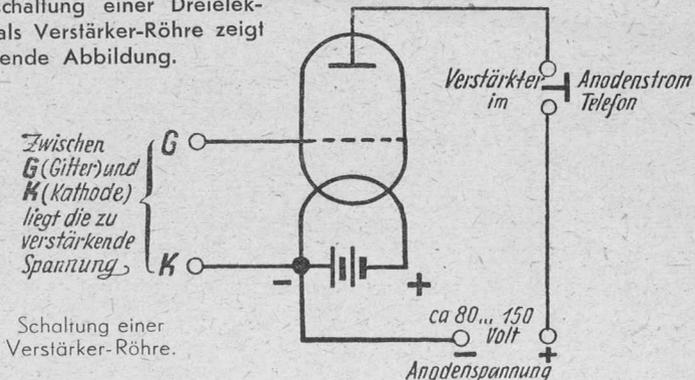
oder aber die Röhre ist zu schwach (also selbst die Erhöhung der Anodenspannung führt nicht zum gewünschten Erfolg); dann muß eine leistungsfähigere Röhre verwendet werden (falls man nicht den Ausweg wählt, die Gitterwechselspannungen so weit zu verringern, unter Verzicht auf Leistung, daß der Anodenstrom nicht mehr in den krummen Teil der Kennlinie hinein übersteuert wird).

**Richtige Gittervorspannung ist also von der allergrößten Bedeutung.**

## Schaltung der Verstärker-Röhre.

Die Prinzipschaltung einer Dreielektroden-Röhre als Verstärker-Röhre zeigt die nebenstehende Abbildung.

Abb. 14.



Die zu verstärkende Spannung wird mit dem einen Pol am Gitter (G), mit dem anderen Pol an der Kathode (K) angelegt.

Damit wird das Arbeiten der Röhre grundsätzlich wie folgt festgelegt:

1. Die zu verstärkende Spannung wird dem Gitter zugeführt.
2. Die verstärkte Spannung wird an der Anode entnommen.
3. Soll weiter verstärkt werden, so wird die verstärkte Spannung der Anode nunmehr dem Gitter der nächsten Röhre zugeführt, woraufhin in der zweiten Röhre wiederum Verstärkung erfolgt. Die so erneut verstärkte Spannung wird dann an der Anode der zweiten Verstärker-Röhre abgenommen, und so fort, bis genügende Verstärkung erreicht ist.

(Neuere Röhren kommen meistens schon mit zweimaliger Verstärkung aus!)

Die Röhren und Spannungen müssen so ausgesucht werden, daß die am Gitter angelegte Spannung die Röhre annähernd aussteuert, d. h. die verstärkte Spannung an der Anode der ersten Röhre muß so groß sein, daß sie am Gitter der nächsten (zweiten) Röhre diese wieder nahezu aussteuert.

Die eventuell notwendige Gittervorspannung wird so angelegt, daß die —Seite einer Spannungsbatteie, die in die Gitterzuleitung eingeschaltet wird, dem Gitter zugekehrt ist (also gewissermaßen zwischen dem Anschluß G und dem Gitter liegt).

Die üblichen Gittervorspannungen liegen zwischen etwa — 1 und — 8 oder mehr Volt.

Zum Verständnis der Vorgänge bei der Verstärkung durch Röhren ist hier nach zweierlei zu unterscheiden:

1. • Das Gitter erhält eine Gleichstrom - Vorspannung (damit liegt der Arbeitspunkt fest!).  
• Dementsprechend fließt in der Röhre ein ganz bestimmter Gleichstrom - Anodenstrom.
2. • Zusätzlich werden alsdann dem Gitter Wechselfspannungen zugeführt (die durch die Röhre verstärkt werden sollen).

[Diese Gitter-Wechselfspannungen pendeln somit in beiden Richtungen um die vorher fest angelegte Gleichstrom-Gittervorspannung!]

- Entsprechend den am Gitter zusätzlich angelegten Wechselfspannungen entstehen nunmehr an der Anode noch (verstärkte) Wechselfspannungen, die sich dem bereits fließenden Gleichstrom-Anodenstrom überlagern!

(Nur diese Wechselfspannungen bringen wir im Lautsprecher — als Musik oder Sprache — zu Gehör; Gleichspannung und Gleichstrom dienen in der Röhre nur zur Regulierung und als Träger für die benutzten Wechselfspannungen.)

Damit können wir die Röhre nunmehr für alle Zwecke richtig einsetzen.

**Heinz Posselt** *Dipl.-Ing.*

BERLIN C 2, PRENZLAUER STR. 22, AM ALEXANDERPLATZ

**Rundfunk- und Elektrohaus von Berlin-Mitte**

Ankauf und Verkauf sämtl. Rundfunk- und Elektro-Geräte  
Tausche Ihre Apparate in Gleichstrom gegen Wechselstrom  
und umgekehrt

**Rundfunk- und Elektro-Reparaturwerkstatt**

Röhrenumtausch sämtlicher in- und ausländischer Röhren

**Walter Apelt**

RADIO- UND ELEKTRO-WERKSTÄTTEN

NEUKÖLLN

Berliner Straße 59

am Rathaus



UMBAU, NEUBAU  
REPARATUREN  
MODERNISIEREN



**Einkaufsquelle für den Bastler**



Ersatzteile für P 2000  
stets vorrätig

**Rollenpapiere  
Drück- u. Schreibpapiere  
Umschlagkartons**

auch in kleineren und größeren  
Mengen gesucht. Sämtliche  
Rollenbreiten sowie Plan-For-  
mate können verwertet werden.  
Ausführliche Angebote erbeten

an den

**Deutschen Funk-Verlag GmbH**

Berlin SO 36, Kieholzstraße 1-3

**Achtung! Telefon: 24 45 78 Achtung!**

WIR REPARIEREN .JHR.

**Rundfunkgerät  
AUERBACH**



ING. ERWIN AUERBACH · BERLIN W 35 · POTSDAMER STRASSE 130

Was der Bastler braucht,  
findet er preiswert bei

## WALTER VANDAMME

Radio \* Phono \* Elektro \* Musik

Berlin N 58, Schönhauser Allee 121

am U- und S-Bahnhof

Fachmännische Bedienung \* Röhrenprüfstelle

### Die Einkaufsquelle für den Bastler

REPARATUREN  
aller Systeme

Tonhaus Norden

**HANS MIRSCH**

**BERLIN N 65**

Müllerstraße 173

Telefon: 46 03 49

Beleuchtungskörper

### *Lastwagen und Personenwagen gesucht*

Bevorzugt werden Generator-  
fahrzeuge, auch Dieselmotore  
würden akzeptiert werden.  
Reparaturmöglichkeit für be-  
schädigte Fahrzeuge ist vor-  
handen. \* Ausführliche An-  
gebote werden erbeten an den

**Deutschen Funk-Verlag GmbH**

Berlin SO 36, Kieffholzstraße 1-3

Ankauf

## Radio-Bastlerzentrale

Verkauf

Röhren-Tausch- und Prüfstelle

Spezialwerkstatt für Näh- und Büromaschinen

Feinmechanische und elektrotechnische Werkstätten

Ing. **E. KAISER**

**BERLIN SO 16, Brückenstraße 10a**

Telefon: 67 34 84



## **RADIO-MAHNERT**

**BERLIN N 65, Reinickendorfer Straße 48**

**RÖHREN-PRÜF- UND TAUSCHSTELLE**

Der Fachmann in **allen** Rundfunk- und Elektrofragen

**Verkauf von Musikschränken \* \* \* Reichhaltige Bastlerquelle!**

### ***Wichtig für den Rundfunk-Bastler!***

Bereits erschienen:

**Die Röhren-Tabelle**

Umfang 48 Seiten mit vielen Abbildungen — Preis 4.50 Mk.

**Wie baue ich einen Detektor-Empfänger?**

Umfang 16 Seiten mit 18 Abbildungen — Preis 0.75 Mk.

**Vertrieb: Deutscher Funk-Verlag, Berlin SO 36, Kietholzstr. 1-3 :: Tel. 67 43 58**

# VERKAUFE

für Privat an Privat in Kommission  
alle entbehrlichen Gegenstände

## Oskar Nüßgen

Berlin SW 29, Bergmannstraße 1  
An der grünen Ecke

### **OTTO SCHIMMEL**

**Fabrikation und  
Reparatur von Rundfunkgeräten**

sämtlicher in- und ausländischer Fabrikate  
in modern ausgestatteter Werkstatt.



Umbau von Geräten, Gleich-auf Wechsel-, Wechsel-auf  
Gleichstrom, sowie Phono- und Schwachstromanlagen

An- und Verkauf von Rundfunk-Geräten  
Prüfen sämtlicher Röhrentypen  
Reichhaltiges Lager für Bastler

**Berlin W 15, Meierottostraße 2**

# Radiobastler

wenden sich mit ihren  
Wünschen an

## **RADIO-PAHNKE**

---

EINZELTEILE  
RÖHRENTAUSCH  
REPARATUREN  
RÖHRENPRÜFUNG

---

### **Fachmännische Beratung**

## **RADIO-PAHNKE**

**BERLIN-NEUKÖLLN, HERMANNPLATZ 6**