



Diodengleichrichtung.

„MINIWATT“
EMPFÄNGER-
RÖHREN

VERSTÄRKER-
RÖHREN

GLEICHRICHTER
RÖHREN

REGULATOR
RÖHREN

ÖLKONDEN-
SATOREN

ELEKTROLYT-
KONDENSATOREN

N. F. TRANS-
FORMATOREN

LAUTSPRECHER-
SYSTEME

WIDERSTÄNDE

INHALT:

Diodengleichrichtung -
Philips Hochohm-Wider-
stände - Philips Strom-
regulatorröhren 1927 und
1928.

Grundsätzlich kennt der Apparatebauer zwei Arten Gleichrichtung: 1. die Anodenstromgleichrichtung und 2. die Dioden- oder Triodengleichrichtung mit Gitterkondensator.

Das gleichzurichtende Signal ist eine H.F.-Trägerwelle mit einer Amplitude e_1 , die durch die Modulation um einen gewissen Prozentsatz, beispielsweise zwischen $e_1 - 30\%$ und $e_1 + 30\%$ oder zwischen $e_1 - 100\%$ und $e_1 + 100\%$, geändert wird (Abb. 1).

Wenn ohne Gebrauch eines Gitterkondensators an das Gitter einer Triode mit gekrümmter Kennlinie eine H.F.-Spannung gelangt, steigt der mittlere Anodenstrom. Bekanntlich ist diese Stromzunahme aber nicht streng proportional der angelegten H.F.-Spannung. Dieses Verhältnis, das *nicht lineare* genannt, veranschaulicht Abb. 2.

Es ist zu berücksichtigen, dass diese und die folgenden Abbildungen nicht die sonst gewöhnlich veröffentlichten statischen Kennlinien sind. Auf der waagerechten Achse ist der Effektivwert der dem Gitter aufgedruckten Wechselspannung aufgetragen; senkrecht ist die Steigerung des Anodenstromes eingezeichnet. Für die hier zu betrachtenden Fälle sind diese Kennlinien besser geeignet.

Wenn die Wechselspannung in Abb. 2 symmetrisch um den Wert von 1.5 V schwankt, entspricht die Steigerung des Anodenstromes nicht der Abnahme, und es ergibt sich ein verzerrtes Spiegelbild der Änderungen von e_1 . Diese Verzerrung, die von der quadratischen Form der Kurve herrührt, ist der Anodengleichrichtung eigen.

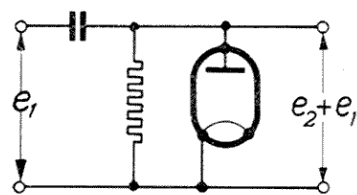
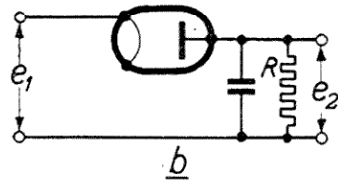
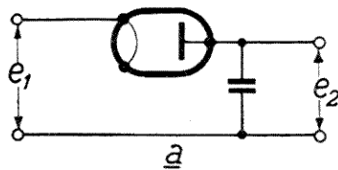


Abb. 3

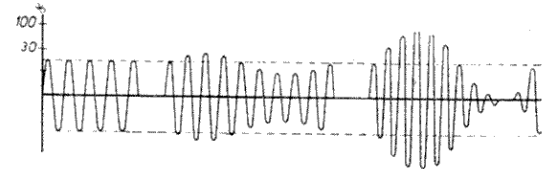


Abb. 1

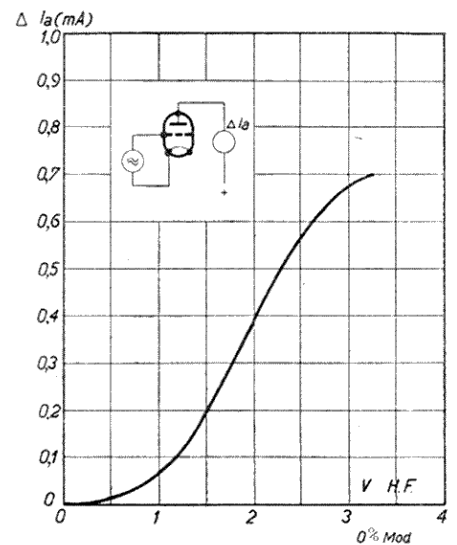


Abb. 2

Die Betrachtung der anderen Gruppe Audionröhren beginnt zweckmässig mit der Diode. Schliesst man an einen Kondensator über eine zwischengeschaltete Diode (Abb. 3a) eine wechselnde E.M.K. an, so lädt sich der Kondensator in einem Sinne auf, bis die aufgespeicherte Spannung gleich e_1 ist. Bei einer $e_1 +$ oder -30% wäre die aufgespeicherte Spannung um 30% niedriger oder höher. Die Änderung von e_2 ist ein getreues Spiegelbild der Änderung von e_1 . Dies ist das Ergebnis der verzerrungsfreien Gleichrichtung mit *linearer* Kennlinie.

Praktisch ist dieses Verfahren jedoch unanwendbar. Angenommen, der Kondensator sei bis zu einem gewissen Augenblickswert von e_1 aufgeladen, und e_1 nähme dann ab. Die Kondensatorspannung kann in dem Falle dieser Abnahme nicht folgen, weil es dafür Bedingung wäre, dass die Ladung



über die Diode abfließt, die einen Strom in dieser Richtung jedoch nicht durchlässt. Es muss also parallel zum Kondensator ein Ableitungswiderstand vorgesehen werden (Abb. 3b). Da sich immer ein sehr kleiner Teil der Ladung verflüchtigt, erreicht e_2 nie den Wert von e_1 ; je grösser der Widerstand R ist, desto weiter nähert man sich dem in 3a dargestellten Idealzustand.

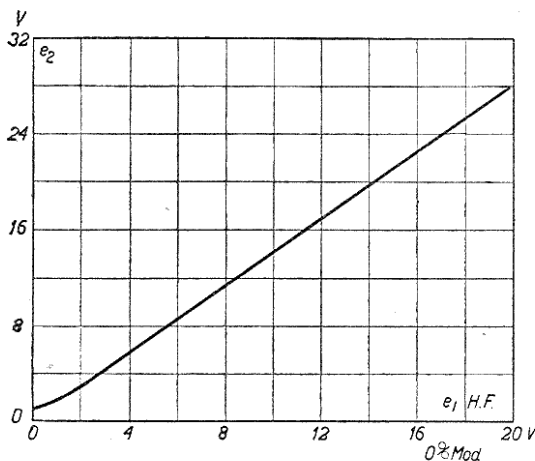


Abb. 4

Verbindet man die Anode einer Triode mit dem Gitter, so entsteht eine Diode. Abb. 4 zeigt die Gleichrichtungskennlinie einer als Diode geschalteten E 424 mit einem Ableitungswiderstand von $2\text{ M}\Omega$. Horizontal ist der Effektivwert der nicht modulierten Spannung e_1 aufgetragen, vertikal die Gleichspannung am Kondensator.

Wie ersichtlich, herrscht am Kondensator bei fehlender wechselnder *E.M.K.* ($e_1 = 0$) schon eine Spannung von rund 1 Volt. Hervorgerufen wird diese Spannung durch die Elektronenemission vom Heizfaden zur Anode. Sodann ist festzustellen, dass die Kennlinie anfangs gekrümmt, sonst aber genau geradlinig verläuft; d.h., wenn

die Trägerwelle nicht zu schwach ist und an der Diode z.B. 0,5 V beträgt, so werden Änderungen von 80 % genau proportionale Änderungen in der Kondensatorspannung veranlassen. Zur Erzielung einer reinen Wiedergabe bei tiefen Modulationsgraden ist eine etwas stärkere Trägerwelle anzuwenden, vor der Diode also dementsprechend mehr zu verstärken. Nach obigen Betrachtungen kann man den gekrümmten Teil begrenzen, indem man für den Ableitungswiderstand einen sehr hohen Wert wählt. Aber auch noch andere Faktoren beeinflussen diesen Wert.

Meist wird die Diode in einer von Abb. 3b ein wenig abweichenden Schaltung (Abb. 3c) verwendet. Besser ist es, die Kathode an Erde zu legen. Durch Parallelschaltung des Ableitungswiderstandes zur Diode kann weiter der Kondensator sich in derselben Weise entladen.

Man erzielt so den Vorteil, dass die Anode der Diode gegen eine im Kreis vor der Diode etwa vorhandene Speisungsspannung geschützt ist. Ferner wird die gleichgerichtete Spannung nicht unmittelbar am Kondensator abgegriffen, sondern zwischen der Erde und einer Kondensatorklemme. Die Gründe dafür leuchten bei einer Ergänzung der Schaltung ohne weiteres ein. Es muss jedoch noch bemerkt werden, dass zwischen den „Ausgangsklemmen“ der Diode nicht nur die gleichgerichtete N.F.-Spannung steht, sondern ausserdem auch die H.F.-Eingangsspannung.

Von der Schaltung der Abb. 3c zum Gitteraudion ist nur ein Schritt (siehe Abb. 5). Fügt man zur Diode eine N.F.-Verstärkerröhre, so erhält man Abb. 5a. Das Gitter dieser Verstärkerröhre kann aber auch gleichzeitig Anode einer Diode sein, und so ergibt sich die bekannte Schaltung der Abb. 5b.

Auf den ersten Blick sollte man von der Audiontriode dieselben Eigenschaften wie von der Diode erwarten. Zwischen beiden bestehen jedoch bedeutende Unterschiede.

Der moderne Konstrukteur verlangt u.a. zwei Eigenschaften vom Audion: erstens völliges Fehlen jeglicher Verzerrung, also lineare Gleichrichtung. Von Bedeutung ist diese Bedingung namentlich für gewisse neuere Schaltungen mit dem Audion nachfolgender N.F.-Verstärkerröhre, die zum Ausgleich des sich aus der hochgradigen Selektivität ergebenden

Verlustes die hohen Töne bevorzugt. Wenn das Audion infolge seiner Verzerrung Harmonische erzeugt, werden diese unverhältnismässig verstärkt.

Die zweite Forderung gilt der Möglichkeit, der Endröhre ein ausreichendes N.F.-Signal zuzuführen.

Mit Rücksicht auf die erste Anforderung ist die Diode oder Triode mit Gitterkondensator zu empfehlen und die Anodengleichrichtung abzulehnen. Sollte die Diodengleichrichtung eine zu grosse Dämpfung im vorhergehenden Kreis mit sich bringen, so wird man versuchen müssen, eine möglichst vollkommene Gleichrichtung mit einem Anodenaudio zu verwirklichen.

Ausschlaggebend für die Wahl zwischen Diode und Triode ist hauptsächlich die zweite Bedingung, die namentlich in Anbetracht der heute vielfach benutzten Hochleistungsendröhren Bedeutung erlangt. Voraussetzung ist dabei, dass das Audion dem Gitter der Endröhre eine ziemlich hohe N.F.-Spannung mitteilt. Die Diode bietet in dieser Beziehung keine Schwierigkeiten. Abb. 4 lehrt, dass jede gewünschte Spannung zu erzielen ist, nur muss eben eine ausreichende H.F.-Spannung zur Verfügung stehen.

Die Triode mit Gitterkondensator ist komplizierter. Erstens wird nämlich die niederfrequente *E.M.K.* des Gitterkondensators durch die Triode verstärkt, d.h., man wird sich bemühen, der Triode eine möglichst geradlinige Anodenkennlinie zu geben. Man kann jedoch unmöglich verhindern, dass diese Kennlinie am unteren Teil eine Krümmung aufweist. Wir haben schon gesehen (Abb. 5), dass das Gitter des Audions nicht nur eine niederfrequente *E.M.K.* trifft, sondern auch die ursprüngliche H.F.-Welle. Wenn nun diese *E.M.K.* den geradlinigen Teil der Anodenkennlinie überschreitet, so tritt zu der normalen Gittergleichrichtung noch die Anodengleichrichtung.

Bei der Gittergleichrichtung nimmt das als Diode wirkende Gitter eine negative Ladung an; der Anodenstrom sinkt. Da nun bekanntlich die Anodengleichrichtung den mittleren Anodenstrom steigert, hebt diese zweite Gleichrichtung die Gittergleichrichtung mehr oder weniger auf, sobald die Trägerwelle einen gewissen Grenzwert überschreitet. Verschlimmert wird diese Erscheinung noch durch die mittlere negative Gitterladung, die den Arbeitspunkt in die Nähe der Kennlinienkrümmung verschiebt. Offenbar nimmt diese aufhebende Wirkung mit der Steigerung des H.F.-Signals am Audiongitter sehr rasch zu. Häufig äussert sich die Erscheinung im Hörbarwerden einer starken Aussendung bei zurückgedrehtem Lautstärkereger, der in den Hochfrequenzteil eingebaut ist. Regelt man die Lautstärke auf ihren Höchstwert, so steigt die Ausgangsleistung zunächst, bleibt dann konstant, um schliesslich wieder abzunehmen. Diese „Übersteuerung“ des Audions macht sich in anderer Form geltend, wenn man mit voll eingeschaltetem Lautstärkereger auf einen Sender abstimmt; in beiderseitiger Nähe der richtigen Abstimmung nimmt die Lautstärke zu, in genauer Abstimmung dagegen ab. In dem Augenblick erreicht nämlich das H.F.-Signal an der Audionröhre seinen Höchstwert, diese dadurch übersteuernd. Bringt man das Gerät ausser Abstimmung, so steigert sich die Lautstärke von neuem. Man hat es also mit zwei scheinbaren Abstimmungen zu tun.

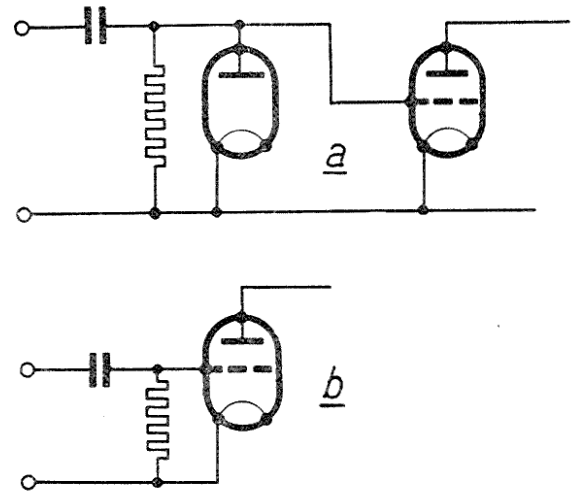


Abb. 5

Abb. 6 zeigt die gelieferte N.F.-Spannung einer E. 424 mit Transformator 1:3 und 30%ig modulierter H.F.-Welle am Gitter. Daraus geht hervor, dass für das Gitter der Endröhre nicht mehr als 18 Volt zur Verfügung stehen.

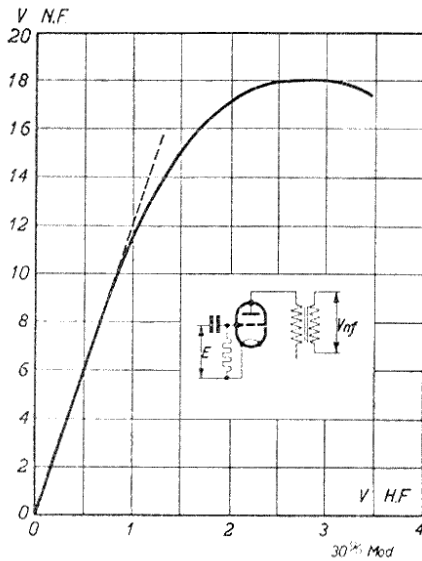


Abb. 6

Nach den bisherigen Erörterungen bestimmt also die H.F.-Amplitude das Einsetzen der Anodengleichrichtung, und nach den Änderungen dieser Amplitude richtet sich die der Gleichrichtung folgende N.F.-Spannung. Aus Abb. 6 ist ersichtlich, dass die Übersteuerung des Audions bei einer Trägerwelle von 0,8 Volt mit einer N.F.-Spannungsabgabe von 10 Volt beginnt. Von dem Augenblick an ist die Wiedergabe verzerrt. Eine Trägerwelle von 0,4 Volt, zu 60 % moduliert, bewirkt dieselben Modulationsänderungen, ebenso eine mit 15 % modulierte Welle von 1,6 Volt. Dies bedeutet, dass die stark modulierte Welle die 10 Volt N.F.-Spannung (den höchstzulässigen Wert für eine B 443) ohne Übersteuerungsgefahr liefert, während die mit 15 % nur schwach modulierte Welle das Audion übersteuert, ohne der B 443 die höchstmögliche N.F.-Spannung zuführen zu können.

Quantitativ bestimmt nicht die Triode allein die Übersteuerung. In dem hier betrachteten Fall (Modulation 30 %) könnte man 10 Volt N.F.-Spannung verzerrungsfrei erzielen. Mit der Anwendung eines Transformators 1:6 würde sich diese Spannung aber verdoppeln. Die Audionröhre wird bei derselben H.F.-Spannung übersteuert, man kann jedoch eine grössere Ausgangsleistung abnehmen, noch ehe die Übersteuerung einsetzt. Bei einer Steigerung der N.F.-Verstärkung und dementsprechender Ermässigung der H.F.-Verstärkung verschwindet die Gefahr der Übersteuerung. In den meisten Fällen ist man indessen an eine bestimmte H.F.-Verstärkung gebunden.

Zur Erzeugung einer N.F.-Spannung, wie sie eine leistungsfähige Endröhre benötigt, müsste man die N.F.-Verstärkung so gross wählen, dass eine wesentliche Herabsetzung der Empfindlichkeit im H.F.-Teil erforderlich wäre. Wirtschaftlich ist dies durchweg nicht. Namentlich im modernen Überlagerungsempfänger ist die Anwendung einer grossen H.F.-oder Z.F.-Verstärkung sehr am Platze. Dazu kommt noch, dass ein für wenig modulierte Wellen brauchbares Hilfsmittel keineswegs auch für tief modulierte schwache Wellen geeignet ist; denn, wie gesagt, für diese Signale ist die Gleichrichtung noch nicht linear.

Man hat daher nach einer anderen Lösung gesucht: dem Kraftaudion.

Da die Wurzel des Übels in der Krümmung der Kennlinie liegt, benutzt man eine sehr hohe Anodenspannung und Transformatorkopplung, damit eine Anodengleichrichtung nur für sehr starke Signale möglich ist. Allerdings ist damit schon eine Verbesserung geschaffen; trotzdem muss man sich immer noch eine gewisse Einschränkung auferlegen, und gerade in den Geräten, in denen eine hohe Anodenspannung zur Verfügung steht, möchte man eine Hochleistungsendröhre gebrauchen.

Um die Übersteuerung restlos zu unterbinden, kommt es darauf an, die beiden Funktionen der Audiontriode zu trennen. Auf diesem Wege gelangt man zur Diode mit dieser folgender, rein niederfrequenter Verstärkerröhre. Daraus erklärt sich das erneute Interesse für die Diode. Ein hemmender Umstand erschwert allerdings noch die Anwendung der Diode: der Kostenaufwand wird nicht durch eine ergiebigeren Verstärkung wettgemacht. Bei

der Auswechslung einer Audiontriode gegen eine Diode verzichtet man auf die Verstärkung der Röhre.

Dennoch findet die Diode ein Anwendungsgebiet: in Luxusgeräten, hauptsächlich Überlagerungsempfängern, deren erstem Audion eine Stufe H.F.-Verstärkung vorgeschaltet ist. Wenn die Verstärkung je Stufe ihren Höchstwert erreicht, kann die Endröhre unmittelbar hinter der Diode angeschlossen werden, ohne dass eine zu starke Beeinträchtigung der Apparatempfindlichkeit die Folge wäre.

Die Prinzipschaltung der Abb. 5a genügt nicht zur Unterdrückung der besprochenen Schwierigkeiten, weil hier die beiden Funktionen eigentlich noch nicht voneinander getrennt sind. Abb. 7 stellt das jetzige Schaltbild dar. Angenommen wird, dass vor der Diode ein abgestimmter Kreis liegt, entweder ein H.F.-Kreis oder die Sekundärwicklung eines Z.F.-Transformators. Als Diode diene eine E 415 oder E 424,

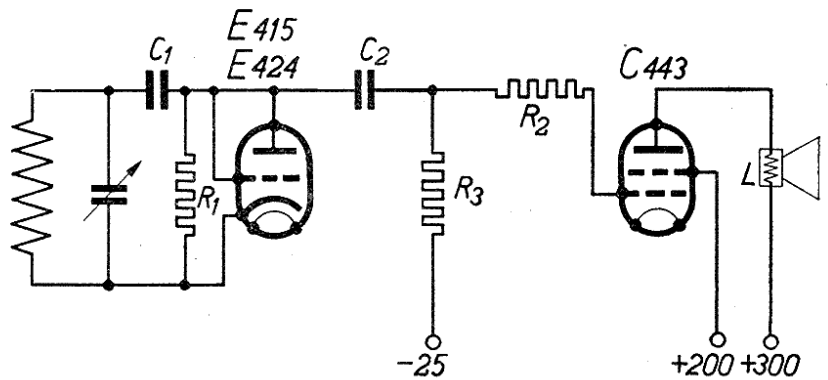


Abb. 7

Anode und Gitter miteinander verbunden. Gitterkondensator C_1 und Ableitungswiderstand R_1 haben die üblichen Werte von $100 \mu\text{F}$ und $2 \text{ M}\Omega$.

Nun kann aber das Gitter der Penthode nicht unmittelbar an die Diode gelegt werden, wie dies in Abb. 5a der Fall ist. Es ist vielmehr ein Filter zwischenzufügen, das die H.F.-Spannung absperrt. Als solches dient der Widerstand R_2 von $1 \text{ M}\Omega$ in Verbindung mit der inneren Gitterkapazität der Penthode.

Zur Erzielung der Gittervorspannung für die Endröhre ist ferner der Kondensator C_2 von $5000 \mu\text{F}$ einzubauen. Über den Widerstand R_3 von $1 \text{ M}\Omega$ wird die Vorspannung auf das Gitter übertragen. Für die Verbindung von R_3 mit dem Gitter bestehen zwei Möglichkeiten. Die Schaltung der Abb. 7 ist insofern weniger geeignet, als die Widerstände R_2 und R_3 beide parallel zum abgestimmten Kreis liegen, und zwar R_2 über die Innenkapazität der Endröhre, die keine grosse Impedanz bildet. R_2 und R_3 steigern die Dämpfung des Kreises. Verbindet man R_3 mit der anderen Seite von R_2 , so sind R_2 und R_3 in Serie geschaltet. Die Folge ist eine geringere Dämpfung. Dagegen wird die N.F.-Spannung der Diode durch das Potentiometerverhältnis von R_2 und R_3 geteilt. Bei Anwendung der zweiten Möglichkeit erhält man also die Hälfte der Empfindlichkeit, die die Schaltung der Abb. 7 ergibt.

Wie man sieht, liegt zwischen der Diode und der Endröhre keine Verzerrungsquelle, und für die Amplituden, die in dieser Schaltung zu erwarten sind, verläuft die Gleichrichtungskennlinie der Diode einwandfrei geradlinig. Die Wiedergabe ist daher sehr rein.

Bei der Anwendung der Abb. 7, wo eine Verstärkung zwischen Diode und Endröhre fehlt, ist eine Vorsichtsmassnahme zu treffen. Angenommen, es werde eine mit 60 % modulierte Welle empfangen, und dem Gitter einer C 443 solle eine Spannung von 20 Volt (Amplitude) zugeführt werden. Die Trägerwelle an der Diode muss dann um 20 Volt nach oben und unten schwanken. Dies ist die Schwankung von 60 %, und die Trägerwelle selbst beträgt mithin 33 Volt. Damit die dem abgestimmten Kreis vorhergehende Röhre diese H.F.-Amplitude erzeugen kann, bedarf sie einer möglichst hohen Anodenspannung. Benutzt



und weiter, dass derartige Widerstände eine nicht unerhebliche Selbstinduktion aufweisen, was für bestimmte Zwecke unerwünscht ist.

Vorzüge der Philips Widerstände.

Nach eingehenden chemischen und elektrischen Untersuchungen ist es Philips Radio gelungen, für die Herstellung von Widerständen, die in jeder Hinsicht den höchsten praktischen Anforderungen entsprechen, ein geeignetes Verfahren auszuarbeiten. Diese Widerstände werden hergestellt in 5 Haupttypen, und zwar die $\frac{1}{2}$ W, 1 W, 2 W, 3 W und 5 W Typen.

Je nach dem Verwendungszweck wird in einem Widerstand eine gewisse Wärmemenge entwickelt, die, ohne den Widerstand zu beeinträchtigen, zerstreut werden muss; daher die Herstellung der verschiedenen Typen, die imstande sind, die angegebenen Belastungen zu verarbeiten. Das Material dieser Widerstände enthält u.a. eine besondere Kohlenart und Graphit. Die genaue Zusammenstellung des Gemisches ist natürlich ein Fabriksgeheimnis. Das Gemisch wird in flüssigem Zustande auf einem Porzellanrohr angebracht, wonach ein genau kontrollierter Erhitzungsprozess folgt. Hiernach werden die röhren Widerstände durch Messung sortiert und in Gruppen eingeteilt. Der jeweils erwünschte Widerstandswert wird durch das Anbringen einer schraublinienartigen Einschnidung in der Widerstandsschicht erzielt. Dies geschieht durch eine sich rasch drehende Schmirgelscheibe, welche ein wenig Widerstandsmaterial von dem Porzellanrohr abschleift, während sich dieses unter der Schleifscheibe verschiebt. Durch dieses Verfahren wird die Weglänge für den Strom von dem einen Kontakt zum anderen vergrößert, so dass sich der gewünschte Widerstandswert sehr genau einstellen lässt. Wenn eine neue Messung angezeigt hat, dass der Widerstand den richtigen Wert hat, wird er durch ein besonderes Verfahren absolut unabhängig von Witterungseinflüssen gemacht. Die fertigen Widerstände sind denn auch vollkommen feuchtigkeitsbeständig.

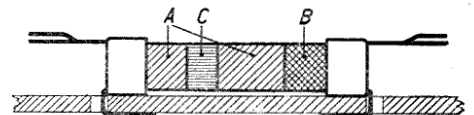
Wenn der Widerstand soweit fertig ist, werden die Kontakte angebracht, die verschiedenartig ausgeführt sein können. Die Kontaktgebung bei den Philips Widerständen erfolgt durch eine Klemmhülse, die derart befestigt wird, dass immer ein sicherer Kontakt gewährleistet ist. Für die Montage in Radioapparaten eignet sich am besten die Ausführung mit Lötstreifen, kombiniert mit Klemmstreifen. Mit Hilfe dieser Klemmstreifen kann der Widerstand sehr bequem fest auf eine einfache mit Einschnidungen versehene Platte montiert werden. Für Spezialzwecke wird auch eine Ausführung mit Drahtanschluss hergestellt.

Jeder fertige Widerstand wird kontrolliert auf:

1. Richtigen Wert. Hierbei muss er einer Toleranz von 10% genügen.
2. Nebengeräusche. Die Philips Widerstände sind absolut geräuschlos, und die Kontrolle dient nur, um etwa verletzte Exemplare herauszufinden.
3. Dauerhaftigkeit (mit Überlastung). Dieser Versuch wird als Stichprobe ausgeführt, wobei die gewählten Widerstände 100 Stunden mit erheblicher Überlastung geprüft werden.

Farbencode.

Um Verwechslungen während der Montage im Apparat vorzubeugen, wird der Philips Farbencode angewandt. Die Widerstände werden nach einem bestimmten System mit farbigen Bändern versehen, wobei der Widerstandswert in eine Aufeinanderfolge von Farben übergeleitet ist (siehe Abbildung). Die erste Ziffer (A) der Widerstandszahl wird durch die Farbe des „Körpers“ des Widerstandes





angedeutet. Die zweite Ziffer (B) wird durch das „Endband“ gegeben, während die dritte Ziffer C (oder Zahl) durch das „Körperband“ bezeichnet wird, welches, falls es sich um eine Zahl $5 \cdot 10^n$ handelt, durch eine Linie in zwei Bänder geteilt ist.

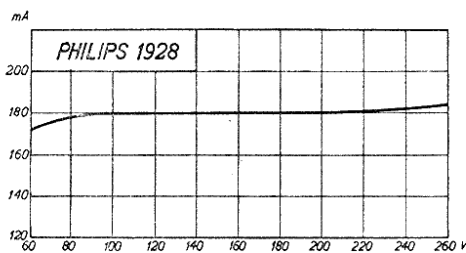
BEDEUTUNG VON A UND B	BEDEUTUNG VON C	
0 = schwarz	<i>Einzellinie</i>	<i>Doppellinie</i>
1 = braun		
2 = rot		
3 = orange	Braun = 0	5
4 = gelb	Rot = 00	50
5 = grün	Orange = 000	500
6 = blau	Gelb = 0000	5000
7 = violett	Grün = 00000	50000
8 = grau	Blau = 000000	500000
9 = weiss		

Nach diesem Farbencode wird z.B. ein Widerstand von 0,2 Megohm einen roten Körper mit schwarzem Endband und ein gelbes Körperband haben. Ein Widerstand von 50.000 Ohm hat einen grünen Körper, ein schwarzes Endband und ein oranges Körperband.

Durch die Anwendung des Farbencode gewinnt die Übersichtlichkeit der Montage und das Gesamtaussehen des Chassis noch ansehnlich.

Bemerkung zu dem Artikel über Philips Stromregulatorröhren 1927-1928 aus dem Monatsheft Dezember/Januar 1933.

Durch eine kleine Abänderung der Röhre 1928 ist es gelungen, die Charakteristik noch etwas zu verbessern. Wie ersichtlich, fängt der Regelbereich dieser Röhre jetzt ungefähr bei 85 V an, und die Röhre kann daher auch für niedrigere Netzspannungen, als früher angegeben, verwendet werden. Weil es immer ratsam ist, die Röhre 1928 zu verwenden an Stelle der 1927, die bei der angegebenen Höchstspannung selbstverständlich schwer belastet ist, ändert sich auch die Tabelle und wird diese jetzt wie hierunter angegeben.



Anzahl Röhren im Empfänger mit Skalenlampe	Regulatorröhre	
	1927	1928
	Netzspannung:	
2	75—140	130—245
3	95—160	150—264
4	115—165	170—264
5	135—170	190—264
6	155—175	210—264

BERICHTIGUNG. Im vorigen Monatsheft wurden Abb. 8 und 9 irrtümlich verwechselt. Bei Abb. 10 ist auf der waagerechten Achse eine Einteilung für 50, 100 und 200 H aufgetragen (50 H steht oben). Abb. 11 und 12 sind für $RS_d = 4$ bzw. $RS_d = 0,6$ berechnet.