

FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E.V.

Die Abschirmung von Zylinderspulen

Von

Manfred v. Ardenne.

Die in diesen Blättern gepflogene Erörterung über die zweckmäßigste Form allgemeinverständlicher Darstellungen hat die Schriftleitung zu dem folgenden Versuch veranlaßt: Die primitiv-praktischen Ausführungen erscheinen hier in der gewöhnlichen, üblichen Schrift, die mehr theoretischen Erklärungen und Ableitungen sind dagegen in *Kursiv-Schrift* (mit liegenden Buchstaben) gesetzt. Nun mag der Bastler, den nur der Bau und Betrieb eines Geräts interessiert, die kursiv erscheinenden Absätze überschlagen; der wissbegierige Funkfreund dagegen wird sich vielleicht gerade mit diesen Absätzen besonders eingehend und gründlich beschäftigen. Wir würden uns freuen, von unseren Freunden zu erfahren, ob sie diesen Weg für gangbar und diesen ersten Versuch für geglückt halten.

Hochfrequenzverstärker beliebiger Konstruktion müssen, wenn hohe Verstärkungsgrade stabil verwirklicht werden sollen, sorgfältig abgeschirmt sein, damit eine Selbsterregung infolge unerwünschter Rückkopplung vermieden wird. Vielfach werden die verschiedenen Verstärkerstufen in geschlossene Blechkästen eingebaut. Es kann jedoch eine Vereinfachung im Aufbau und eine Raumersparnis dadurch erzielt werden, daß Kondensatoren und Spulen einzeln gekapselt werden. Fabrikationstechnisch ist dieser Weg anscheinend der bessere und bei sorgfältig durchdachter Leitungsführung fast stets ausreichend. Während die Abschirmung des elektrischen Feldes der Kondensatoren sehr einfach ist und nur eine metallische, allseitig geschlossene und geerdete Umhüllung verlangt, in der größere Löcher vermieden sind — es genügen nicht zu weitmaschige Drahtnetze oder auch mit Stanniol beklebte Schutzkästen —, muß eine wirksame Spulenabschirmung besonderen Bedingungen genügen. Denn es liegt hier die Gefahr vor, daß bei falscher Anordnung die Abschirmung ungenügend ist oder infolge zu starker Wirbelströme große Dämpfungsverluste entstehen, die die Resonanzschärfe der Schwingungskreise herabsetzen. Daher sollen im folgenden die Gesichtspunkte besprochen werden, die bei der Abschirmung von Spulen beachtet werden müssen. Es genügt, hierfür die Verhältnisse bei Zylinderspulen zu beschreiben, da sie für eine Abschirmung geeigneter und auch einer genaueren Betrachtung leichter zugänglich sind.

Die Abschirmung magnetischer Wechselfelder geschieht bekanntlich dadurch, daß durch Wirbelströme ein Gegenfeld hervorgerufen wird, das das ursprüngliche Feld aufhebt. Da Wirbelströme aber infolge des Fehlens widerstandsloser Leiter stets mit Energieverlusten verbunden sind, so ist eine ganz verlustlose Abschirmung praktisch unmöglich. Versucht man sich über die Größe der zu erwartenden Verluste zu orientieren, so findet man in der einschlägigen Literatur zunächst scheinbar widersprechende Angaben. Zum Beispiel schreibt Zenneck (Drahtlose Telegraphie, 5. Auflage, 1925, S. 28) bezüglich der Dämpfungserhöhung

durch das Vorhandensein von Leitern im magnetischen Wechselfelde von Spulen: „Verdächtig sind stets die Belegungen von Kondensatoren, die wegen ihrer großen Fläche und geringen Dicke (sehr dicke Metallmassen sind weniger gefährlich) sehr bedeutende Wirbelstromverluste zur Folge haben können.“ Im Taschenbuch der Drahtlosen Telegraphie (herausgegeben von Banneitz, 1. Auflage, 1927) sagt L. Meyer auf Seite 314 über dasselbe Thema: „Diese induzierten Ströme und damit die Verluste werden um so größer, je höher die Leitfähigkeit und je größer die Masse der Metallteile und je enger die Kopplung ist. Bei allen Hochfrequenzanordnungen müssen alle solche benachbarten

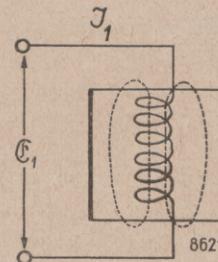


Abb. 1.

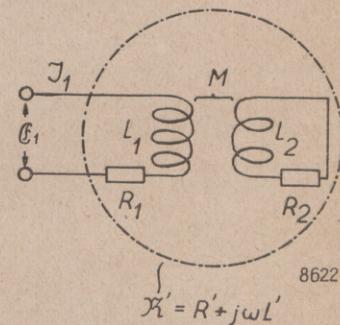


Abb. 2.

Metallmassen, in denen Wirbelströme entstehen können, sorgfältig vermieden werden.“ Eine Aufklärung über die Größe der zu erwartenden Verluste ist hieraus zunächst noch nicht zu erhalten. Als zweite Frage interessiert aber noch, ob und unter welchen Bedingungen eine praktisch ausreichende Abschirmung erzielt werden kann.

Das Abschirmproblem erscheint in einer relativ einfachen Form in dem speziellen Fall, daß eine Zylinderspule mittels eines Blechmantels abgeschirmt ist. Die Wirkung dieses Blechmantels wird am deutlichsten erkennbar, wenn dieser zunächst als ein an seinen Stirnseiten offener Metallzylinder angenommen wird, der nach Abb. 1 die Spule in einem Abstande umgibt. Offenbar ist hier die prinzipielle Anordnung eines Transformators gegeben, dessen Sekundärwicklung durch den in sich geschlossenen Blechzylinder gebildet wird, und es läßt sich alles Weitere sinngemäß aus dem Verhalten eines kurzgeschlossenen Transformators ableiten.

Das Ersatzschema dieser Anordnung ist in Abb. 2 wieder gegeben. Induktivität und Ohmscher Widerstand der Spule sind mit dem Index 1 (Primärwicklung) bezeichnet; dieselben Werte für den Abschirmzylinder (Sekundärwicklung) mit dem Index 2. Aus dem Ansatz der beiden Transformatorengleichungen wird in bekannter Weise der komplexe Widerstand R der Kombination in bezug auf die Primärklemmen

berechnet. Dann wird der resultierende Ohmsche Widerstand

$$R' = R_1 + R_2 \frac{\omega^2 M^2}{R_2^2 + \omega^2 L_2^2} \quad (1)$$

und die resultierende Induktivität

$$L' = L_1 - L_2 \frac{\omega^2 M^2}{R_2^2 + \omega^2 L_2^2}, \quad (2)$$

wobei M die gegenseitige Induktion bedeutet.

Aus den beiden Gleichungen ergibt sich, daß der Ohmsche Widerstand der abgeschirmten Spule erhöht, die Selbst-

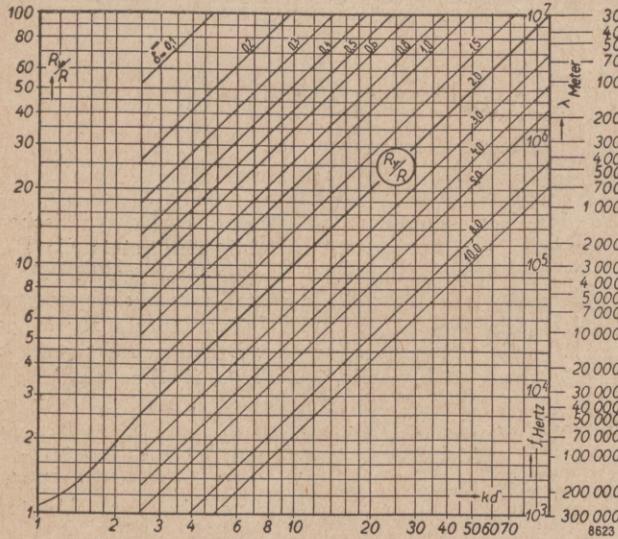


Abb. 3.

induktion dagegen verringert wird. Beide Veränderungen wirken also im Sinne einer Erhöhung des logarithmischen Dämpfungsdekrementes.

Das zweite Glied mit der rechten Seite der Gleichung (1) ist der bekannte Übertragungswiderstand, und der Faktor $\omega^2 M^2$ von R_2 ist das Quadrat des wirksamen, durch den Grad der Kopplung bedingten Übersetzungsverhältnisses. Es sei daran erinnert, daß dieser Faktor beim eisengeschlossenen Transformator, wo $M \approx L_1 \cdot L_2$ zu setzen ist, den Wert $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$ annimmt, wenn $\frac{N_1}{N_2}$ das Verhältnis der Windungszahlen bezeichnet.

Um die zusätzliche Widerstandserhöhung infolge der Ohmschen Verluste im Abschirmzylinder möglichst klein zu halten, muß zunächst der Widerstand R_2 desselben recht klein gemacht werden. Als Material ist daher zweckmäßig Kupfer zu wählen, und der Querschnitt der Abschirmung muß genügend groß sein. Bei näherer Betrachtung ergibt sich aber die überraschende Tatsache, daß es zwecklos ist, über bestimmte Blechstärken hinauszugehen. Die erforderliche Blechstärke ist abhängig von der Frequenz des abzuschirmenden Feldes. Dies ist darin begründet, daß infolge des Skineffektes der Strom nur auf der Innenseite des Abschirmzylinders verläuft und für jede Frequenz nur bis in eine bestimmte Tiefe eindringt, so daß die äußeren Metallschichten bei hinreichender Dicke stromlos bleiben. Damit ergibt sich, für eine gegebene Länge und einen gegebenen Durchmesser des Abschirmzylinders, bei einer bestimmten Frequenz ein Mindestwert des zu erreichenden Widerstandes R_2 , der nicht unterschritten werden kann. Die Blechstärke δ , die zur praktisch vollständigen Abschirmung notwendig und hinreichend ist, soll kurz berechnet werden.

Die Berechnung der Stromverteilung in einer unendlich ausgedehnten Platte von der Stärke δ infolge Stromver-

drängung ist bereits durchgeführt¹⁾ und kann mit genügender Genauigkeit auf den vorliegenden Fall angewendet werden. Denn, wie sich zeigen wird, ist der Zylindradius groß gegen die Dicke der Stromhaut, so daß die geringe Krümmung keine wesentliche Abweichung bedingt. Unter der Annahme, daß für die eine Grenzfläche die Feldstärke den Wert \mathfrak{H} und für die andere den Wert Null hat, ergibt sich für das Verhältnis des wirksamen Widerstandes R_v (infolge Stromverdrängung) zum Gleichstromwiderstand R der Ausdruck:

$$\frac{R_v}{R} = k\delta \frac{\sin 2k\delta + \sin 2k\delta}{\cos 2k\delta - \cos 2k\delta}.$$

Hierbei bedeuten δ die Blechstärke in cm und

$$k = \sqrt{2\pi\omega\sigma} = 2\pi\sqrt{f\cdot\sigma}$$

einen Faktor, der von der Frequenz f und der absoluten Leitfähigkeit σ ($\sigma_{cu} = 59 \cdot 10^{-5}$ sec/cm²) abhängt. Trägt man den Wert $\frac{R_v}{R}$ in Abhängigkeit von $k\delta$ auf, so ergibt sich die stark ausgezogene Kurve der Abb. 3. Für große Argumente $2k\delta$ verschwinden die trigonometrischen Funktionen gegen die hyperbolischen, gleichzeitig wird $\sin 2k\delta \approx \cos 2k\delta$ und man erhält für $k\delta \geq 2,5$ die Beziehung $\frac{R_v}{R} \approx k\delta$. Die Ungenauigkeit für $k\delta = 4$ ist bereits kleiner als $\frac{1}{1000}$.

Da der Gleichstromwiderstand R bei sonst unveränderten Abmessungen umgekehrt proportional der Blechstärke δ ist, so bedeutet eine mit δ proportionale Zunahme von $\frac{R_v}{R}$, daß etwa oberhalb $k\delta = 2,5$ der Widerstand R_v unabhängig von δ wird und damit bei gegebener Frequenz f (d. h. $k = \text{const}$) konstant bleibt.

Es gibt also, wie bereits oben angedeutet, für jede Frequenz einen Grenzwiderstand $R_{v,\min}$, der durch keine weitere Erhöhung der Blechstärke mehr herabgesetzt werden kann, wenn ein bestimmtes Material vorausgesetzt wird.

Für Kupfer kann für verschiedene Frequenzen f die zugehörige Mindestblechstärke δ in Millimeter der Tafel Abb. 3 entnommen werden.

Man suche auf der rechten senkrechten Achse die größte Wellenlänge bzw. kleinste Frequenz, die noch abgeschirmt werden soll, gehe auf der Horizontalen nach links bis zum Schnittpunkt mit der Senkrechten $k = 2,5$. Die durch diesen Schnittpunkt laufende schräge Linie gibt in Millimeter die Mindestblechstärke δ für gute Abschirmung. Für Meßzwecke, wo es auf alleräußerste Abschirmung kommt, wählt man als Senkrechte $k\delta = 4 \div 5$. Beispiel: Welche Blechstärke muß ein Abschirmzylinder aus Kupferblech besitzen, der eine Zylinderspule des Rundfunkwellenbereichs bis hinauf zu 700 m abschirmt soll? — Am Schnittpunkt der Linien $\lambda = 700$ m und $k = 2,5$ findet man eine schräge Linie, die den Wert $\delta = 0,3$ mm als die gesuchte Mindestblechstärke angibt. Wird äußerste Abschirmung gefordert, so wählt man $k = 4 \div 5$ und findet als maximale Blechstärke $\delta = 0,6$ mm. Eine größere Blechstärke ist für diese Wellenlänge zwecklos.

Denn $k\delta = 4 \div 5$ kennzeichnet etwa die größte Eindringtiefe des Stromes, der an dieser Stelle praktisch auf Null herabgesunken ist. Man erhält als größte Eindringtiefe etwa dieselben Werte, wie sie sich ergeben, wenn man die Stromverdrängung in einem geraden, kreisförmigen Draht mit Hilfe Besselscher Funktionen berechnet.

Aus der Tafel Abb. 3 erkennt man, daß die nötige Schirmdicke δ mit sinkender Frequenz außerordentlich ansteigt. Für $f = 1000$ Hertz wäre schon ein 10 mm starker Kupferzylinder anzuwenden. Die Wirbelstromabschirmung ist hier nicht mehr vorteilhaft. Daher wird man bei abzuschirmender Tonfrequenz zu „Eisenschirmen“ übergehen, die so gelegt werden, daß sie in Richtung des magnetischen Flusses

¹⁾ Vgl. z. B. Jaeger, Elektrische Meßtechnik, 2. Aufl., 1922, Seite 98.

liegen und diesen infolge ihrer großen magnetischen Leitfähigkeit in eine vorgeschriebene Bahn führen. Bei höheren Frequenzen bringt eine Eisenabschirmung größere Verluste als eine Kupferabschirmung. Für bestimmte Frequenzbereiche dürfte eine Kombination von Eisen und Kupferabschirmen vorteilhaft sein. Es ist klar, daß bei Gleichstrom jede Schirmwirkung des Kupfers aufhört.

Der wirksame Widerstand eines Abschirmzylinders kann mit Hilfe der gegebenen Beziehungen leicht errechnet werden. Für praktische Fälle kann die Tafel Abb. 4 benutzt werden. Es sei l_2 die Länge, d_2 der Durchmesser des Kupferzylinders; dann wird für eine bestimmte Wellenlänge λ in Meter bei ausreichender Blechstärke δ der wirksame Grenzwiderstand

$$R_{v \min} = \frac{\pi d_2}{57 \cdot l_2} k \cdot 10^{-4} \text{ Ohm} = F(\lambda),$$

d. h. nur noch eine Funktion von λ , falls das Verhältnis $\frac{d_2}{l_2} = \frac{2}{3} = \text{const}$ angenommen wird. Dies entspricht etwa den praktischen Verhältnissen.

Der Mindestwert der Blechstärke ist jeweils nach der Tafel Abb. 3 für dieselbe Wellenlänge und $k\delta \geq 2.5$ zu wählen. Die absolute Größe des Zylinders spielt, wenn eine gleichmäßige Stromverteilung über die ganze Länge angenommen wird, keine Rolle. Für andere Werte $\frac{d_2}{l_2}$ kann $R_{v \min}$ im entsprechenden Verhältnis leicht umgerechnet werden.

Aus den beiden Gleichungen (1) und (2) ergibt sich, daß von R_2 und L_2 gleiche Bruchteile auf die Primärspule übertragen werden, und zwar als Widerstandserhöhung und als Selbstinduktionsverminderung. Maßgebend ist im wesentlichen das Quadrat der gegenseitigen Induktion M zwischen Spule und Abschirmzylinder.

Für möglichst geringe Dämpfung wird man daher M recht klein zu halten versuchen, d. h. den Durchmesser der Abschirmung groß gegen den Spulendurchmesser. Praktisch macht man den Zylinderdurchmesser etwa gleich dem 1,7- bis 2fachen Spulendurchmesser. Werden mehrere abgeschirmte Spulen parallel nebeneinander gesetzt, so findet

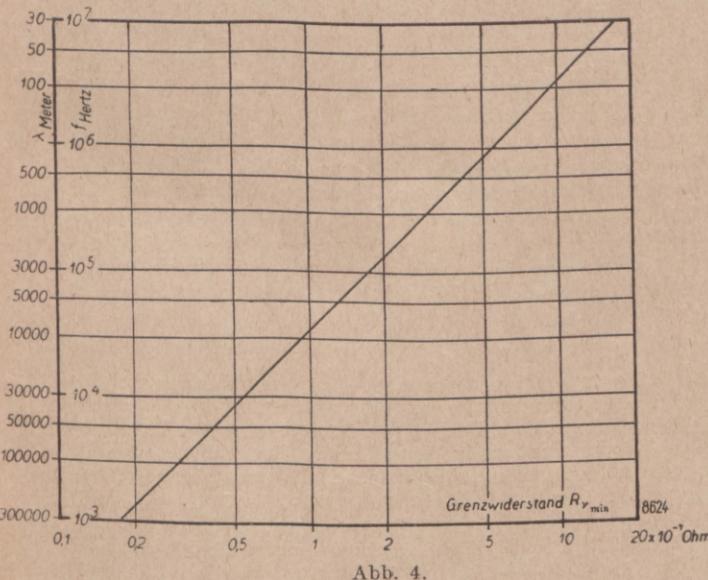


Abb. 4.

bei beiderseits offenem Abschirmzylinder nach dem Gesagten eine gegenseitige Einwirkung nicht mehr statt. Die magnetischen Feldlinien biegen aus dem Innern der Spule in kurzen Bögen in den Zwischenraum zwischen Spule und Abschirmzylinder ein, wie dies in Abb. 1 gestrichelt ange deutet ist. Sie treten daher, wenn der Abschirmzylinder nicht sehr lang ist, etwas über die Grundflächen des Zylinders hinaus, d. h. es ist in unmittelbarer Nähe der Grundfläche eine geringe Streuung zu erwarten. Man wird daher Leitungen nicht gerade hier vorbeiführen. Lassen sich Lei-

tungen an dieser Stelle nicht vermeiden, dann empfiehlt es sich, den Zylinder mit Boden und Deckel zu versehen. In diesem Fall ist darauf zu achten, daß Boden und Deckel genügend Abstand von den letzten Spulenwindungen haben, damit der Querschnitt des Spulenflusses zwischen Spulenende und Zylinderboden nicht gegenüber dem übrigen Weg verringert wird und nicht weitere Wirbelstromverluste hervorgerufen werden. Die letzte Spulenwindung soll daher

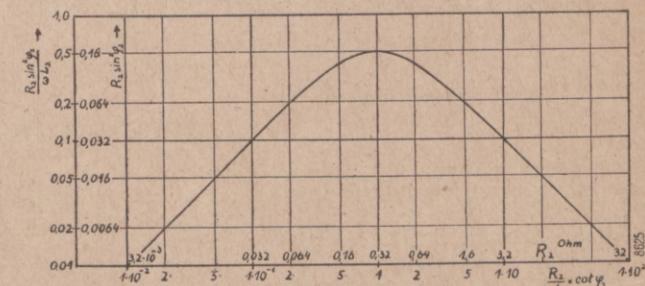


Abb. 5.

von dem Boden mindestens den Abstand haben, den der Blechzylinder von der Wicklung hat, besser aber noch mehr.

Schließlich sei noch gefragt, welche Folgen eine Erhöhung des Widerstandes R_2 hat, sei es, daß schlecht leitendes Material für die Abschirmung verwendet wird, sei es, daß die Stoßstellen der Abschirmung schlecht oder gar nicht verlötet sind. Setzt man in den Formeln (1) und (2) die Werte $\text{tg } \varphi_2 = \frac{\omega L_2}{R_2}$ und $K = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}$ ein, so erhält man

$$R' = R_1 + R_2 \frac{L_1}{L_2} K^2 \sin^2 \varphi \quad (1')$$

und

$$L' = L_1 - L_1 K^2 \sin^2 \varphi. \quad (2')$$

Bei gegebenen Spulen und Zylinderabmessungen sind L_1 und L_2 als konstant zu betrachten. Wird jetzt R_2 gegen ωL_2 , d. h. $\cot \varphi_2$ größer, so steigt der übertragene Verlustwiderstand proportional $R_2 \sin^2 \varphi$ an und erreicht ein Maximum, wenn $R_2 = \omega L_2$ geworden ist. Gleichzeitig wird die Selbstinduktionsverminderung proportional $\sin^2 \varphi$ größer, da ja dem Felde mehr Energie entzogen wird und nicht mehr zurückwandern kann. Wird R_2 größer als ωL_2 , so nimmt, gewissermaßen infolge schlechter Anpassung, der Ohmsche Widerstand wieder ab, die resultierende Induktivität steigt wieder ab, aber die Schirmwirkung sinkt und wird für $R = \infty$ ganz zu Null: Das Feld erstreckt sich bei geschlitztem Abschirmzylinder wieder bis ins Unendliche. Allerdings ist hierbei angenommen, daß der Abschirmzylinder nicht länger als die Spule, und daß er parallel zu den Feldlinien verläuft, also etwa eine Tonnenform besitzt. Andernfalls würde nämlich doch noch ein Teil der Feldlinien durch das Blech treten und dort lokale Wirbelströme mit entsprechenden Verlusten hervorrufen.

Der eben besprochene Verlauf des Wertes $R_2 \sin^2 \varphi$, der ein Maß bildet für die Verluste der Abschirmung in Abhängigkeit von dem Wert R_2 , ist in Abb. 5 wiedergegeben. Die äußere Bezeichnung ist bezogen auf den jeweilig festliegenden Wert $\omega = L_2$; sie gilt daher ganz allgemein. Die innere Bezeichnung gibt die Werte für einen speziellen Fall, bei dem ein Blechzylinder von $l_2 = 15 \text{ cm}$ und $d_2 = 10 \text{ cm}$ angenommen war. L_2 errechnet sich nach den Formeln der Handbücher, z. B. der Formel von Rayleigh zu $L_2 = 51 \text{ cm}$. Für $\lambda = 300 \text{ m}$ wird dann $\omega L_2 = 0.32 \text{ Ohm}$.

Mit Benutzung dieses Wertes wurde für verschiedene Werte R_2 (innere Bezeichnung der Abszissenachse) der zugehörige Wert $R_2 \sin^2 \varphi$ errechnet. Das Maximum des Übertragungswiderstandes wird erreicht, wenn der Zylinder einen Widerstand $R_2 = \omega L_2 = 0.32 \text{ Ohm}$ besitzt. Der tatsächliche Widerstand des geschlossenen Kupferzylinders ist für $\lambda = 300 \text{ m}$ nach Tafel Abb. 4 $R_2 = R_{v \min} = 5.62 \cdot 10^{-4}$ unmittelbar abzulesen, da $\frac{d_2}{l_2} = \frac{2}{3}$. Man erkennt, daß dieser Punkt noch weiter links auf dem absteigenden Ast der Kurve Abb. 5 liegt. Um den tatsäch-

lichen Übertragungswiderstand zu errechnen, wäre diese Art nach Formel (1') noch mit $K^2 \frac{L_1}{L_2}$ zu multiplizieren. Die erforderliche Blechstärke wird der Abb. 3 entnommen und beträgt für $\lambda = 300$ m und $k \delta \geq 2,5$ etwa 0,2 bis 0,5 mm.

Bei der Betrachtung der Abb. 5 klären sich jetzt auch die scheinbaren Widersprüche der eingangs angeführten Literaturstellen auf.

Es kann deshalb zusammenfassend gesagt werden: Leiter in einem magnetischen Wechselfelde verursachen Dämpfungsverluste, wenn mit den Feldlinien verketzte Ströme

— Wirbelströme — sich ausbilden können. Bei gegebener räumlicher Anordnung sind die Verluste relativ klein, falls der Ohmsche Widerstand der Strombahnen für die Wirbelströme $R_2 = R_{v \min}$ sehr klein oder sehr groß ist gegen den wirksamen induktiven Widerstand der Strombahnen ωL_2 . Sie werden ein Maximum, wenn Ohmscher und induktiver Widerstand einander gleich sind. Die absolute Größe der Verluste ist proportional dem Verhältnis und induktiver Widerstand einander gleich sind. Die absolute Größe der Verluste ist proportional dem Verhältnis $\frac{M^2}{L_2}$.

Mathematik oder nicht?

In Heft 50 des „Funk“ finde ich einige interessante Briefe, deren Verfasser sich mit der obigen Frage auseinanderzusetzen versuchen und dabei zu ganz entgegengestzten Ergebnissen kommen. Da diese Angelegenheit durch die Aufsatzerie „Vom Mikrophon bis zum Lautsprecher“ wieder akut geworden ist, so seien mir hierzu einige Bemerkungen gestattet.

Zunächst muß ich mit Walter Fr. Müller die Frage aufwerfen: Für wen ist der Funk-Bastler bestimmt? Will er dem stetigen Fortschritt seiner Leser und der Technik Rechnung tragen oder eine ewige Anfängerzeitschrift sein? Ewig deshalb, weil ja immer größere Kreise und der Nachwuchs in die Geheimnisse der Drahtlosen eingeführt werden wollen. Diese beiden Aufgaben ausgiebig in einer Zeitschrift behandeln zu wollen, wäre zumindest eine undankbare Sache, da sich immer ein Leser auf Kosten des anderen benachteiligt fühlen könnte. Erfreulicherweise gibt die Schriftleitung des „Funk“ auf diese Fragen selbst die Antwort, indem sie in der Kopfbemerkung in Heft 50 schreibt: . . . die Zeitschrift soll für die Zeit, aus der Zeit entstehen, — Wenn also für neue Interessenten im „Funk-Bastler“ eine Aufsatzerie „Für den Anfänger“ mitläuft, so ist das immerhin ein beachtliches Entgegenkommen für diese.

Unbestritten sei allerdings, daß für den weitaus größten Teil der Leser mathematische Formeln höllisches Feuer sind, die einem weiteren Eindringen in die Materie energisch Halt gebieten. Ich kann wohl nachfühlen, wie einem Laien zumute ist, wenn er in einem Anfängeraufsatzen eine Gleichung $T : T = \sqrt{C} : \sqrt{L} = \sqrt{C} : \sqrt{L}$ findet.

Und trotzdem, es geht nicht ohne Mathematik, da sie ja das technische Einmaleins ist. Wie wollen die Gegner dieser Ansicht beispielsweise einem Menschen mit Erfolg Harmonielehre beibringen, wenn dieser keine Note kennt und auch nicht lernen will? Wer für die Funktechnik so große Zuneigung gefaßt hat, daß er beschließt, ihren inneren unsichtbaren Zusammenhängen nachzuforschen, der muß sich auch das Rüstzeug hierzu verschaffen. Jede Formel aus den Aufsätzen zu verbannen hieße, aus einer technischen Zeitschrift eine Fibel machen. Es geht auch nicht ohne Mathematik, wenn sich die Autoren nicht ins Bodenlose verlieren sollen.

Wenn jemand in der Wissenschaft zu Hause ist und tagtäglich Probleme wälzt, kann man von ihm nicht gut verlangen, daß er Artikel schreibt, die für jeden Quartaner ohne weiteres verständlich sind, denn dafür ist das Niveau zu hoch, von dem aus er den Sprung ins Neuland wagt. Einige von den Mitarbeitern des „Funk“, die mir bekannt sind — unter ihnen auch Herr Reppisch, der Verfasser der Aufsätze für den „Anfänger“ —, setzen als reine Fachleute bei den Lesern zuviel voraus, ja, sie müssen es vielfach sogar, um das zu sagen, worauf es ankommt. Es ist für diese Herren sehr schwer, wenn nicht unmöglich, ihre eigenen Aufsätze zu lesen und sich dabei in die Rolle eines von keinerlei Sachkenntnis beschwerten Laien zu versetzen. Das gilt nicht nur für die Anfänger, sondern für den Funk-Bastler allgemein.

Hier möchte ich den Herren Verfassern vorschlagen, sich mit einem Funkfreund, der wohl bewandert, jedoch nicht vom Bau ist, in Verbindung zu setzen und mit diesem an Hand des Manuskriptes die Arbeit zu korrigieren¹⁾. Sie

wird dann vielleicht etwas länger, bestimmt aber für die Allgemeinheit verständlicher, wie Versuche bewiesen haben.

Auch bei diesem Verfahren muß man von den Lesern gewisse mathematische Kenntnisse verlangen, die aber mit Lust und Liebe zur Sache bald anzueignen sind. Es braucht durchaus nicht höhere Mathematik zu sein, wie Fr. Weyding schreibt. (Die einfache Schreibweise 10^3 für $10 \times 10 \times 10$ gehört auch nicht dazu.) Differential- und Integralrechnung ist für den Fachmann. Wenn sich der Laie zu seinem Vorteil und Vergnügen bis zu den trigonometrischen Funktionen durchgearbeitet hat, genügt das vollauf; aber hier ist der springende Punkt.

Es gibt meines Wissens kein Lehrbuch der Mathematik zum Selbstunterricht für Funkfreunde in engster Anlehnung an die Funktechnik und mit praktischen Übungen aus dieser. Die Einrichtung von Lehrkursen in den Ortsgruppen scheint sich nicht recht zu empfehlen; jedenfalls habe ich es verschiedentlich mit negativem Erfolge versucht. Das liegt m. E. daran, daß die Teilnehmer hierbei immer an Zeit und Ort gebunden sind, während ein entsprechendes Buch jederzeit und überall benutzt werden kann. Die augenblicklich vorhandenen Bücher behandeln aber den Stoff entweder absolut oder in Anlehnung an einen Berufszweig. Hier könnte der Verlag des „Funk“ durch Herausgabe eines Buches oder Sonderdruckes die von F. G. v. Alizar beanstandete „Lücke“ ausfüllen, indem er den nach Erkenntnis ringenden Funkliebhabern Gelegenheit gibt, sich mit mathematischem Elementarwissen anzureichern. Je mehr solches Allgemeingut wird — was nicht nur dem Verständnis der Funktechnik zugute kommt —, je kürzer und doch inhaltsreicher können die Artikel in der Zeitschrift werden, je leichter sind die Ausführungen wissenschaftlicher Autoren zu verstehen.

Man müßte meinen, heute, im Zeitalter der Denksportaufgaben, kann es eigentlich nicht so schwer sein, Radioamateure und solche die es werden wollen, für den mathematischen Sport zu begeistern, zumal dieser, bei geeigneter Behandlung des Stoffes, durchaus nicht so trocken ist, wie seine geschworenen Gegner bei jeder Gelegenheit behaupten.

O. v. Malotki.

Amerikaempfang in Europa. Der Großgrundfunksender Hartford (Rufzeichen WTIC), der gegenwärtig im Bau ist, wird auf einem Berge in der Nähe der Stadt errichtet. Man hofft, daß der Sender, der eine Leistung von 50 kW erhält, eine besonders große Reichweite haben und unter Umständen auch in Europa gut aufzunehmen sein wird.

durchgeführt: sein Manuskript wurde absichtlich Nichtfachleuten zur Durchsicht gegeben, wurde auf Grund ihrer Fragen und Beanstandungen umgearbeitet, dann nochmals auf technische Einwandfreiheit geprüft, zum drittenmal korrigiert und endlich veröffentlicht. Aber der Fachmann, Herr Reppisch, wehrte sich lebhaft und leidenschaftlich gegen „schiefe Vergleiche“, die wir zum besseren Verständnis für notwendig erachteten, und in stundenlangen Konferenzen wurde schließlich ein „Kompromiß“ geschaffen, das vielleicht den Wünschen vieler Leser entgegenkommt, auf der andern Seite jedoch allerlei Mängel aufweist, und das — vor allem andern — eine Riesenarbeit und Engelsgeduld auf allen Seiten erfordert, nicht zuletzt allerdings auf jener — der Leser. Diese gewissenhafte Redaktionsarbeit ist auch der Grund, daß die Fortsetzungen dieser Aufsatzerie in so langen Zwischenräumen erscheinen.

¹⁾ Genau nach diesem Vorschlag hat die Schriftleitung des „Funk“ die Drucklegung der Aufsätze von Hans Reppisch

Kurzwellenempfang mit Überlagerungsempfängern

Von

Dipl.-Ing. L. Egyed.

Immer mehr häuft sich die Zahl der Sender, die auf Kurzwellen Telephonie senden, und in nicht zu langer Zeit werden auch wir in Deutschland unseren Groß-Kurzwellensender haben. Die Bestrebungen nach der Schaffung eines Kurzwellenempfängertyps, der ähnlich den für den Rundfunkbereich schon zur Norm gewordenen Fünf- bis Sechsröhrengärtneren auch unter schwierigen Umständen beliebig starken Lautsprecherempfang von fernern und schwachen Sendern zu erreichen gestattet, sind also durchaus zeitgemäß und gerechtfertigt. Die Empfindlichkeit von solchen Geräten muß so groß sein, daß hinter dem Audion unter allen Umständen guter Kopfhörerempfang, der niedrfrequent noch beliebig verstärkt werden kann, erzielt wird, andererseits muß aber die Bedienung einfach und leicht zu erlernen sein und darf keinesfalls durch kritische Einstellungen erschwert werden. Erst durch ein Empfangsgerät, das diesen Bedingungen entspricht, würde auch der Kurzwellenrundfunk weitesten Kreisen zugänglich gemacht werden können, so wie es gegenwärtig mit den üblichen Rundfunkarbeiten der Fall ist.

Vielfach ist die Ansicht verbreitet, daß für Kurzwellenempfang ein rückgekoppeltes Audion vollauf genüge. Sicher leistet ein solches Gerät in der Hand des geübten Amateurs hervorragende Dienste, doch ist seine Einstellung kritisch, da, um die gewünschte Empfindlichkeit zu erhalten, hart an der Schwinggrenze gearbeitet werden muß, wobei trotzdem die erreichte Lautstärke für gewöhnlich nicht ausreichend ist, und meistens zwei Niederfrequenzstufen angeschaltet werden müssen, um beim Empfang von schwächeren Sendern zu brauchbarer Kopfhörerlautstärke zu gelangen. Auch ist die Gefahr, daß ein in Eigenschwingungen geratenes Rückkopplungsaudion durch Strahlung allen benachbarten Hörern jeden Genuss verleidet, besonders groß. Ebenso wie das Audion als Rundfunkempfänger Geräten mit mehrstufiger Hochfrequenzverstärkung weichen mußte, wird es sich auch als Kurzwellengerät eine vorhergehende hochfrequente Verstärkung der ankommenden Empfangsenergie gefallen lassen müssen.

Eine direkte Hochfrequenzverstärkung von Wellen unter 100 m ist zwar prinzipiell auf ganz analoge Weise wie die der mittleren und langen Wellen möglich, ist aber in der praktischen Ausführung sehr schwierig und erfordert jedenfalls einen Aufbau, der von dem bisher üblichen wesentlich abweicht. Viel einfacher führt ein anderer Weg zum Ziele, der sich auch beim Empfang der mittleren Wellen vorzüglich bewährt hat, und welcher in dem bekannten Prinzip des Transponierungsempfanges besteht. Überdies hat dieser Weg den großen Vorteil, daß für den Empfang von kurzen Wellen kein besonderes Gerät notwendig ist, daß vielmehr dasselbe Gerät für den Empfang sämtlicher Wellen bis zu 2000 m geeignet gemacht werden kann. Denn der Zwischenfrequenzverstärker, der den Hauptteil jedes Transponierungsempfängers bildet, kann, sofern er an sich tadellos ist, ohne weiteres verwendet werden, und es ist nur zu beachten, daß die Eingangsschaltung des Gerätes eine Änderung erfahren muß, da die bisher bekannten Eingangsschaltungen einen Mangel aufweisen, welcher sie für Kurzwellenempfang unbrauchbar macht.

Durch folgende Betrachtungen wird dies klar: Das Bestreben in der Entwicklung der modernen Superhet-Eingangsschaltungen ging bisher schon dahin, bei einer genügend starken Überlagerungswirkung eine möglichst vollkommene Entkopplung des Oszillatorkreises vom Rahmenkreise zu erreichen. Dies hatte zunächst nur den Zweck, die beiden Abstimmkreise voneinander unabhängig zu machen, und das durch die bisherigen Schaltungen erreichte Maß der Ent-

Kopplung genügte auch hierfür. Bei Kurzwellenempfang macht sich jedoch eine andere Folge der immer noch vorhandenen Kopplung der beiden Kreise bemerkbar und verleiht meistens jeden Empfang. Man bemerkt nämlich stets beim Durchdrehen der Abstimmkondensatoren, sowie im Rahmen- und im Oszillatorkreis nahezu Wellengleichheit erreicht ist, ein mehr oder weniger scharfes knackendes Geräusch, das sich beim Weiterdrehen nach Überschreiten der Wellengleichheit wiederholt, und das seinen Grund darin hat, daß der Rahmenkreis bei übereinstimmender Einstellung der beiden Kreise dem Oszillatorkreis so viel Energie entzieht, daß in diesem die Schwingungen sehr geschwächt werden und oft sogar abreissen. In der Zone zwischen den beiden knackenden Geräuschen, in der die Absorption stattfindet, ist keinerlei Empfang möglich. Natürlich tritt dies auch beim Empfang der mittleren und langen Wellen in Erscheinung und ist jedem, der mit Überlagerungsgeräten gearbeitet hat, wohl bekannt. Denn diese Absorption verhindert, wie nachfolgende Überlegungen zeigen werden, nicht nur den Empfang von kurzen Wellen,

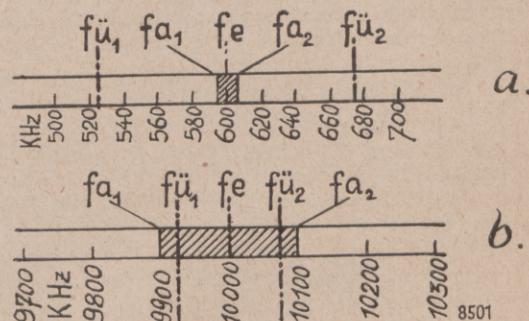


Abb. 1.

sondern wirkt oft auch schon auf den kürzeren Rundfunkwellen äußerst störend.

Nehmen wir beispielsweise an, daß wir einen Sender, der auf der Welle $\lambda_e = 500$ m, also mit einer Frequenz $f_e = 600\,000$ Hertz sendet, empfangen wollen. Ist unsere Zwischenfrequenz $f_z = 75\,000$ Hertz ($\lambda_z = 4000$ m), so benötigen wir eine Überlagererfrequenz von

$$f_{ü1} = f_e - f_z = 525\,000 \text{ Hz} \text{ oder}$$

$$f_{ü2} = f_e + f_z = 675\,000 \text{ Hz}.$$

Nehmen wir an, eine schädliche Einwirkung des Rahmenkreises auf den Oszillatorkreis finde erst statt, wenn beide Kreise bis auf ± 1 v. H. in der Frequenz übereinstimmen. Dann würde innerhalb der beiden Oszillatorkreisabstimmungen

$$f_{a1} = f_e - \frac{f_e}{100} = 594\,000 \text{ Hz} \text{ und}$$

$$f_{a2} = f_e + \frac{f_e}{100} = 606\,000 \text{ Hz}$$

Absorption vorhanden und somit kein Empfang möglich sein, was jedoch, wie wir sehen, den ordnungsgemäßen Empfang von f_s nicht beeinträchtigt.

Beim Empfang von kurzen Wellen gestalten sich hingegen die Verhältnisse bei Beibehaltung derselben Zwischenfrequenz $f_z = 75\,000$ Hertz folgendermaßen:

Die zu empfangende Welle sei $\lambda_e = 30$ m, habe also die Frequenz $f_e = 10\,000\,000$ Hertz. Also ist

$$f_{ü1} = f_e - f_z = 9\,925\,000 \text{ Hz} \text{ oder}$$

$$f_{ü2} = f_e + f_z = 10\,075\,000 \text{ Hz}.$$

Der Absorptionsbereich erstreckt sich unter den gleichen Voraussetzungen wie vorhin von

$$f_{a1} = f_e - \frac{f_e}{100} = 9900000 \text{ Hz bis}$$

$$f_{a2} = f_e + \frac{f_e}{100} = 10100000 \text{ Hz.}$$

Wir sehen also, daß ein Empfang der Welle $\lambda_e = 30 \text{ m}$ unter den hier gestellten Bedingungen nicht mehr möglich

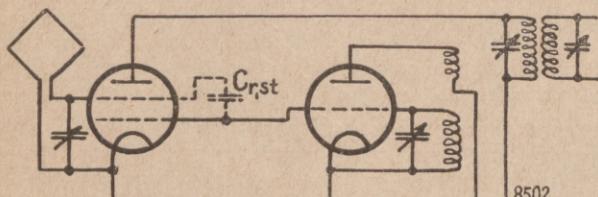


Abb. 2.

ist, da die notwendigen Überlagererfrequenzen der Empfangsfrequenz so naheliegen, daß sie bereits in den Absorptionsbereich fallen. Die Abb. 1 veranschaulicht dies, und zwar gilt die Abb. 1a für $\lambda_e = 500 \text{ m}$ und die Abb. 1b für $\lambda_e = 30 \text{ m}$. In der Mehrzahl der Fälle sind jedoch diese Voraussetzungen viel zu günstig getroffen, denn der Absorptionsbereich beträgt gewöhnlich weit mehr als 1 v. H. Dann sind, wie schon oben bemerkt wurde, nicht einmal die kurzen Rundfunkwellen zu empfangen.

Bei der Doppelgitter-Mischröhren-Eingangsschaltung sowohl in der Form, bei der die Mischröhre selbst als Oszillatorkreis benutzt wird, als auch in der Form, bei der die örtlichen Schwingungen von einer besonderen Schwingröhre geliefert werden, und auf welche beiden, im Wesen gleichen Schaltungen sich die Untersuchungen des Verfassers¹⁾ besonders erstreckten, konnte als Ursache der obenbeschriebenen schädlichen Kopplung der beiden Abstimmkreise die Kapazität zwischen Raumladungs- und Steuergitter der Mischröhre gefunden werden, abgesehen natürlich von einer direkten elektromagnetischen Kopplung des Rahmens mit der Schwingspule, die bei Superhets normaler Bauart stets vorhanden ist, und gegen welche sich eine vollständige metallische Kapselung des Oszillatorkreises als am wirksamsten erwiesen hat. Die Abb. 2 zeigt die als Lardelli-Schaltung bekannte Eingangsschaltung der erwähnten Art. Die Kapazität $C_{r,st}$ ist es also, welche die hier erwähnten Kopplungen hervorruft. Es sei bemerkt, daß diese Kapazität für die Überlagerungswirkung in der Mischröhre keinerlei Bedeu-

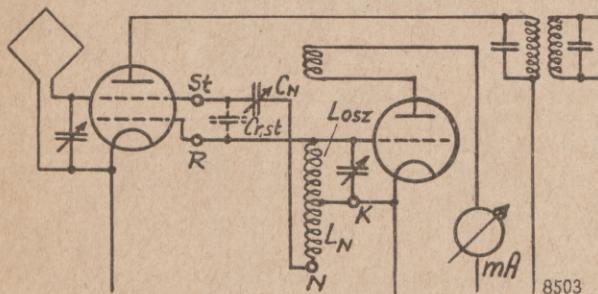


Abb. 3.

tung hat. Die Überlagerung findet vielmehr lediglich durch Beeinflussung des von der Kathode der Anode zustrebenden Elektronenstromes statt.

Nun wissen wir von den Neutrodynegeräten her, daß die Wirkung einer schädlichen Kapazität mit Hilfe einer geeigneten Brückenschaltung kompensiert werden kann. Die Abb. 3 zeigt, wie dieses Mittel im vorliegenden Falle an-

zuwenden ist. An die Induktivität L_{osz} des Oszillatorkreises wird eine genau gleiche Induktivität L_N möglichst fest angekoppelt. Am Ende von L_N , am Punkte N, entsteht so eine Wechselspannung gegen K, die gleich groß, aber von entgegengesetzter Phase ist, wie die an dem Punkte R bestehende. Über das Neutrodon C_N wird diese Spannung dem Steuergitter im Punkte St zugeführt. Die Schaltung kann, wie dies in Abb. 4 geschehen ist, auf eine bekannte Brückenanordnung zurückgeführt werden. Da L_N mit L_{osz} sehr fest gekoppelt ist, können wir die die Brücke erregende Spannung als zwischen den Punkten R und N angreifend denken. Die Brücke ist dann im Gleichgewicht, d. h. zwischen den Punkten St und K herrscht keine Spannung, oder der Oszillatorkreis wird vom Rahmenkreis nicht mehr beeinflußt, wenn $C_N = C_{r,st}$ ist.

Tatsächlich ist es möglich, mit dieser Anordnung eine fast vollkommene, jedenfalls aber unbedingt genügende Entkopplung der beiden Schwingungskreise zu erreichen. Folgender Versuch, der zugleich zur richtigen Einstellung des Neutrodons führt, zeigt dies. Wenn wir den Drehkondensator des Oszillatorkreises auf einen gewissen Wert einstellen, zunächst das Neutrodon auf Null stellen und den Rahmenkreiskondensator ganz langsam durchdrehen, so können wir das erwähnte doppelte Knacken feststellen. Vergrößern wir die Neutrodonkapazität allmählich, so wird das Knacken immer schwächer, bis es gänzlich verschwindet. Vergrößern wir das Neutrodon noch weiter, so tritt das Knacken wieder in Erscheinung. In der Mitte zwischen den Einstellungen, wo das Knacken verschwindet und wieder erscheint, liegt die richtige Einstellung des Neutrodons.

Mit Hilfe eines Milliamperemeters, das nach Abb. 3 in den Anodenkreis des Oszillators eingeschaltet wird, besteht die Möglichkeit, die Verringerung der schädlichen Kopplung objektiv festzustellen. Die Abb. 5 zeigt eine Kurve, die hierbei erhalten wurde. Es wurde in Abhängigkeit von der Neutrodonstellung jeweils der Rückgang der Ausschläge des Instrumentes beim Durchdrehen des Rahmenkreises durch die Resonanzlage des Oszillatorkreises aufgetragen. Dieser Rückgang des Anodenstromes kann als ein Maß für die Abnahme der Schwingungsamplituden des Oszillatorkreises infolge der Absorption durch den Rahmenkreis und also auch als Maß für diese Absorption selbst aufgefaßt werden. Aus der Kurve ist ersichtlich, daß die Beeinflussung des einen Kreises durch den anderen mit Hilfe der hier beschriebenen Neutralisierung der Kopplungskapazität auf weniger als 5 v. H. heruntergedrückt werden kann, ferner daß die Einstellung des Neutrodons keinesfalls kritisch ist. Schon bei der Stellung a (siehe Abb. 5) verschwindet das vorher beschriebene Knacken. Doch ist es vorteilhaft, dem Neutrodon die tatsächlich optimale Größe b zu geben, da hierbei noch ein anderer, sehr wesentlicher Vorzug der neuen Schaltung in Erscheinung tritt. Durch die weitgehende Entkopplung der beiden Schwingungskreise wird das Übertreten von Schwingungen aus dem Oszillatorkreis in den Rahmenkreis verhindert. Tatsächlich zeigen Versuche, daß, während bei mangelnder Neutralisation vom Rahmen recht kräftige Schwingungen in den Raum ausgesandt werden, die mit einem in der Nähe aufgestellten Empfänger leicht nachgewiesen werden können, bei richtiger Einstellung der Neutralisation die ausgesandte Schwingungsenergie ganz wesent-

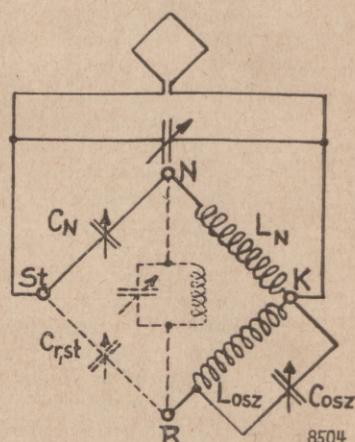


Abb. 4.

¹⁾ Alle diese Untersuchungen wurden in den Schaleco-Laboratorien, Berlin, durchgeführt.

lich geschwächt ist und praktisch nicht mehr als Störung empfunden werden kann. Diese Eigenschaft der neutralisierten Eingangsschaltung wird man insbesondere beim Arbeiten mit Hochantenne zu schätzen wissen.

Die bisherigen Betrachtungen bezogen sich nur auf die in Abb. 3 dargestellte Schaltung mit besonderer Oszillatroröhre. Natürlich ist bei der einfachen Doppelgittermischröhrenschaltung, wie sie in Abb. 6 dargestellt ist, auch eine ebenso wirksame Kompensation der schädlichen Kopplungskapazität möglich. Abb. 6 zeigt, wie dies zu geschehen hat. Die Verhältnisse sind hier deshalb unübersichtlicher, weil durch L_{OSZ} auch in der Rückkopplungsspule L eine Wechselspannung induziert wird, welche im Verein mit der stets vorhandenen inneren Röhrenkapazität $C_{a,st}$, die zwischen der Anode und dem Steuergitter der Röhre besteht, eine Rückwirkung auf das Steuergitter der Röhre ausübt. Unter besonders günstigen Umständen, wenn nämlich L_{OSZ} , L_r , $C_{a,st}$ und $C_{r,st}$ sowie die Kopplung zwischen L_{OSZ} und L_r die notwendigen Werte erreichen, kann eventuell auch ohne Zuhilfenahme einer besonderen Neutralisationswicklung eine richtige Kompensation erreicht werden.

Es wurde schon erwähnt, daß die völlige Kompensation der Kopplung der beiden Schwingungskreise nur dann einwandfrei erreicht werden kann, wenn keinerlei direkte Beeinflussung der Induktivitäten der beiden Kreise stattfindet, und daß deshalb eine vollkommene metallische Abschirmung des Oszillators unerlässlich ist. Leicht und einwandfrei kann dies bei Verwendung eines Schaleco-Allwellen-Oszillators erreicht werden. Dieser Allwellen-Oszillator enthält in einem allseitig geschlossenen Aluminiumkasten sämtliche für die hier beschriebene Eingangsschaltung notwendigen Teile, insbesondere Spezialspulen mit Neutralisationswicklung, umschaltbar von 200 bis 2000 m und auswechselbar von 20 bis 100 m, sowie ein von außen einstellbares Neutrodon. Ein mit diesem Oszillator gebautes Gerät ist in der Bedienung besonders einfach und angenehm, da infolge der Verwendung von parallel laufenden Trommelskalen beide Dreh kondensatoren mit einer Hand betätigt werden können und die eingangs beschriebenen Knack- und Ziehgeräusche nach erfolgter Neutralisation auf allen Wellenbereichen verschwinden. Wichtig ist auch, daß bei diesem Allwellen-Oszillator

Rahmenkreis einwirkt, und deren Anode von den Oszillatorschwingungen beeinflußt wird. Der hierdurch sicherlich mit einfachen Mitteln erreichbare Vorteil, daß infolge der verschwindend kleinen Gitter-Anoden-Kapazität in der Röhre keine merkbare Kopplung der beiden Schwingungskreise stattfinden kann, wird dadurch hinfällig gemacht, daß es

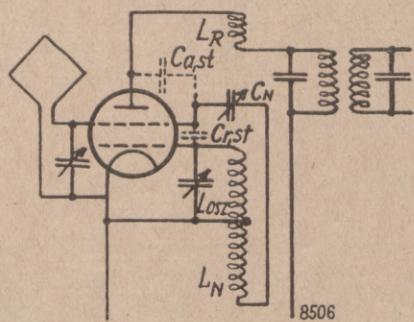


Abb. 6.

Schwierigkeiten bereitet, in dieser Schaltung eine genügend starke Überlagerung zu erreichen, wenn nicht ein besonders starker Oszillator verwendet wird. Denn der kleine Durchgriff der Schirmgitterröhren von nur 0,2 bis 0,6 v. H. besagt, daß die Anodenrückwirkung in der Röhre sehr gering ist, und daß also der Anodenstrom durch eine gegebene Anodenwechselspannung nur in sehr geringem Grade gesteuert werden kann. Überdies bewirkt die Überlagerungswirkung, im Gegensatz zu der gewohnten Raumladungsgitter-Mischröhrenschaltung, nicht die erforderliche Gleichrichtung der ankommenden Wellen, so daß zur Audiongleichrichtung Zuflucht genommen werden muß, welche, wie immer, eine zusätzliche Dämpfung des Rahmenkreises verursacht. Es erscheint also gerechtfertigt, daß diese Schirmgitterröhren-Eingangsschaltung auch im Rundfunkwellenbereich nur für Hochantennenempfang empfohlen wird. Die vorliegende kompensierte Eingangsschaltung nach Abb. 3 oder Abb. 6 zeigt diese Mängel nicht, da bei ihr eine wirkungsvolle Steuerung des Anodenstromes der Mischröhre durch die Oszillatorschwingungen infolge ihres direkten Einwirkens auf das Raumladungsgitter der Mischröhre von vornherein gegeben ist, auch wenn ein verhältnismäßig sehr schwacher Oszillator verwendet wird.

Schließlich sei noch auf einen Umstand hingewiesen, auf den manche Mißerfolge beim Superhet-Kurzwellenempfang zurückzuführen sind. Es ist nämlich naheliegend, auch hierbei mit Rahmen arbeiten zu wollen, von der Überlegung ausgehend, daß der Superhet nur mit Rahmen seine Höchstleistungen hergibt. Nun sind aber beim Kurzwellenempfang andere Gesichtspunkte maßgebend, als beim Empfang der mittleren und langen Wellen. Da der Allwellensuper sowohl kurze als auch lange Wellen empfangen soll, so wird man notgedrungen die Schwingungskreiskondensatoren in ihrer normalen Größe von 500 cm belassen müssen. Um mit diesen Kondensatoren einen Wellenbereich von 20 bis 60 m bestreichen zu können, ist eine Rahmeninduktivität von etwa 2000 cm erforderlich. Die Rechnung ergibt, daß ein Rahmen von 2000 cm Induktivität eine einzige Windung von quadratischer Form und nicht ganz 40 cm Seitenlänge haben müßte, wenn extrem kurze Zuleitungen verwendet werden. Da die Aufnahmefähigkeit eines Rahmens proportional seiner Fläche und seiner Windungszahl ist, so werden mit einem derartig kleinen Rahmen wohl keine Höchstleistungen zu erzielen sein. Gute Resultate werden erst erreicht, wenn der Rahmen durch eine geeignete Kurzwellenspule ersetzt und diese mit einer offenen Antenne gekoppelt wird. Dann ist aber die Empfindlichkeit so gut, daß unter andern der Kurzwellensender PCJJ von Philips, Eindhoven, tagsüber mit kleinstem Zimmerantenennen, oft sogar ohne jede Antenne, nur mit der Erdleitung allein, mit voller Lautsprecherlautstärke jederzeit empfangen werden kann.

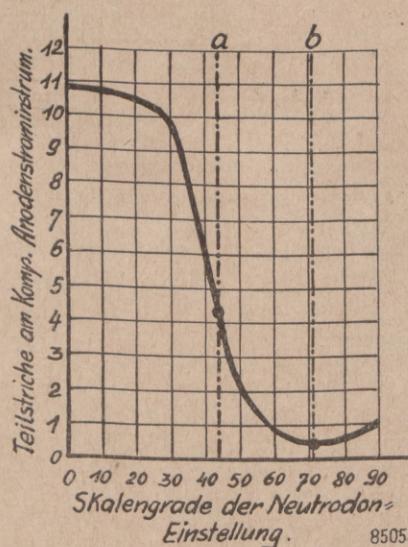


Abb. 5.

die Oszillatorschulen so dimensioniert sind, daß die für einen Wellenbereich eingestellte Neutralisation auch für alle anderen Bereiche gültig ist.

Bisher wurde, soweit dem Verfasser bekannt ist, nur eine Eingangsschaltung angegeben, welche ähnliche Ziele zu erreichen sucht, wie die vom Verfasser entwickelte Schaltung, und zwar wird bei dieser Schaltung als Mischröhre die neue Schirmgitterröhre verwendet, auf deren Steuergitter der

Der Bau eines Transformators für Sendeversuche

Von

Prof. K. Riemenschneider, Karlsruhe i. B.

Sofern die Sendeversuche mit Wechselstrom als Anodenspannung durchgeführt werden sollen, eignet sich sehr gut ein Transformator, der zu gleicher Zeit die Heizstromstärke und die Anodenspannung der Röhren liefert. Die Herstellung eines solchen Transformators bietet absolut keine

3. Tertiärwicklung: 2×6 Volt, 4 Ampere.
In der Abb. 2 ist die Werkzeichnung für die Anfertigung der Bleche, Winkel, Isolierhülsen und Isolierscheiben gegeben. An Hand der beigegebenen Stückliste wird die Herstellung keine Schwierigkeiten bereiten.

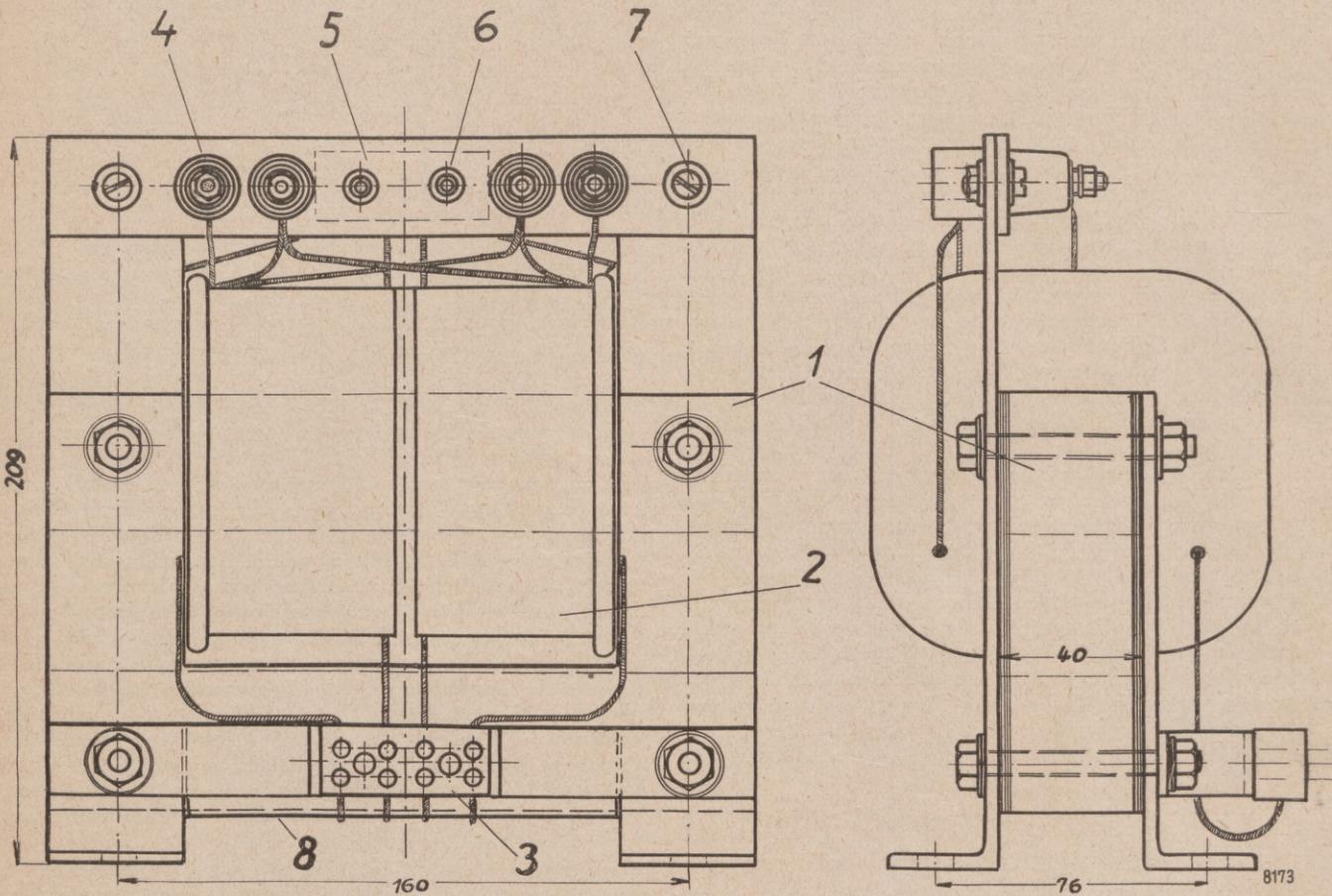


Abb. 1.
 1: 1 Magnetgestell;
 2: 1 Wicklung;
 3: 2 Primärklemmen;
 4: 4 Sekundärklemmen;
 5: 2 Tertiärklemmen;
 6: 4 Befestigungsschrauben, M. 3, mit Muttern und Unterlagscheiben (Messing);
 7: 2 Befestigungsschrauben, M. 5, mit Muttern und Unterlagscheiben (Schmiedeeisen);
 8: 1 Isolationshülse (Freßspan).

Schwierigkeiten und kann leicht ausgeführt werden, wenn man die folgenden Vorbilder benutzt. Dieser Transformator hat folgende elektrische Daten:

1. Primärwicklung: 110 Volt, 0,9 Ampere bzw. 220 Volt, 0,45 Ampere.

Der Transformator ist also von vornherein für die beiden Netzspannungen 110 Volt und 220 Volt eingerichtet und damit auch für bewegliche Geräte bestens geeignet. Sofern der Transformator für 110 Volt Verwendung finden soll, sind die Primärwicklungen parallel zu schalten, d. h. es ist Anfang der einen Spule mit Anfang der zweiten Spule zu verbinden, desgleichen ist mit den Enden zu verfahren. Beachtet man diesen Punkt nicht, dann heben sich die Kraftflüsse auf und die Wicklungen wirken nur noch als Ohmsche Widerstände. Diese sind aber für die Netzspannung zu klein, der Transformator erwärmt sich sehr schnell bzw. brennt vorher die Sicherung des Netzes durch.

2. Sekundärwicklung: 600, 800, 1000 Volt, 0,1 Ampere.

Für die Anfertigung der Isolierscheiben und Isolierhülsen zur Herstellung der Wicklung des Transformators ist Abb. 3 maßgebend.

Die Wickeldaten sind folgende:

1. Primärwicklung: 2×500 Windungen, Drahtstärke $0,35$ mm \varnothing bzw. $q = 0,126$ mm 2 .
2. Sekundärwicklung: 5000 Windungen, mit Anzapfungen bei 3000 und 4000, Drahtstärke $0,2$ mm \varnothing bzw. $q = 0,0314$ mm 2 .
3. Tertiärwicklung: 2×30 Windungen, Drahtstärke $1,4$ mm \varnothing bzw. $q = 1,6$ mm 2 .

Position 8 der Abb. 3 stellt die Klemmleiste des Transformators aus Bakelit dar. Maße und Werkstoff ergeben sich aus der beigefügten Stückliste.

Die Abb. 1 zeigt den fertig montierten Transformator, der auch als Körting-Fabrikat im Handel zu haben ist.

Der beschriebene Transformator ist seit über einem Jahre ständig im Laboratorium für Fernmeldetechnik des Staats-technikums Karlsruhe i. B. im Gebrauch und hat seine Geeignetheit für Sendeversuche bestens bewiesen.

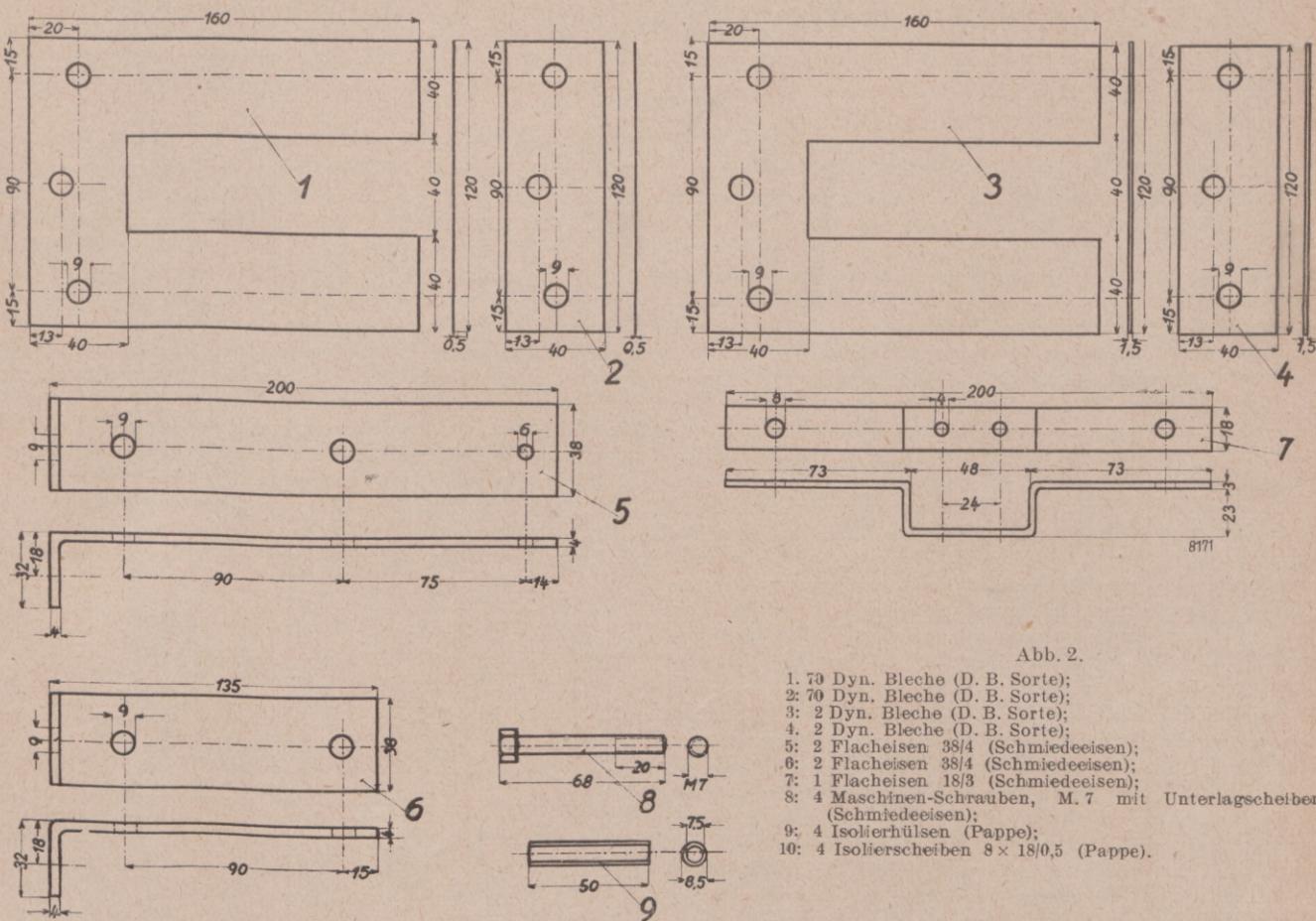


Abb. 2.

1. 70 Dyn. Bleche (D. B. Sorte);
 2. 70 Dyn. Bleche (D. B. Sorte);
 3. 2 Dyn. Bleche (D. B. Sorte);
 4. 2 Dyn. Bleche (D. B. Sorte);
 5. 2 Flacheisen 38/4 (Schmiedeeisen);
 6. 2 Flacheisen 38/4 (Schmiedeeisen);
 7. 1 Flacheisen 18/3 (Schmiedeeisen);
 8. 4 Maschinenschrauben, M. 7 mit Unterlagscheiben (Schmiedeeisen);
 9. 4 Isolierhülsen (Pappe);
 10. 4 Isolierscheiben 8 x 18/0,5 (Pappe).

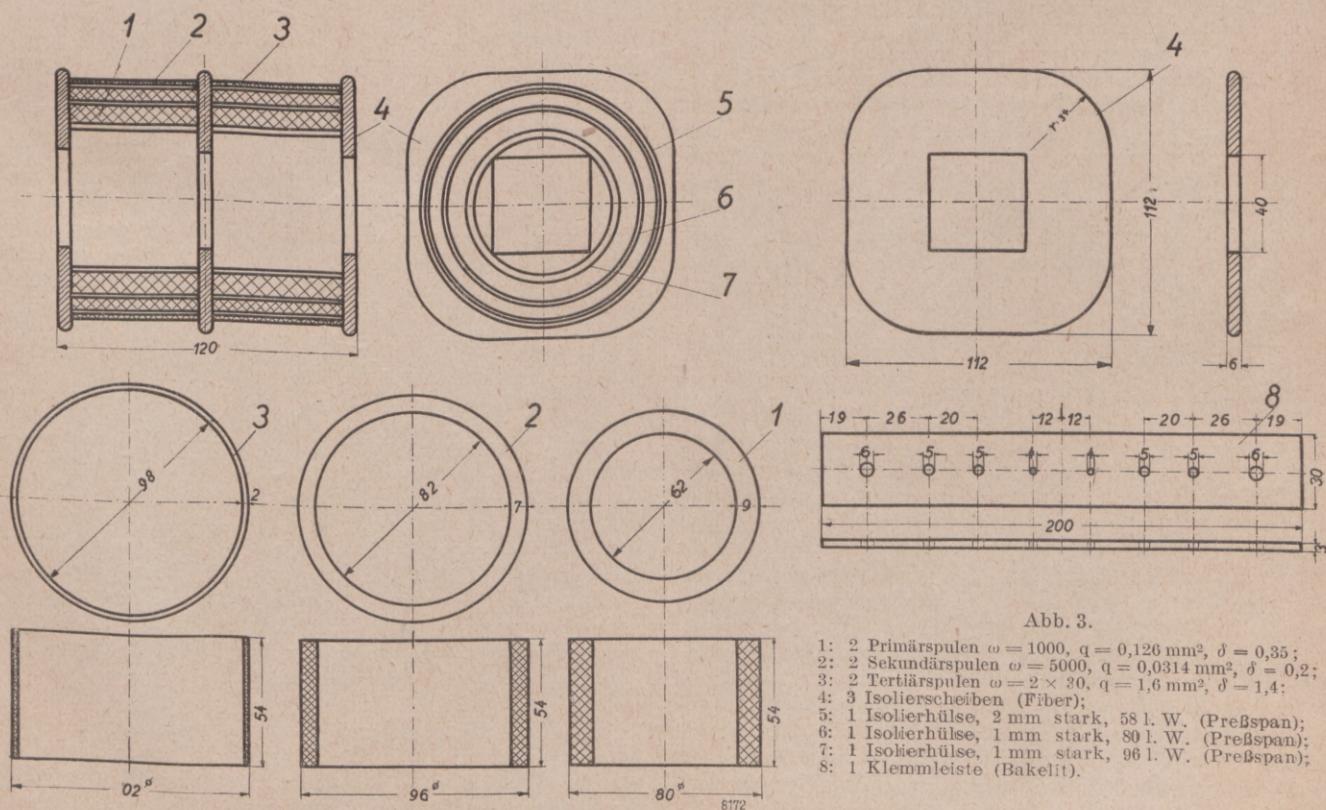


Abb. 3.

- 1: 2 Primärspulen $\omega = 1000$, $q = 0,126 \text{ mm}^2$, $\delta = 0,35$;
 - 2: 2 Sekundärspulen $\omega = 5000$, $q = 0,0314 \text{ mm}^2$, $\delta = 0,2$;
 - 3: 2 Tertiärspulen $\omega = 2 \times 30$, $q = 1,6 \text{ mm}^2$, $\delta = 1,4$;
 - 4: 3 Isolierscheiben (Fiber);
 - 5: 1 Isolierhülse, 2 mm stark, 58 l. W. (Preßspan);
 - 6: 1 Isolierhülse, 1 mm stark, 80 l. W. (Preßspan);
 - 7: 1 Isolierhülse, 1 mm stark, 96 l. W. (Preßspan);
 - 8: 1 Klemmleiste (Bakelit).

Ein Universalmeßgerät für alle Röhrenarten

Von
Erich Schwandt.

Will man eine Röhre so gut als möglich ausnutzen, sie an der richtigen Stelle eines Mehröhrengesetzes anwenden, oder möchte man feststellen, warum eine Röhre diese oder jene Mängel zeigt, an der einen oder anderen Stelle des Empfängers nicht richtig arbeitet, so kann man sich Klarheit lediglich durch die genaue Kenntnis der Kennlinien verschaffen, die möglichst unter den gleichen Betriebsbedingungen, also mit den gleichen Widerständen im Gitter- und im Anodenkreis, aufgenommen werden müssen. Die Kenntnis der Durchschnitts-Kennlinien, die von den Röhrenfabriken angegeben werden, und die im „Funk-Bastler“ des öfteren in möglichst vollständigen Zusammenstellungen veröffentlicht wurden, nutzt in derartigen kritischen Fällen nicht allzuviel, ebensowenig die bloße Kenntnis der Röhrendaten. Ein Röhrenmeßgerät, mit dem man die Kennlinien unter jeglichen Bedingungen aufnehmen kann und das geeignet ist, vor allem auch Doppel-, Dreifach- und Vierfachröhren wie die verschiedenen Doppelgitterröhren zu messen, läßt sich verhältnismäßig leicht herstellen; es sollte sich zum mindesten im Bastelraum einer jeden Funkgruppe befinden, damit die Mitglieder der Vereine dort die genauen Charakteristiken ihrer Röhren feststellen können.

Von Dipl.-Ing. Professor K. Riemschneider ist im „Funk-Bastler“, Jahr 1926, Heft 9, bereits alles Wissenswerte über die Kontrollmessung gesagt worden, und auch ein industrielles Röhrenprüfgerät wurde beschrieben. Der heutige Aufsatz kann sich deshalb auf die Beschreibung des Aufbaues eines selbstherstellenden Universalgerätes beschränken, das, nebenbei bemerkt, vielseitiger verwendbar ist, als das eben erwähnte. Während das in Heft 48 des „Funk-Bastler“, Jahr 1927, von Helmut Post beschriebene Gerät, das ohne Meßinstrumente auskommt, nur zur Messung von Steilheit und Durchgriff an einem bestimmten Punkte der Charakteristik gebraucht werden kann, und zwar in dynamischer Messung, ist das heute beschriebene Gerät zur Aufnahme der vollständigen statischen Anodenstrom-Kennlinien, zur indirekten Messung der Gitterstromkennlinien und zur Feststellung des Vakuumfaktors bestimmt. Alle diese Arbeiten machen lediglich zwei genau geeichte Drehspulinstrumente erforderlich, ein Volt- und ein Ampermeter. Vom Verfasser wurden Nadir-Instrumente, Modell 11, in schräger Pultform benutzt, deren genaue Daten die folgenden sind: Voltmeter, Meßbereich 6, 60 und 240 Volt, Widerstand pro Volt = 100 Ohm; Ampermeter, Meßbereich 12, 120 und 1200 mA.

Abb. 1 bringt zunächst die Prinzipschaltung des Röhrenmeßgerätes. In der Mitte erkennen wir die Fassung für die Röhre mit den Buchsen +H und -H für die Heizung, G für das Gitter und A für die Anode. An die Klemmen +H und -H (unten) wird die Heizbatterie geschaltet; die genaue Heizspannung wird durch den Heizdrehwiderstand H (50 Ohm) eingestellt. Die Anodenbatterie wird an die Klemmen -A und +A gelegt, während die Klemmen -G, 0 und +G für die Gitterbatterie bestimmt sind. P ist ein Potentiometer von 1000 Ohm zur Veränderung der Gitterspannung. -VA+ sind die Anschlußklemmen für das Voltmeter, das zur Messung der Anodenspannung dient, -MA+ die für das Milliampermeter, das den Anodenstrom abzulesen gestattet, und +V- die für das Voltmeter, an dem Heizspannung und Gitterspannung abgelesen werden. S_1 und S_2 sind zwei Schalter; S_1 , ein doppelpoliger Umschalter, dient dazu, das Voltmeter V stets in richtiger Polung an das Meßgerät zu legen; bei der Messung der Heizspannung muß S_1 auf + geschaltet sein; bei der Gitterspannung auf +, solange positive Spannungen am Gitter liegen, und auf -, solange hier negative Span-

nungen vorhanden sind. S_2 dient zur Umschaltung des Voltmeters V für die Messung der Fadenspannung wie für die der Gitterspannung. An der Stelle G ist die Gitterleitung, bei A die Anodenleitung unterbrochen; die Leitungsenden liegen an Klemmen. Man ist so in der Lage, in die Gitter- und in die Anodenleitung Widerstände zu schalten und die Charakteristik unter den genauen Arbeitsbedingungen der betreffenden Röhre aufzunehmen. Die Klemmen G sind in Abb. 1 durch zwei Gummilitzen mit einem Zusatzgerät verbunden, dessen Schaltung sich rechts oben befindet. Es besteht aus einem dreipoligen Umschalter, der es gestattet, die Gitterleitung entweder kurzzuschließen (Stellung K), oder einen Widerstand R_1 oder einen anderen Widerstand R_2 in sie einzuschalten. Dieses Zusatzgerät wird u. a. zur indirekten Aufnahme der Gitterstromkurve gebraucht.

Die Einzelteile des Meßgerätes wurden auf einer Trolitplatte in der Größe 200 × 250 mm untergebracht; die Platte

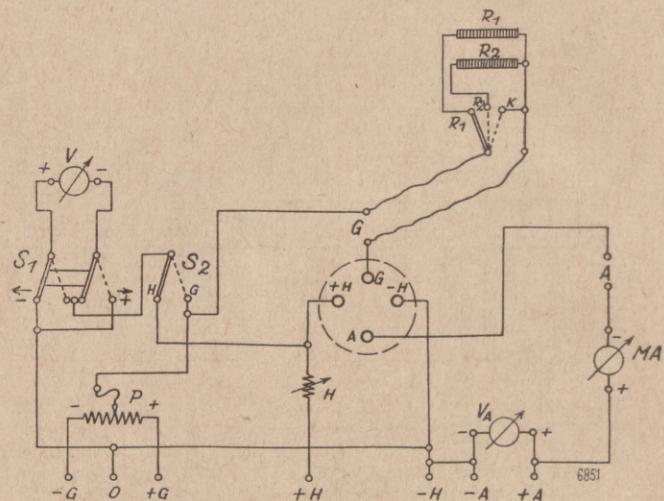


Abb. 1. Prinzipschaltung des Röhrenmeßgerätes.

wurde in einen oben offenen Kasten eingesetzt, um Teile und Schaltung vor Staub zu schützen. Abb. 2 bringt eine Ansicht der Platte von unten mit Angabe der gegenseitigen Entfernung der Einzelteile und der genauen Leitungsführung. Wir sehen in der Mitte die Fassung für die Röhre, die aus vier in die Isolierplatte eingesetzten Röhrenbuchsen besteht. Rechts und links davon befinden sich die beiden Schalter S_1 und S_2 ; es kamen sogenannte Knebelschalter zur Verwendung, wie sie sich u. a. unter der Marke Detewe im Handel befinden. Da als S_2 nur ein einpoliger Umschalter gebraucht wird, bleibt die eine Hälfte des Schalters tot liegen. Am Rande der Platte erkennen wir die Anschlußklemmen, und in der unteren Hälfte sehen wir den Heizwiderstand H und das Potentiometer P (1000 Ohm). Die Leitungen wurden sämtlich aus versilbertem Vierkant-Kupferdraht 1,5 × 1,5 mm hergestellt, freitragend; dieser Schaltungsdrat läßt sich nach meinen Erfahrungen am besten und saubersten verarbeiten. Ein Überziehen mit Isolierschlauch wurde nirgends notwendig. Abb. 3 zeigt die Photographie der Rückansicht der Schaltplatte, aus der die Leitungsverlegung gut zu erkennen ist; Abb. 4 zeigt das fertige Meßgerät von vorn. Die Zusatzschaltung, gemäß dem Teil oben rechts in Abb. 1, wurde auf einer besonderen kleinen Platte von 90 × 110 mm untergebracht, die ich in ein kleines Kästchen von 35 mm lichter Tiefe einsetzte; die lichte Tiefe des Kastens für das Meßgerät betrug 90 mm. Abb. 5 zeigt das Zusatzgerät von vorn gesehen.

Soll die Charakteristik einer Eingitterröhre aufgenommen werden, so setzt man sie in die Fassung des Röhrenmeßgerätes, nachdem die Batterien angeschaltet wurden; die Heizbatterie habe 4 Volt, und die Anodenbat-

die Charakteristik von der Nulllinie erhebt. Man kann die erforderliche Spannung leicht aus der gedruckten Durchschnittscharakteristik herauslesen; sonst ergibt sich die Spannung auch bei der Messung. Ist der Anodenstrom bei

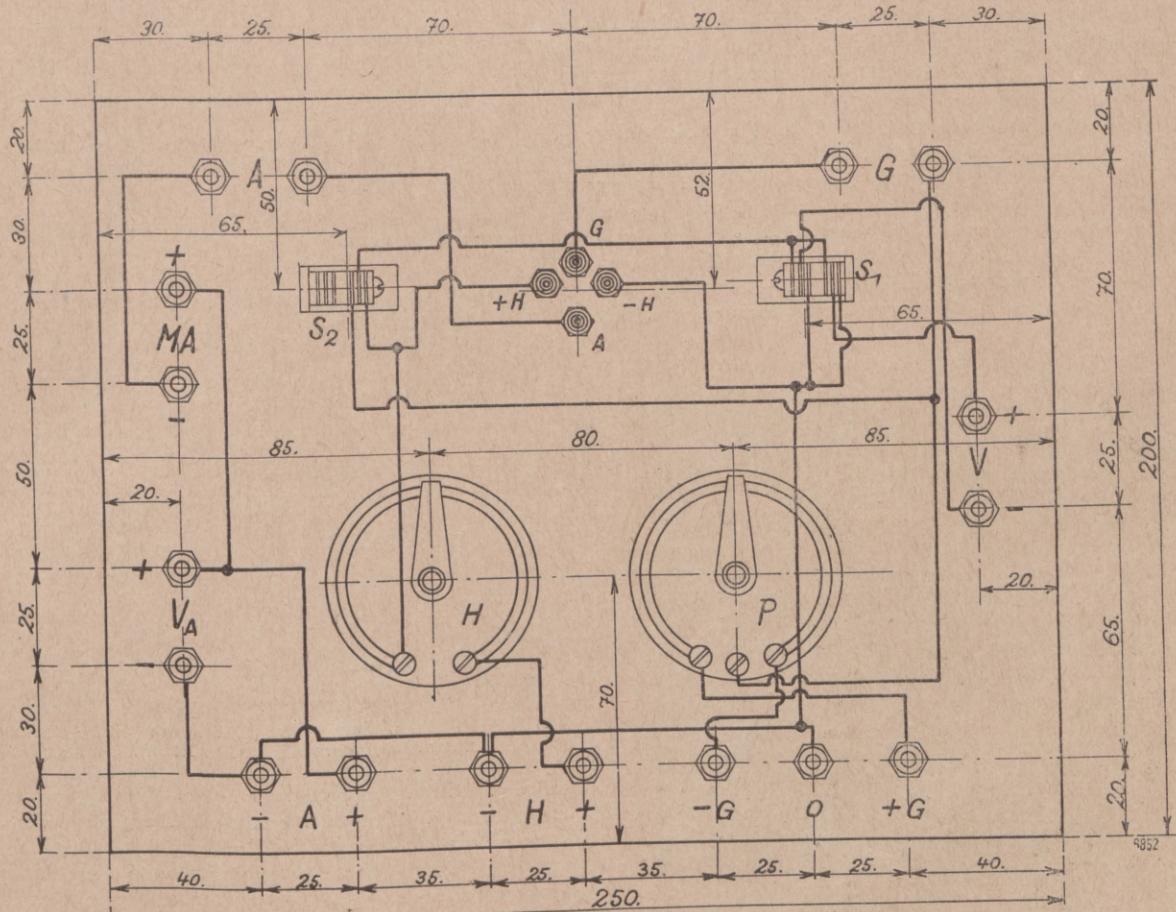


Abb. 2. Bau- und Schaltplan für das Röhrenmeßgerät.

terie sei von entsprechender Spannung. Soll die Charakteristik bei 100 Volt aufgenommen werden, so muß die Anodenbatteriespannung 100 Volt betragen, usw. Die Gitterbatterie wird nicht nur mit ihren Endpolen an das Gerät gelegt, sondern auch mit einem mittleren Abzweig. Der Teil

der größten verfügbaren negativen Gitterspannung noch nicht 0 geworden, so muß man eben eine größere negative

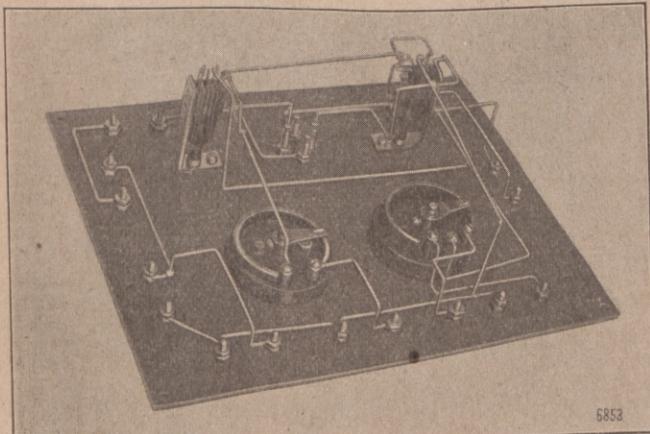


Abb. 3. Rückansicht des fertigen Röhrenmeßgerätes.

zwischen 0 und $+G$ wird zweckmäßig 6 Volt betragen, da man bei stärker positiven Spannungen als +6 Volt doch nicht mißt. Der Teil der Gitterbatterie zwischen 0 und $-G$ richtet sich danach, bei welcher Gitterspannung sich

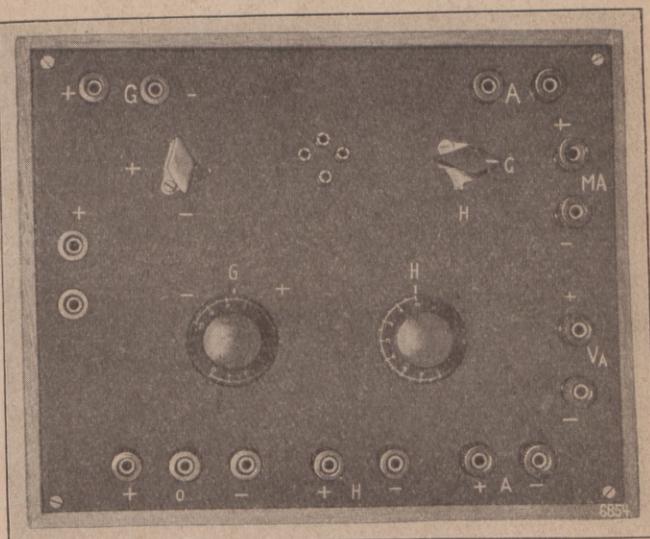


Abb. 4. Vorderansicht des fertigen Gerätes.

Spannung verwenden. Es ist vorteilhaft, als Anodenstromquelle einen Anodenakkumulator zu benutzen; als Gitterstromquelle ist der Anodenakkumulator geradezu Bedingung, da doch verhältnismäßig große Ströme durch das Potentio-

meter fließen, die die Gitterbatterie sehr belasten. Ich benutzte bei meinen Messungen als Gitterbatterie eine Varta-Anodenakkumulatorenbatterie 50 Volt, Typ 25 W; selbst große Lautsprecheröhren können mit einer Gitterbatterie dieser Spannung gut ausgemessen werden. Die Batterie ist weitgehend mit Anzapfbuchsen versehen; man schaltet zweckmäßig nicht mehr Zellen ein, als gebraucht werden, um den durch den Spannungsteiler fließenden Strom möglichst gering zu halten.

Sind die Batterien eingeschaltet und ist die Röhre eingestöpselt, so schließt man das Voltmeter zunächst an die Klemmen $+VA$ —, um die gewünschte Anodenspannung einzustellen, bei der die Messung vorgenommen werden soll. Dann legt man es an $+V$ — und schaltet das Milliampereometer an $+MA$ —. Die Klemmen A werden zunächst kurzgeschlossen, desgleichen die Klemmen G. Jetzt ist das Gerät zur Aufnahme der statischen Charakteristik geeignet.

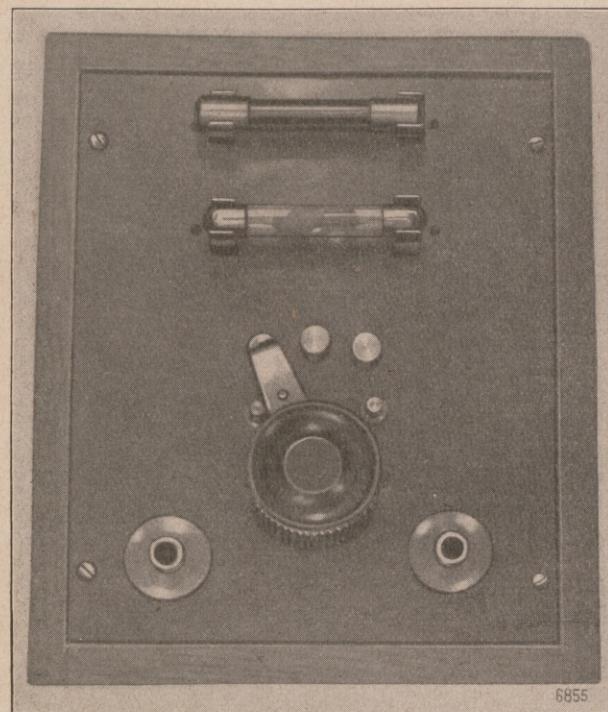


Abb. 5. Vorderansicht des Zusatzgerätes für die indirekte Aufnahme der Gitterstromcharakteristik.

Schalter S_1 legt man auf +, Schalter S_2 auf H. Das Voltmeter zeigt jetzt die Fadenspannung an, die durch den Heizwiderstand H genau eingestellt werden kann. Schalter S_2 schaltet man dann auf G um; das Voltmeter sagt die Gitterspannung, und zwar positive Werte, solange Schalter S_1 nach +, und negative, sobald er nach — geschaltet ist. Um die Charakteristik aufzunehmen, stellen wir das Potentiometer zunächst so, daß das Voltmeter 6 Volt positiver Gitterspannung anzeigt, notieren den Anodenstrom, verändern die Gitterspannung auf + 4 Volt, notieren wieder, dann auf + 2, 0, - 2, - 4 usw., bis der Anodenstrom 0 geworden ist. Tragen wir alle Meßergebnisse in üblicher Weise in ein Blatt Millimeterpapier ein und verbinden wir die entstehenden Punkte, so erhalten wir die statische Charakteristik bei der eingestellten Heiz- und Anodenspannung. Interessiert uns die Arbeitscharakteristik bei einem bestimmten Ohmschen Widerstand im Anodenkreis, so schalten wir diesen Widerstand bei A an; die Charakteristik wird dann in gleicher Weise aufgenommen; die Kurve verläuft nun wesentlich flacher. Soll die Röhre später mit einem Gitterwiderstand ausgerüstet werden, so daß wir die Charakteristik unter Einwirkung dieses Widerstandes

kennenlernen wollen, oder interessiert uns die Gitterstromkurve oder gar das Vakuum, so schalten wir das Zusatzgerät bei G ein und legen in die Widerstandsfassungen geeignete Widerstandsstäbe, z. B. 0,5 und 6 Megohm, um nun

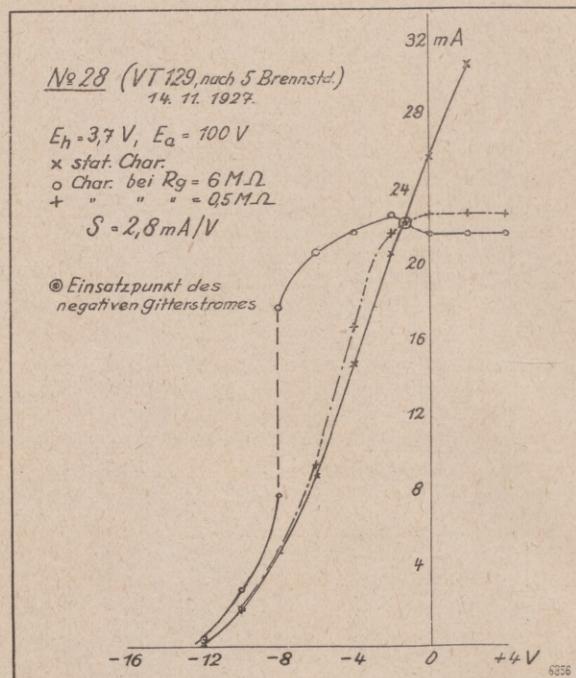


Abb. 6. Beispielmessung (Aufnahme der Anodenstromkennlinie bei verschiedenen Gitterwiderständen).

bei allen Gitterspannungen stets drei Messungen zu machen, und zwar bei allen drei Schalterstellungen. Wir erhalten Kurven, wie sie uns Abb. 6 als Beispielmessung zeigt. Aus der Abweichung der Anodenstromkurve bei einem hohen Gitterwiderstand gegen die statische Kurve läßt sich die Gitterstromkurve errechnen, und aus dem Gitter- und dem Anodenstrom bei bestimmter Gitterspannung kann man wiederum den Vakuumfaktor bestimmen. Es würde zu weit

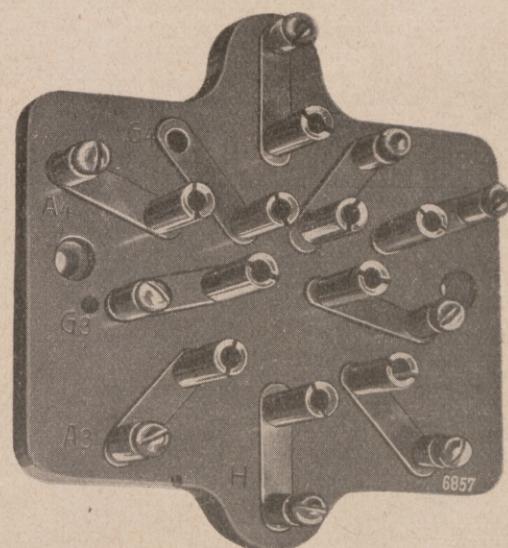


Abb. 7. Aufbaufassung für die Vierfachröhre.

führen, diese Materie hier eingehend zu behandeln, zudem Manfred von Ardenne in Heft 27 des „Funk-Bastler“, Jahrgang 1927, ausführlich hierüber berichtet hat.

Eingangs wurde erwähnt, daß sich das beschriebene Gerät auch zur Nachmessung sämtlicher Mehrfachröhren eignet.

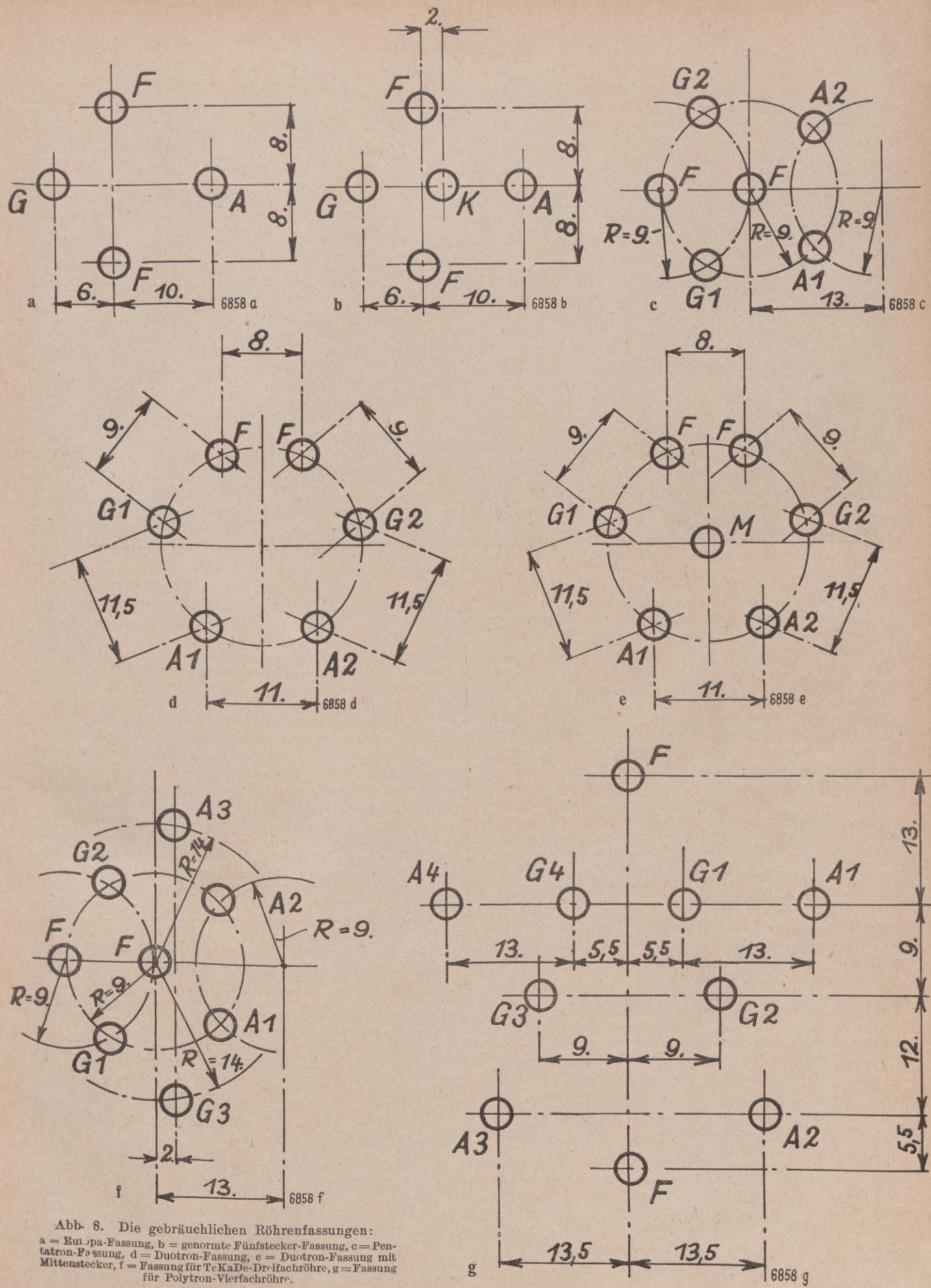


Abb. 8. Die gebräuchlichen Röhrenfassungen:
 = Europa-Fassung, b = genormte Fünfstecker-Fassung, c = Pen-
 tron-Fassung, d = Duotron-Fassung, e = Duotron-Fassung mit
 Uttenstecker, f = Fassung für TeKa-De-Dr-ifachröhre, g = Fassung
 für Polytron-Vierfachröhre.

Wollen wir die Charakteristiken von Doppel-, Dreifach- und Vierfachröhren aufnehmen, so haben wir uns zu vergegenwärtigen, daß sich alle diese Röhren aus Eingittersystemen zusammensetzen, die nur in einen gemeinsamen Vakuumraum eingeschlossen sind. Es handelt sich also darum, die Charakteristiken der einzelnen Ein-

Fassungsbuchsen bei den Mehrfachröhren und auch bei den heutigen Eingitterröhren gegeben; Fassung a ist für Eingitterröhren bestimmt, Fassung b für Doppelgitterröhren und wechselstromgeheizte Röhren, c und d für Doppelröhren, e für Doppelröhren mit Mittenanzapfung des Heizfadens, f für Dreifach- und g für Vierfachröhren.

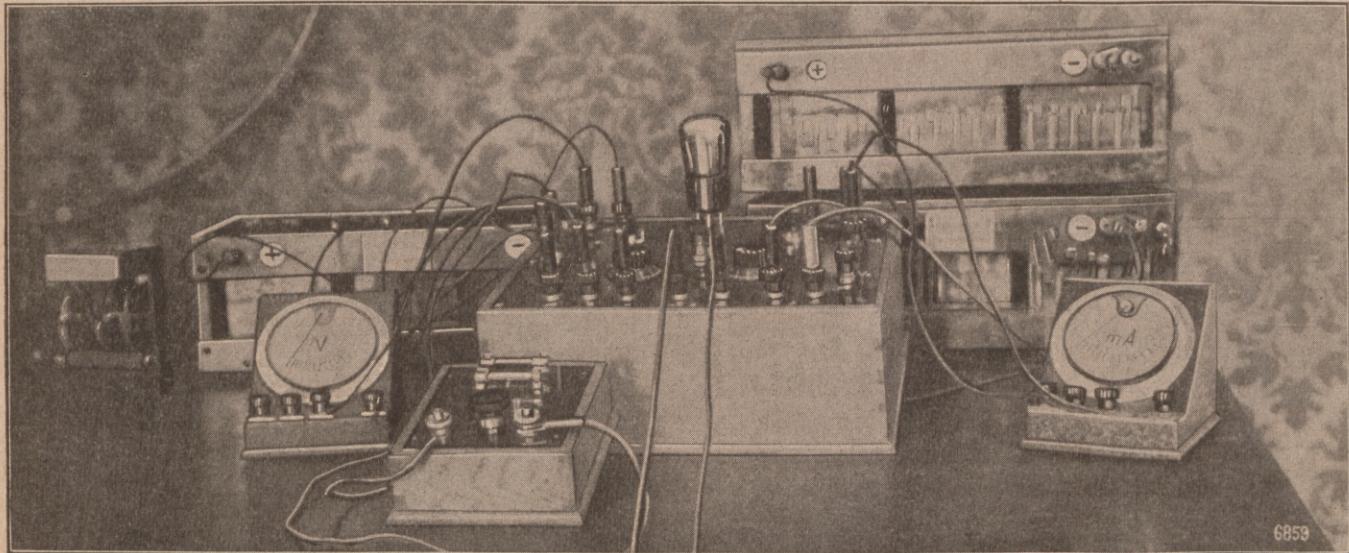


Abb. 9. Die vollständige Meßanordnung.

gittersysteme aufzunehmen; an der Zweifachröhre haben wir zwei Charakteristiken auszumessen, an der Dreifachröhre drei, an der Vierfachröhre vier. Um das mit dem beschriebenen Gerät tun zu können, benötigen wir Zusatzsockel für die zu messenden Röhren, die Klemmen besitzen, die wir durch Gummileitungen mit den Steckbuchsen des Röhrensockels verbinden können, der sich im Meßgerät befindet. Geeignet sind Aufbaufassungen der Art, wie sie Abb. 7 für die Polytron-Vierfachröhren zeigt. Für derartige Messungen machen wir uns vier Leitungen zurecht, die an einem Ende 3 mm-Stecker besitzen (für die 3 mm-Steckbuchsen der Röhrenfassung auf unserem Meßgerät) und die am anderen Ende an die Fassung der Mehrfachröhre angeklemmt werden können. Die Heizleitungen bleiben immer bestehen; die Gitter- und Anodenleitung werden stets an die Gitter- und Anodenklemmen des zu messenden Systems gelegt. Da sicher Interesse für den Selbstbau der Fassungen besteht, seien in Abb. 8 die Schemata für die Anordnung der

Doppelgitterröhren werden in der üblichen Weise nachgemessen; sind es Schutzgitterröhren, so wird das Schutzgitter, sind es Raumladungsgitterröhren, das Raumladungsgitter mit der entsprechenden Spannungsbuchse der Anodenbatterie durch eine besondere Leitung verbunden. Wechselstromröhren setzt man am besten auf eine Hilfsfassung, an deren Heizbuchsen der Heiztransformator direkt angeschlossen wird; die Kathodenklemme wird an Klemme — H des Meßgerätes geschaltet. Abb. 9 bringt schließlich noch eine Ansicht der kompletten Anordnung zur Aufnahme der Charakteristiken; wir sehen in der Mitte das Röhrenmeßgerät mit der Röhre, davor das Zusatzgerät für die Gitterstrommessungen, rechts hinten übereinanderstehend zwei Anodenakkumulatorenbatterien von je 50 Volt als Anodenstromquelle, davor das Milliamperemeter, links hinten eine gleiche Anodenakkumulatorenbatterie von 50 Volt, die als Gitterbatterie verwendet wird, und davor das Voltmeter.

Die Entfernung des Emaillelacks von Drähten und Litzen. Eine sehr einfache und doch schnell zu einem Erfolg führende Methode ist: Der Volldraht oder die Hochfrequenzlitze, welche aus vielen, sehr dünnen Drähten besteht, wird über eine Gasflamme oder über eine kleine Spirituslötlampe gehalten. Ist die Umspinnung abgebrannt und der Draht heiß geworden (Vorsicht, nicht zu sehr erhitzen), dann taucht man das Ende schnell in ein bereitgestelltes kleines Gefäß mit Brennspiritus (Fingerhut od. dgl.). Hierauf wischt man den Draht oder die Litze mit einem Lappen ab und hat nun ein völlig blankes Anschlußende. Sollte es beim ersten Versuch nicht nach Wunsch glücken, dann wiederhole man den Vorgang. Litze muß aber vorher dann gut zusammengedreht werden, weil sonst die überaus feinen Drähte verbrennen könnten. Dies Verfahren ist einfach, billig und schnell.

H. H.

*

Der Wiener Kurzwellenrundfunk marschiert. Die Arbeiten für den Einbau des Wiener Kurzwellenrundfunksenders machen nach den letzten Mitteilungen sehr gute Fortschritte. Im Laufe dieser Woche soll die Antenne errichtet und auch der Sender eingebaut werden. Wenn

nicht unvorhergesehene Schwierigkeiten auftreten, werden bereits im Januar die ersten Versuche mit dem Kurzwellensender ausgeführt. Der Sender soll auf der Welle 49,9 m arbeiten.

Montpellier wieder auf Welle 253,1 m. Die Rundfunksendestelle in Montpellier, die von dem Verein der Funkfreunde Montpellier errichtet und betrieben worden ist und ihren Betrieb vor kurzem aus finanziellen Gründen einstellen mußte, ist jetzt von der französischen Post- und Telegraphenverwaltung übernommen worden. Seit kurzem ist ein 2 kW-Sender eingebaut, dieser arbeitet gegenwärtig auf der Welle 253,1 m; ob diese Wellenlänge beibehalten wird, steht allerdings noch nicht fest.

Moskau auf Welle 825 m. Der neue Moskauer Sender, der auf der Welle 825 m arbeitet, besitzt eine Leistung von 25 kW. Er verbreitet gegenwärtig täglich von 4 bis 10 Uhr nachm. Vorträge und musikalische Darbietungen. Die Moskauer Komintern-Sendestelle, die mit 40 kW arbeitet, bringt im allgemeinen von 10.10 bis 11.10 vorm. und um 5.20 Uhr nachm. Zeitungsnachrichten, von 3 bis 5.15 und um 10.30 Uhr nachm. Vorträge, ab 6.30 Uhr meist musikalische Darbietungen (auch Opernübertragungen).

Wollen Sie genormte und billigere Röhren?

Von

Dr. G. Aschermann.

Die folgenden Ausführungen sind nur mittelbar eine Ergänzung zu dem Aufsatz von Eduard Rhein in Heft 50 des „Funk-Bastler“, Jahr 1928; sie scheinen uns jedoch so beachtenswert und für den Bastler so entscheidend wichtig, daß wir das allgemeine Interesse auf die folgenden Vorschläge lenken möchten.

In dem Sonderdruck des „Funk“ über „Die Röhren der Gegenwart“ haben E. Schwandt und F. Kunze eine Übersicht über die zur Zeit im Handel befindlichen Röhren gegeben. Wer sich schon, bevor er diese eingehenden Zusammenstellungen studiert hat, etwas ratlos unter der großen Fülle der verschiedensten Röhrentyps umsah, der muß noch mehr erstaunt sein, wenn er erfährt, daß die Schwandtsche Zusammenstellung nur die neueren Röhren berücksichtigt, die älteren hingegen, die aber immer noch auf Verlangen der Kundschaft in verhältnismäßig großen Mengen hergestellt werden müssen, nicht mehr mitaufgeführt. Ich möchte hier nur beispielsweise mitteilen, daß Telefunken allein über 100 verschiedene Röhrentyps anfertigen muß, die alle aufzuzählen jedoch weder am Platze sein, noch von den Lesern gewünscht werden dürfte. Ich möchte statt dessen insbesondere den Bastlern die Frage vorlegen, ob sie diesen Zustand für unbedingt nötig erachten. Einige erläuternde Ausführungen zu dieser Frage dürften vielleicht von Interesse sein.

Wer einmal Gelegenheit hatte, eine moderne Röhrenfabrik zu besichtigen¹⁾, dem wird besonders aufgefallen sein, daß die große Anzahl der anzufertigenden Röhrentyps eine unverhältnismäßig große Anzahl von entsprechenden Werkstätten und Spezialmaschinen, ein sehr großes Prüffeld und entsprechende andere Anlagen benötigt, damit sie in der Lage ist, die vielen erforderlichen Arbeitsvorgänge auszuführen. Besonders kräftig tritt diese weitgehende Spezialisierung in Erscheinung, wenn man zufällig Gelegenheit hatte, kurz vorher einen übersichtlichen und äußerst rationell arbeitenden Betrieb zu besichtigen, der in mancher Beziehung viel Verwandtes mit der Röhrenfabrikation hat, nämlich eine moderne Glühlampenfabrik. Während hier infolge der Beschränkung auf einige wenige Typs der Betrieb aufs wirtschaftlichste und übersichtlichste eingerichtet werden konnte, ist dies zur Zeit bei der Röhrenfabrikation gänzlich unmöglich. Selbstverständlich muß sich diese Zersplitterung auch nach außen hin auswirken, für den Röhrenverbraucher an erster Stelle in dem Preis der Röhren, der für den Bastler durchaus nicht bedeutungslos ist. Da nun an allen Ecken und Enden genormt wird, so wäre hier Gelegenheit, sich gleichzeitig einmal recht eingehend mit der Normung der Röhrentyps zu befassen. Es stellt der deutschen Technik und dem deutschen Erfindergeist gewiß ein gutes Zeugnis aus, wenn Spezialröhren für alle nur möglichen „Sparschaltungen“ in verwirrender Fülle zu haben sind; die Erfolge und Erfahrungen der Bastler scheinen jedoch die aufgewendete Mühe nicht zu rechtfertigen, denn letzten Endes will man doch einen lautstarken Empfang haben und keinen „spärlichen“. Es bewahrheitet sich immer wieder, daß man trotz raffinierter Sparschaltungen einem Apparat nicht mehr an Energie entnehmen kann, als man ihm zuführt.

Von besonderem Interesse dürften die amerikanischen Verhältnisse sein, die auf Grund der längeren Zeit, die den Bastlern dort zur Verfügung stand, auch für uns einiges Lehrreiche enthalten dürften. Ich habe vor kurzem die Prospekte folgender amerikanischer Firmen durchgesehen: Radio Corporation of America (R. C. A.), Raytheon, Ce Co,

¹⁾ Die F. T. V. wird in nächster Zeit einige Führungen durch die Röhrenfabrik der Osram-Gesellschaft veranstalten.

Gold Seal, Perryman, Crusader, Sylvania, Sonatron und de Forest, und dabei festgestellt, daß drüben im ganzen nur 10 Typs listenmäßig hergestellt werden.

Es sind dies die folgenden:

Typ	Strom	V	A	VA	Verwendungszweck	Preis Dollar
199	=	3,3	0,06	135	HF, A, NF, Trockenbatterie	2,25
200	=	5,0	0,25	45	Spezialaudionröhre	4,—
120	=	3,3	0,125	135	NF Trockenbatterie	2,50
201	=	5,0	0,25	135	Audion u. Verstärker	1,50
171	=	5,0	0,25	180	Endverstärker	3,—
112	=	5,0	0,25	180	Endverstärker	3,—
240	=	5,0	0,25	200	Widerstandsverstärker	2,—
222	=	3,3	0,132	180	Schirmgitter	6,50
226	~	1,5	1,05	180	direkt geheizt	2,50
227	~	2,5	1,75	180	indirekt geheizt	5,—

Hierin sind die Röhren für Gleichstrom und Wechselstrom enthalten. Besonders bequem ist es, daß sämtliche Firmen die gleiche Bezeichnung verwenden, nur die Buchstabenbezeichnungen, welche der die Typs angebenden Zahl vorangestellt werden, sind verschieden. Infolge der Typbeschränkung sind die Preise erheblich niedriger als bei uns, wenn man die Kaufkraft des Dollars in Amerika berücksichtigt. Die Amerikaner verzichten bewußt auf komplizierte Sparröhren und entsprechende Schaltungen, und verwenden lieber eine Röhre mehr und werden damit sicherlich keinen schlechteren Empfang haben als wir in Deutschland. Auch in bezug auf die Kostenfrage schneiden sie dabei nicht schlechter ab, denn wie schon erwähnt, stellen sich die Röhren in Amerika infolge der durch die Typbeschränkung ermöglichten rationellen Fabrikationsmethoden erheblich billiger als bei uns. (Siehe die Zusammenstellung.)

Gerade die Bastlerkreise in Deutschland, die sich nicht nur wissenschaftlich, sondern in erster Linie auch praktisch mit dem Rundfunkempfang befassen, sind vor allen anderen dazu in der Lage und berufen, auf eine weitgehende Beschränkung der vollständig unnötigen Typzahl zu dringen.

Bestrebungen, die Typbezeichnung der Röhren zu normen, sind, wie Eduard Rhein in Heft 50 des „Funk-Bastler“, Jahr 1928, mitteilte, bereits im Gange. Es wäre sehr begrüßenswert, wenn die Normung nun nicht bei der Kennzeichnung der Röhren halte, sondern gleich einen entscheidenden Schritt weiter vorangehe und eine Einschränkung der nicht unbedingt nötigen Typs vornähme. Hierin sind aber, wie schon gesagt, vor allem die Bastlerorganisationen berufen, da sie durch ihre Arbeiten und Erfahrungen am besten zu beurteilen in der Lage sind, welche Röhren als „Standardröhren“ unbedingt beibehalten werden müssen, und welche mehr oder weniger nur für Kunstschaltungen in Frage kommen, aber ebenso gut durch die Standardröhren ersetzt werden können.

Eine Beschränkung der Typzahl würde keine Verschlechterung des Empfangs, wohl aber eine starke Verbilligung und größere Übersichtlichkeit bringen.

Frankreichs Rundfunk auf Welle 24,45. Seit einigen Wochen stellt der Pariser Kurzwellensender täglich, und zwar meist von 13.00 bis 15.00 Uhr, auf der Welle 24,45 m Versuche an, die mit den Worten: „Hallo! Hallo! Ici Paris“ eingeleitet werden. Im allgemeinen werden Pressenachrichten und musikalische Darbietungen (Schallplatten) verbreitet.

