

FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E.V.

Die Verwendung von Fernsprechleitungen für Rundfunkübertragungen

Von

Dr. Kurt Lapkamp.

Im Heft 11 Seite 81 des „Funk“ hatten wir den Wunsch ausgesprochen, man möge, um zunächst einmal für den Berliner Bezirk die Möglichkeit der Auswahl zwischen verschiedenen Rundfunkprogrammen zu geben, auf den Deutschlandsender häufiger andere als das Berliner Programm übertragen. Wie nachfolgende Darlegungen zeigen, ist man seit geraumer Zeit bemüht, die technischen Bedingungen für solche Übertragungen aus größeren Entfernungen zu schaffen. Der hierfür erforderliche Umbau der Kabel ist zeitraubend und kostspielig, doch ist zu hoffen, daß in absehbarer Zeit die technische Möglichkeit der einwandfreien Kabelübertragung auch weit entfernter Sender geschaffen und damit hoffentlich die Erfüllung der von uns geäußerten Wünsche nahegerückt ist.

Für die Besprechung weit verteilter Sender von einem Hauptaufnahmerraum aus ist es notwendig, geeignete Über-

zuhalten. Zunächst ist erforderlich, daß Wechselströme bis zu etwa 10 000 Hertz die Leitungen passieren können. Andererseits ist darauf zu achten, daß die Dämpfung möglichst niedrig und im ganzen Frequenzbereich möglichst gleichförmig verläuft. Ferner müssen die Leitungen im Aufbau möglichst homogen sein, so daß Echoeffekte nicht auftreten können. Außerdem müssen die Leitungen durchaus geräusch- und nebensprechfrei sein, und ihre absolute Betriebssicherheit muß gewährleistet bleiben.

Die bestehenden Freileitungen haben vor Kabelleitungen den unbedingten Vorzug, daß das für Sprach- und Musikübertragungen erforderliche Frequenzband durch die günstige Dimensionierung der Leitungen — Leiter mit großem Querschnitt und kleiner Betriebskapazität — gleichmäßig übertragen wird. Die Freileitungen sind aber im hohen

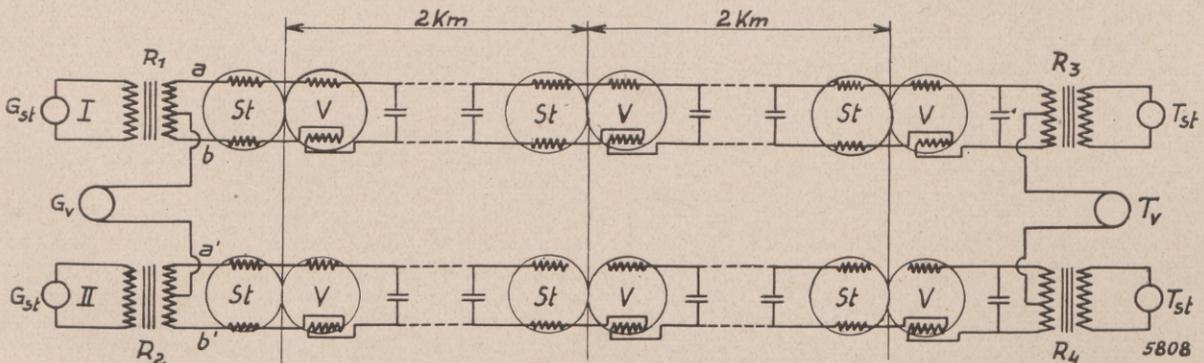


Abb. 1.

tragungsmittel zu schaffen, die eine einwandfreie Reproduktion der Darbietungen bei völliger Betriebssicherheit ermöglichen. Im Zeichen der „Drahtlosen“ ist zunächst die drahtlose Übertragung von einem Hauptsender auf seine Zwischensender naheliegend, indem die einfallenden Wellen durch hochwertige Empfangsgeräte und gute Niederfrequenzverstärker in akustische Energie umgewandelt und nunmehr zur Besprechung des Zwischensenders ausgenutzt werden. Doch müssen die Versuchsergebnisse dieser Methode bei dem gegenwärtigen Stand der Technik durch die auftretenden Störungen und den Fadingeffekt für eine betriebssichere Wiedergabe als unzulänglich bezeichnet werden. So mußte zur Drahtübertragung gegriffen werden.

Bei der Verwendung normaler Kabel und Freileitungen würden die Übertragungen allerdings auch nicht ohne weiteres einwandfrei sein. Zum Gelingen einer klanggetreuen und verzerrungsfreien Wiedergabe von Musik und Sprache sind eine ganze Reihe von Betriebsbedingungen ein-

Maße von äußeren Beeinflussungen abhängig, so daß die letzten Punkte der genannten Bedingungen meist nicht erfüllt sind. Die Störgeräusche, wie sie durch die den Freileitungen benachbarten Starkstrom- bzw. Hochspannungsleitungen oder durch Gewitter hervorgerufen werden, machen eine Übertragung oft unmöglich. Zu diesen nicht zu vermeidenden Störungen kommt noch das Übersprechen von den benachbarten Adern auf das für die Übertragung bestimmte Aderpaar, eine Fehlerquelle, die außerdem auch das Postgeheimnis gefährden kann.

Trotz der guten Übertragungsmöglichkeit aller Frequenzen auf Freileitungen mußte man wegen jener Fehlerquellen zu Kabelleitungen übergehen, obwohl diese wegen ihrer elektrischen Dimensionierung für Musikübertragungen wenig geeignet sind. Um von vornherein jede Beeinflussung des für den Rundfunk bestimmten Vierers (das ist eine miteinander verdrehte Anzahl von vier mit Papier voneinander isolierten Leitungen) im Kabel zu vermeiden, wählte man nicht einen

beliebigen, sondern den für diesen Zweck günstigsten Vierer, den Kernvierer, aus. Der Kernvierer wird im deutschen Fernkabel aus vier 0,9 mm starken Kupferdrähten gebildet, ist mitten im Kabel gelegen und durch einen Bleimantel von allen anderen Sprechkreisen statisch so gut geschützt, daß die zwischen den übrigen Adern eines Kabels und denen des Kernvierers auftretenden elektrischen Kopplungen praktisch als Null angesehen werden können. Dadurch wird das Übersprechen von anderen Leitungen auf diesen Vierer auf ein Minimum beschränkt.

Im Fernkabel werden alle Vierer nicht nur zum Sprechen auf den beiden Stammkreisen ausgenutzt, deren erster aus den beiden Adern a b und deren zweiter aus den Adern a' b' besteht, sondern ihre Wirtschaftlichkeit wird noch dadurch um 50 v. H. erhöht, daß man die beiden Stämme gleichzeitig für einen dritten Sprechkreis ausnutzt, wobei die Adern a b und a' b' parallel geschaltet sind, und jedes dieser Paare als ein Leitungsdraht für den neuen Sprechkreis benutzt wird. Diese Schaltungsweise — Phantomschaltung genannt — wird durch die Verwendung von entsprechenden Ringübertragern R_1 bis R_4 ermöglicht, wie sie in Abb. 1 eingezeichnet sind. In der Stammschaltung wirken die Ringübertrager als Eingangs- bzw. Ausgangstransformatoren, deren Windungsverhältnis 1:1 ist. Die Stammstromkreise sind ohne weiteres aus Abb. 1 zu entnehmen. Der Vierersprechkreis wird nun ermöglicht, indem die Sekundärseiten der Transformatoren in der Mitte angezapft sind. Diese Anzapfpunkte sind die für den Phantomkreis notwendigen Anschlüsse. Der Sprechstrom verläuft nun vom Geber Gv zur Mitte der Sekundärseite des Ringübertragers R_1 und über die parallel geschalteten Drähte a b zur Mitte der Sekundärseite von R_2 , tritt hier aus, durchläuft den Empfänger Tv und tritt dann in R_3 ein, um über a' b' nach R_4 und von dessen Mitte zum Geber zurückzufließen. Es sei noch kurz erwähnt, daß eine Beeinflussung der Stämme durch den symmetrischen Aufbau der Ringübertrager nicht möglich ist, da in den Ausgangsstellen der Sekundärseiten keine Potentialdifferenzen auftreten können. Andererseits ist aus dem gleichen Grunde eine Viererbeeinflussung durch die Stammleitungen nicht möglich, da in der Mitte der Sekundärseiten die Spannung Null herrscht. Allerdings tritt noch eine durch die inneren Kopplungen eines Vierers verursachte Störmöglichkeit — das Nebensprechen — hinzu, doch läßt sich diese durch eine entsprechend präzise Verseilungsart vermeiden.

Die beim Kabel durch den geringen Abstand der Adern bedingte hohe Betriebskapazität wirkt stark dämpfend, so daß ohne das von Pupin erfundene Verfahren des Einbaues von Selbstinduktionsspulen eine Sprechverständigung nur auf kleine Entfernungen möglich wäre. Dieses Pupinsche Verfahren besteht darin, daß in regelmäßigen Abständen von 2 km Selbstinduktionsspulen — kurz Pupinspulen — ins Kabel eingeschaltet werden. Für jeden Stamm wird eine Stamm- und eine Viererspule verwandt, deren Induktivität beim Kernvierer 0,2 Henry bzw. 0,035 Henry beträgt. Die Wirkungsweise der Spulen ist so, daß im Stammbetrieb nur die Stammspulen, im Viererbetrieb nur die Viererspulen wirksam sind. Allerdings verursacht der Einbau der Spulen auch eine Einschränkung in der Übertragungsmöglichkeit des Frequenzbandes, denn schon in der Nähe der Eigenfrequenz der aus der Betriebskapazität des Kabels und der Induktivität der Spulen gebildeten Schwingungskreise werden die Wellen stark gedämpft. Von dieser für unsere Betrachtung sehr wichtigen Eigenschaft wird noch besonders zu sprechen sein.

Auf den Aufbau der Pupinspulen kann hier nicht eingegangen werden. Es sei nur kurz erwähnt, daß die Spulen auf sogenannte Massekernringe gewickelt sind, die aus feinst unterteiltem Eisenpulver bestehen. Die Eisenteilchen sind durch einen Isolierkörper voneinander getrennt und unter starkem Druck zu einem festen Körper gepreßt. Die so hergestellten Kerne ermöglichen erst die Herstellung von

Spulen mit außerordentlich geringen Wirbelstromverlusten und mit kleinster Frequenz- und Amplitudenabhängigkeit, wie sie die hohe Güte der jetzigen Kabelverbindungen erfordern.

Es ist nun interessant, die elektrischen Eigenschaften der drei im Kern enthaltenen Sprechkreise auf ihre Brauchbarkeit für Rundfunkübertragungen hin zu studieren und zu untersuchen, welche Maßnahmen getroffen werden mußten, um den Anforderungen der Musikübertragungen vollauf zu genügen.

Zunächst soll die spezifische Dämpfung der Stammleitung und des Viererkreises miteinander verglichen werden. Diese ergibt sich aus der Formel:

$$\beta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{A}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

worin R der Kupferwiderstand der Leitungen, C die Betriebskapazität, L die Selbstinduktion und A die Ableitung bedeuten. Die Ableitung ist schlechtweg als Leitfähigkeit des Dielektrikums für Wechselstrom anzusehen. Im idealen Falle entspricht die Ableitung dem reziproken Gleichstromisoliationswiderstande. Als Maß für die Größe der Ableitung ist das Siemens eingeführt, das ist die einem Megohm entsprechende Leitfähigkeit. Der Energiefluß erfolgt also nicht nur längs der beiden Kupferleitungen, sondern wird um den durch das Isolationsmaterial fließenden Anteil geschwächt. Je größer also die Ableitung, desto größer der Energieverlust, um so größer die Dämpfung. Bei den mit Papier isolierten Drähten weist das stark getrocknete Dielektrikum eine sehr kleine Ableitung auf, so daß der in der Gleichung enthaltene durch die Ableitung bestimmte Teil klein wird und für unsere Betrachtung vernachlässigt werden kann. Sämtliche Werte sind pro Kilometer in Ohm, Farad, Henry und Siemens einzusetzen; so ist für die Stammleitung $R = 54 \Omega$, $C = 0,033 \mu\text{F}$, $L = 0,1 \text{ H}$ und $A = 0,8 \mu\text{S}$. Aus der Rechnung ergibt sich etwa eine Dämpfung für die Stammkreise:

$$f_{st} = 0,016.$$

Für den Viererkreis ist einzusetzen: $R = 27 \Omega$, $C = 0,057 \mu\text{F}$, $L = 0,07 \text{ H}$. Daraus ergibt sich eine Viererdämpfung:

$$\beta_v = 0,017.$$

Die beiden Dämpfungen stimmen untereinander so gut überein, daß weder dem einen noch dem andern Sperrkreis der Vorzug gegeben werden kann.

Bei der Untersuchung der Eigenfrequenz wird das Bild sich zugunsten des Vierers verschieben. Aus der Betrachtung der Abb. 1 ergibt sich, daß das Kabel einen Kettenleiter aus symmetrischen Einzelgliedern darstellt, die als Schwingungskreise anzusehen sind. Zur übersichtlichen Anschauung mag Abb. 2 dienen, in der nur die Stammspule — die Vierspule ist unwirksam, da es sich bei dieser Betrachtung um Stammbetrieb handelt — gezeichnet ist. C_1 und C_2 stellen die Betriebskapazität für je einen Kilometer Kabelleitung dar, wobei $C_1 = C_2 = 0,033 \mu\text{F}$ beträgt. In diesem Schwingkreis liegen C_1 und C_2 hintereinander, so daß eine wirksame Kapazität von $0,0165 \mu\text{F}$ entsteht. Für die Berechnung der Eigenfrequenz dieses Schwingkreises gilt die allen Amateuren geläufige Thomsonsche Schwingungsformel:

$$n = \frac{1}{2\pi \sqrt{C \cdot L}}$$

Danach ergeben sich 2800 Hertz für die Eigenfrequenz der Stammleitung. Entsprechend ist zur Berechnung der Vierereigenfrequenz ein $C = 0,0285 \mu\text{F}$ und ein $L = 0,07 \text{ H}$ einzusetzen, woraus sich für die Eigenfrequenz 3560 Hertz ergeben. Dem Vierer wäre also für die Übertragung der Vorzug zu geben. Tatsächlich ist er auch in dieser Form zur Zeit auf einigen Strecken ausgenutzt, z. B. von Berlin—Stettin bzw. Berlin—Leipzig—Weimar oder Dresden, oder Hamburg—Bremen bzw. Hamburg—Hannover oder Hamburg—Kiel.

Es war bereits gesagt, daß Wechselströme bis 10 000 Hertz zur vollkommnen Musikübertragung über die Leitungen geschickt werden müssen. Daraus geht hervor, daß die Benutzung des Kernvierers in seiner ursprünglichen Form nur einen Notbehelf bilden kann. Durch passende Wahl der Spulen kann die Eigenfrequenz ganz erheblich heraufgesetzt werden. Die Reichspost scheute daher auch nicht vor finanziellen Opfern zurück, die eine Umpupinisierung der bereits fertiggestellten Kabelanlagen mit sich bringen mußte. Die für den Ersatz der alten Viererspulen vorgesehenen „Rundfunkspulen“ werden aus zwei 0,0047 H betragenden Viererspulen gebildet. Die Stammleitungen bleiben mit 0,2 H-Spulen belastet, worüber noch besonders zu sprechen ist. Der Rundfunkvierer wird also mit 0,0094 H gegen 0,07 H pupinisiert. Daraus ergibt sich die gewünschte Eigenfrequenz von etwa 9800 Hertz. Die sehr geringe Selbstinduktivität der Viererspulen verursacht eine beträchtliche Dämpfungszunahme. Den unterschiedlichen Verlauf der Dämpfungen der verschiedenartig pupinisierten Vierer zeigt Abb. 3. Die Schaulinie a zeigt den raschen Aufstieg des normal pupinisierten Vierers schon bei 3000 Hertz, während der Aufstieg der Schaulinie b der Rundfunkpupinisierung bei 9000 Hertz beginnt. Durch den Einbau mehrfach hintereinander geschalteter Verstärkersätze, die in regelmäßigen Abständen von 75 km im Leitungskreis eingeschaltet werden, wird die hohe Dämpfung unter gleichzeitig vollständiger Entzerrung aufgehoben.

Um die besonders günstigen Übersprechverhältnisse des Kernreviers gegen alle übrigen Sprechkreise des Kabels zu erhalten, war es notwendig, besondere Maßnahmen beim Einbau der Rundfunkspulen zu treffen, damit die Spulen untereinander sich nicht beeinflussen. Für das Übersprechen auf den Rundfunkspulensatz ist ein Dämpfungsmaß $b = 14$ vorgeschrieben. Das ist eine bisher im Fernsprechwesen nicht übliche außerordentlich hohe Anforderung, deren schwierige Erfüllung man sofort bei Betrachtung der Exponentialgleichung erkennt, in der das Dämpfungsmaß b den Exponenten bildet. Es ist nämlich

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{1}{2} \cdot e^b,$$

worin E_1 die induzierende, E_2 die induzierte Spannung und e die Basis der natürlichen Logarithmen bedeuten. Es ist also

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{1}{2} \cdot 2.72^{14} \approx 606\ 000.$$

Durch sorgfältigste Beachtung aller für die Anlage wichtigen Faktoren, nicht zuletzt unter Aufwand eines größeren tech-

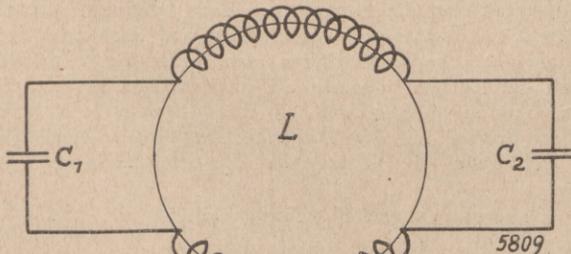


Abb. 2.

nischen Apparates, kann eine erstklassige Übertragung der Rundfunkdarbietungen von einem Aufnahmeaum auf beliebig viele durch Fernkabel verbundene Sender sichergestellt werden. Praktisch bedeutet das eine Übertragung auf alle Sender, da diese fast alle in größeren Städten gelegen sind, die durch die Engmaschigkeit des deutschen Fernkabelnetzes sowieso durch Kabelleitungen miteinander verbunden sind.

Die Stammleitungen des Kernreviers haben die normale Pupinisierung behalten, um einmal ihre beiden Sprechkreise nicht dem Fernsprechverkehr zu entziehen und um sie für Meßzwecke zur Überwachung des Kabels zur Verfügung zu haben, da bei eventuellen Wasserschäden der Kernvierer stets betriebssicher bleibt, weil er durch den besonderen Blei-

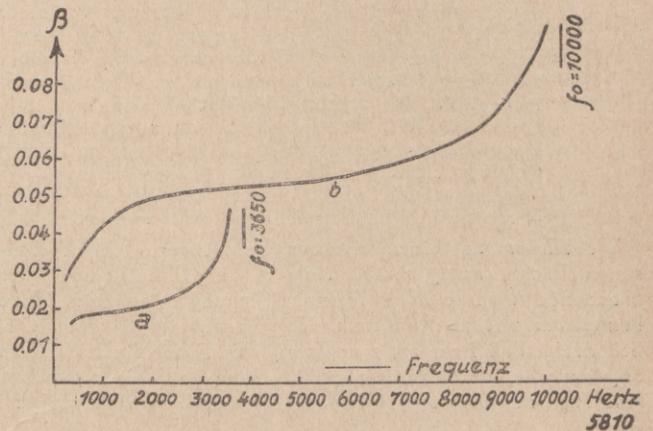


Abb. 3.

mantel gegen eindringende Feuchtigkeit geschützt ist. Soweit mir bekannt, ist in Süddeutschland für einige kürzere Kabelverbindungen gleichzeitig für Stamm- und Viererkreise eine Musikpupinisierung für Opernübertragungen geplant worden.

Mit dem Einbau der Rundfunkspulen ist bereits 1926 begonnen worden. Als Hauptaufgabe ist zunächst die Pupinisierung der Kabelstrecke Berlin—Wien in Aussicht genommen worden. Ein Teil dieser Kabelverbindung Nürnberg—Passau—Wien ist bereits fertiggestellt. Die Strecke Berlin—Leipzig—Nürnberg ist in Vorbereitung. Ebenfalls fertig und erfolgreich in Betrieb genommen ist das Kabel Dortmund—Düsseldorf—Köln.

Eine holländische Stiftung für Funckerfindungen. In der Generalversammlung der „Nederlandsch Vereeniging voor Radio-Telegrafie“, die dieser Tage im Haag stattfand, war mitgeteilt worden, daß der bisherige Präsident der Gesellschaft, A. Veder, dieser eine Summe von über 160 000 M. (nach deutschem Gelde) zur Verfügung gestellt hätte. Es ist nun vorgeschlagen worden, mit diesem Betrag eine Stiftung, die den Namen „Vedersche wissenschaftliche Radiostiftung“ führen soll, zu begründen. Ihre Zinsen sollen alljährlich zu neun Zehnteln als Preis für die beste Erfindung oder Anwendung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse auf dem Gebiete des Funkwesens — im weitesten Sinne des Wortes — dienen. Als Preisträger kommen nur Mitglieder der genannten Gesellschaft, die holländische Staatsangehörige sind, in Betracht. Das übrigbleibende Einzehntel der Zinsen soll zu Werbezwecken verwendet werden.

Patenteinigung in Amerika. Zwischen der Crosley Radio Corporation (Cincinnati) und der Radio Corporation of America (RCA) ist kürzlich ein Vertrag abgeschlossen worden, der die Crosley Radio Corporation berechtigt, künftig die Patente der RCA, der General Electric Company, der American Telephone and Telegraph Company sowie der Westinghouse Electric and Manufacturing Company — insgesamt über 100 grundlegende Patente — zu benutzen.

Größere Rundfunksender in Japan. Die Leistung der Rundfunksender in Tokio, Osaka und Nagoya soll möglichst noch im Laufe d. J. auf 10 kW erhöht werden. Ebenso sollen die für Hiroshima, Kumamoto, Sapporo und Sendai in Aussicht genommenen Sendestellen, mit deren Inbetriebnahme zum nächsten Frühjahr gerechnet wird, eine Leistung von 10 kW erhalten.

Die Normung im Rundfunk

Von
Eduard Rhein.

Bereits in Heft 36 des „Funk“, das zur vorjährigen Funkausstellung erschien, setzte der Verfasser die Notwendigkeit der Normung in der Funkindustrie auseinander. Jetzt hat er seine Arbeiten auf diesem Gebiet zu einem kleinen Buch zusammengefaßt, das soeben im Beuth-Verlag in Berlin erscheint. Wir entnehmen diesem ausgezeichneten Nachschlagewerk, das Prof. G. Leithäuser mit einem Geleitwort eröffnet, die folgenden Ausführungen des Verfassers, die wir in einem der nächsten Hefte durch praktische Beispiele ergänzen werden.

Wohl kaum auf einem anderen Gebiet der elektrotechnischen Fachnormung macht sich in der Öffentlichkeit der brennende Wunsch nach Vereinheitlichung in solchem Maße bemerkbar wie im Rundfunk. Die Ursache liegt offensichtlich darin, daß kein anderer Zweig der Elektrotechnik dazu angetan war, in den breitesten Schichten des Volkes gleichen Anklang zu finden: Notwendigkeit und Liebhaberei zu werden.

Ein in der Elektrotechnik durchaus Neues war die Folge: viele versuchten, sich ihr Gerät selbst herzustellen. Die Funkbastler bezogen die erforderlichen Einzelteile und bauten sie zusammen. Als sie später jedoch ihre Apparate erweitern oder ändern wollten, zeigte es sich, daß ein Austausch der verschiedenen Erzeugnisse gegeneinander nicht möglich war ohne Änderungen an der Bauplatte, sofern der neue Teil überhaupt räumlich untergebracht werden konnte.

In der Funkindustrie gingen auch die größeren Werke, die für ihre Empfangsgeräte anfangs alle Einzelteile selbst herstellten, bald dazu über, gewisse Bauteile von anderen Spezialfabriken zu beziehen. Wollte man dabei nicht auf ein ganz bestimmtes Erzeugnis angewiesen sein, so war es erforderlich, daß die benötigten Anschlußmaße durch Normung festgelegt wurden.

Diese Erkenntnisse führten im Frühjahr 1924 zur Gründung einer Normgruppe „Rundfunk“ im Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie E. V.

*

Normen im allgemeinen Sinne heißt vereinheitlichen. Im konstruktiven Sinne bedeutet es: Zurückführen aller bei der Entwicklung der verschiedenen Apparate entstandenen wilden Abmessungen und Formen auf eine Einheit oder eine Reihe von Einheiten, durch die allen vorkommenden technisch begründeten Forderungen Rechnung getragen werden kann.

Ihrem Inhalt nach unterscheidet man drei Hauptgruppen von Normen: 1. Normen für Form und Größe, 2. Normen für Güte und Werkstoff, 3. Normen für Bestellung und Lieferung.

In der Funkindustrie sind die Normen für Form und Größe von besonderer Bedeutung. Diese tritt schon bei einem der einfachsten Schaltelemente, dem Festkondensator, aufs krasseste in die Erscheinung. Die für diesen Apparat angewendeten Konstruktionen gehen in die Hunderte. „Warum?“, wird jeder wirtschaftlich denkende Mensch sich fragen. Der Zweck ist in der Tat nicht einzusehen. Diese Vielheit ist zum Teil durch die Entwicklung entstanden, zum Teil aber auch ist ihre Ursache in einem systemlosen Nebeneinanderarbeiten zu suchen. Allein ein halbes Dutzend Anschlußarten: Schraubklemmen, Federklemmen, Quetschklemmen, Schraubhülsen, Buchsen für Stecker, Lötösen! Befestigung durch zwei, drei, vier Schrauben oder eine zentrale Schraube. Und bei jeder Konstruktion andere Abmessungen!

Wozu dieses Übermaß an konstruktiver und zeichnerischer Arbeit? Wozu diese tausend ungleichen Werkzeuge, die durch ihre Einzelfertigung besonders hohe Kosten verursachen?

Was sollen die fünfzig im Handel erhältlichen Kapazitätsgrößen, nachdem es sich gezeigt hat, daß sechs bis acht Werte für alle normalen Zwecke vollkommen ausreichen? Diese übermäßig großen Typenreihen verhindern zeit- und geldsparende Serienfabrikation und verteuern dadurch das einzelne Erzeugnis. Sie zwingen Hersteller und Händler zu größerer Lagerhaltung und entziehen so der Wirtschaft flüssiges Kapital. Sie erfordern längere Lieferzeiten und verhindern durch Zersplittern der geistigen Arbeit auf viele Typen die Durchbildung tatsächlicher Höchstleistungen.

Diese fortdauernde Verschwendung in der Industrie zu verhindern, das ist der Zweck der Normung.

Aber keineswegs ihr letztes Ziel. Dieses Ziel ist weiter gesteckt: es will austauschbare Einzelteile, ohne Rücksicht auf den Hersteller des Teils. Jeder Drehkondensator muß sich gegen einen anderen austauscheln lassen ohne die kleinste Änderung an der Bauplatte. Und zu diesem neuen Kondensator soll der bisher gebrauchte Drehknopf passen.

Damit nicht genug! Auch die elektrischen Abmessungen, Kleinstwert und GrößtWert, müssen übereinstimmen!

Bei allem aber darf die Norm ihre strengen Grenzen nicht überschreiten. Sie soll die Entwicklung ordnen, aber sie darf sie nicht hemmen. Daher hat sie sich stets auf die Festlegung der Anschlußmaße zu beschränken, weil nur diese für die Austauschbarkeit der Erzeugnisse von Bedeutung sind.

Normung ist wohl eine technische Aufgabe, aber sie ist in erster Linie eine wirtschaftliche Maßnahme. Und nicht immer ist das technisch Beste auch das wirtschaftlich Günstigere.

Widerstände mit einer Toleranz von ± 2 v. H. sind besser als solche mit ± 15 v. H.; aber für die Rundfunkzwecke würde kein Mensch den durch die bedeutend schwierigere Herstellung bedingten wesentlichen Mehrpreis zahlen wollen.

So stellt also jede Norm das Ergebnis technischer und wirtschaftlicher Überlegungen dar und somit leider auch nicht in jedem Fall die technisch vorteilhafteste Lösung.

*

Weiter oben wurde bereits angedeutet, inwieweit der Rundfunk gegenüber der allgemeinen Elektrotechnik eine Sonderstellung einnimmt. Diesem Umstande muß bei Herausgabe der Normblätter irgendwie Rechnung getragen werden.

Allgemein sind die Fachnormen dazu bestimmt, vor allem in den Konstruktionsbüros studiert und berücksichtigt zu werden. Von Fachspezialisten also, denen bei allen Rückfragen ein Normeningenieur als Sachverständiger zur Seite steht. Anders im Rundfunk, wo Hunderttausende sich selbst in ihrer Freizeit mit dem Bau eines Empfängers beschäftigen und sich dabei die Vorteile der Normung zunutze machen wollen.

Was aber fangen sie mit Maßen an, wie $6 - 0,05$, $6^{+0,05}$ oder gar $15^{+0,8}_{+0,3}$ mm?

Oder, was bedeutet und bezweckt diese oder jene Vorschrift? Weshalb hat man diesen Röhrensockel genormt und nicht jenen?

Man mag geteilter Ansicht darüber sein, wie weit es notwendig ist, zu einem Normblatt derartige Erklärungen zu geben. Eins aber steht fest: Ihr könnt Eure Konstrukteure zwingen, die Normen zu berücksichtigen — nicht aber den Bastler, als Verbraucher der Einzelteile. Auch ihn im Geiste an der Entstehung der Blätter, an allen Überlegungen teilnehmen zu lassen, ihn so zu wirtschaftlichem Denken anzuregen und für die Normungsbestrebungen zu gewinnen, das ist der Zweck dieser Schrift.

Wicklungen bezeichnen wir folgendermaßen (Zahlen treten in Abb. 18 und 19 auf): Oberer Anfang der Primärwicklung = 1, unteres Ende der Primärwicklung = 3, mittlere Anzapfung der Primärwicklung = 2; oberer Anfang der Sekundärwicklung = 4, unteres Ende der Sekundärwicklung = 6, mittlere Anzapfung der Sekundärwicklung = 5.

sitzt. An diese Kabelschuhe löten wir die Wicklungsenden und nach der Montage auch die Verbindungsleitungen an. Zur Befestigung dieser eigenartigen Drosseln, die in dieser Form von allerbesten Wirksamkeit sind, benötigen wir schließlich ein Hartgummiplättchen 20×30 mm, 4 mm stark, das mit zwei Bohrungen versehen wird. In den Körper

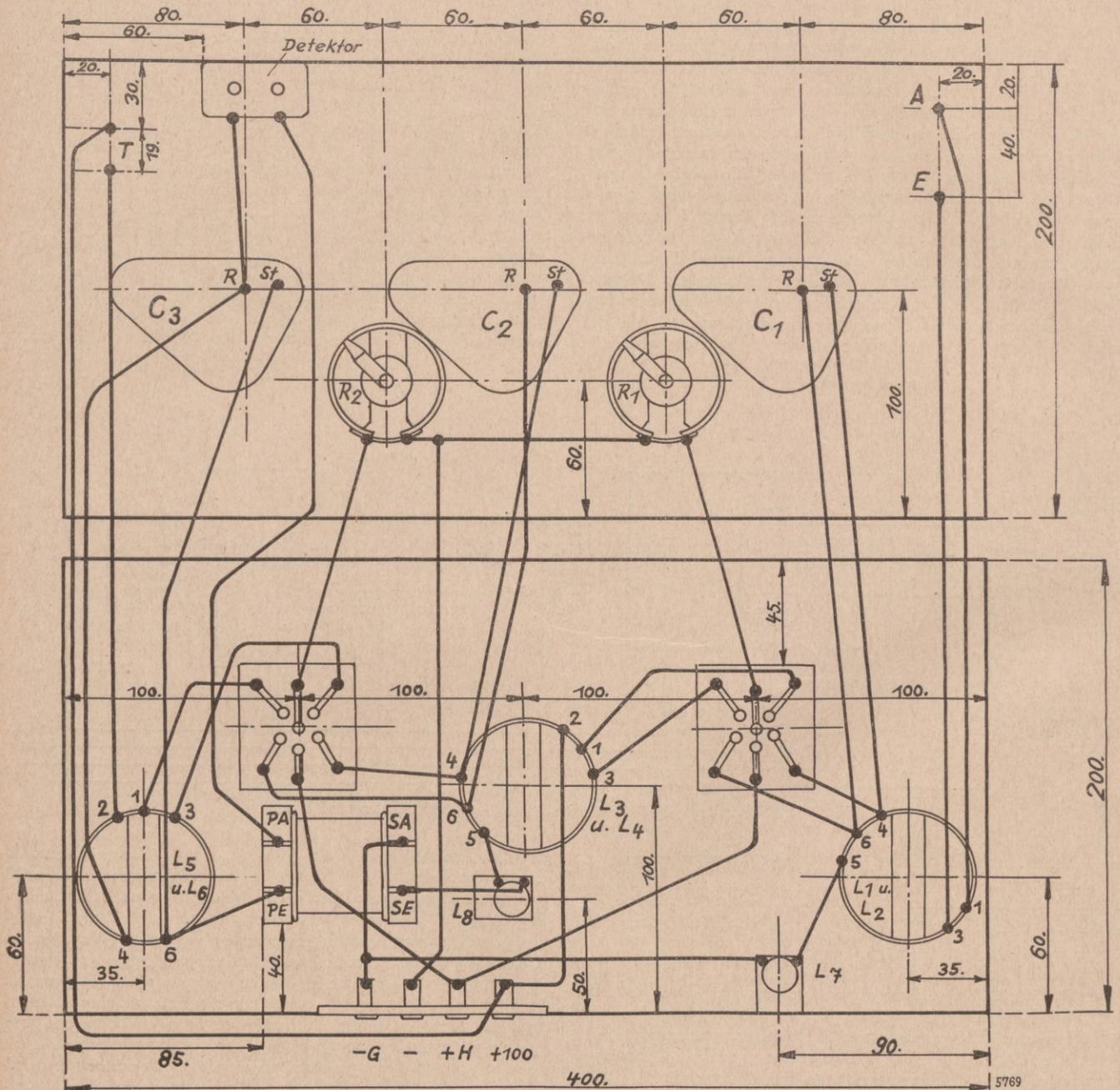


Abb. 19. Bauplan zum Gegentaktempfänger nach Schaltung Abb. 18.

Auch die Drosseln L_7 und L_8 stellen wir uns selbst her. Als Wicklungskörper brauchen wir zwei Stäbe aus Hartgummi, Pertinax, Trolit oder dergleichen von je 15 mm Durchmesser und 100 mm Länge. Zur Wicklung benutzen wir umspunnenen oder emaillierten Konstantdraht von 0,1 mm Durchmesser, und zwar bringen wir 500 Windungen sauber nebeneinander an. Neben dem Anfang und dem Ende bohren wir ein kleines Loch in den Wicklungsstab, von einem Durchmesser, daß ein kleiner Kabelschuh mit seinem gerollten Ende gerade straff hineinpaßt, also fest-

der Drossel wird von unten zentrisch ein Loch gebohrt und Gewinde von 3 mm Durchmesser hineingeschnitten, so daß die Platte angeschraubt und das Ganze schließlich durch eine zweite Schraube auf der Grundplatte des Empfängers befestigt werden kann. Einen Schnitt durch die Befestigung der Drossel, aus dem auch die Ausbildung der Lötöse zu ersehen ist, bringt Abb. 23.

Abb. 24 läßt dagegen erkennen, wie die Hochfrequenztransformatoren befestigt werden; wir brauchen dazu eine Holzleiste A von etwa 15×15 mm Querschnitt, die mit

Stiften B am Pertinaxzylinder, mit Schrauben C aber auf der Grundplatte befestigt wird.

Haben wir alle Teile nach dem Bauplan montiert und alle Verbindungen ausgeführt, so prüfen wir sie an Hand der Prinzipschaltung Abb. 18 noch einmal genau durch, ehe wir die Batterien anschalten. Zunächst wird nur die zweite Röhre in Betrieb genommen, die Antenne also an Klemme 1 der Spule L_3 gelegt, die Leitung zur Anodenbatterie, die normal an Klemme 2 liegt, entfernt und die Erde bei 3 angeschlossen. Die Nadel des Detektors muß den Kristall berühren. Die zweite Röhre wird normal geheizt und der Kondensator C_3 stets um 2 Grad weitergestellt, C_2 aber bei

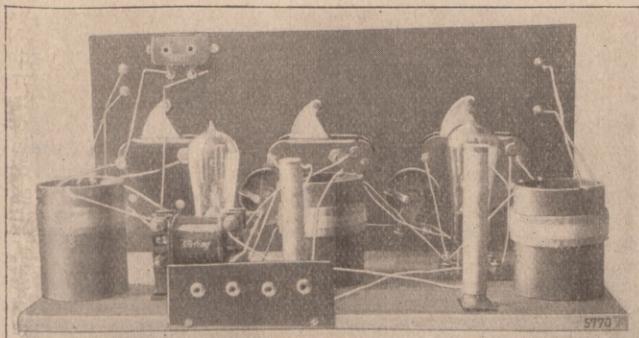


Abb. 20. Rückansicht des Gegentaktempfängers (ohne Detektor).

jeder Stellung von C_3 ganz durchgedreht. An irgendeiner Stelle muß man Empfang bekommen, den man durch Verstellen der Kondensatoren, durch richtige Einregulierung der Heizung und durch Einstellen des Detektors auf größte Empfindlichkeit verbessern kann. Die Stellungen der beiden Kondensatoren notiere man genau, ehe man die Verbindung von +A nach Klemme 2 der Spule L_3 wieder herstellt und Antenne und Erde an L_1 anschaltet. Wenn die beiden

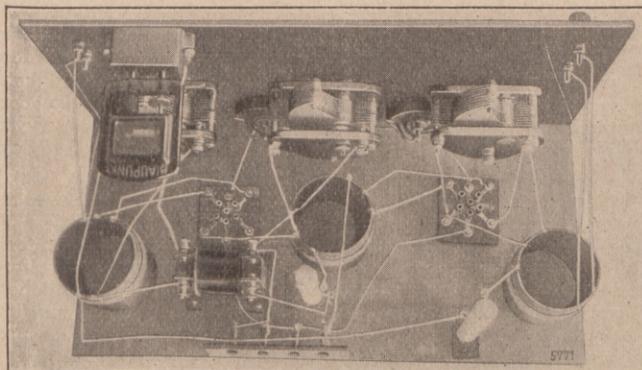


Abb. 21. Ansicht des Gegentaktempfängers von oben (ohne Röhren).

letzten Kondensatoren ihre ursprüngliche Stellung beibehalten und der erste Kondensator langsam durchgedreht wird, muß man den Sender nunmehr mit größerer Lautstärke hören. Man reguliere die Kondensatoren und die Heizung nach, bis der Empfang gut ist. Wenn die Röhren einwandfrei sind, besonders in bezug auf das Vakuum, wird man mit diesem Gerät an der Freiantenne und auch an einer guten Zimmerantenne alle großen europäischen Sender in den Lautsprecher bringen, aber nicht nur gerade so, sondern völlig zufriedenstellend. Eine Schwingneigung wird sich in der Regel nicht zeigen. Trotzdem besitzt das Gerät größte Lautstärke und eine vorzügliche Selektivität. Tritt eine Schwingneigung auf, so hilft meist Wenigerheizen der beiden Röhren; die Lautstärke geht hierdurch in der Regel

nicht zurück. Ist sie auch dadurch nicht zu beseitigen, so muß eine Neutralisierung der ersten Röhre durch die punktiert eingezeichneten Neutrodome üblicher Konstruktion erfolgen. Oft zeigt es sich auch von Vorteil, wenn man die Gittervorspannung mit Hilfe eines Potentiometers in der be-

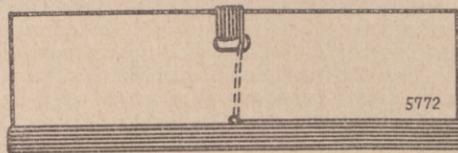


Abb. 22. Die Herstellung der Lötösen an den Hochfrequenztransformatoren.

kannten Weise variabel gestaltet. Ich habe übrigens über zu leichtes Schwingen dieses Apparates nie klagen können, mich vielmehr stets über sein äußerst sauberes Arbeiten gefreut wie über die scharfe Abstimmung, die von keinem Pfeifen begleitet ist. Gerade bei diesem Gerät ist die Röhrenfrage aber von großer Wichtigkeit, und beste Doppelröhren sind für das einwandfreie Funktionieren Bedingung.

Prinzipiell ist es möglich, auch die erste Röhre zu einer weiteren Niederfrequenzverstärkung heranzuziehen. Dadurch wird die Schaltung aber so schwierig und widerspenstig, kommt so leicht in Eigenregung, die Neutralisierung wird

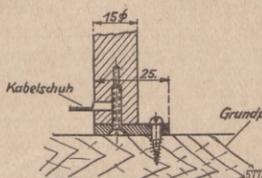


Abb. 23. Die Befestigung der Drosselspule.

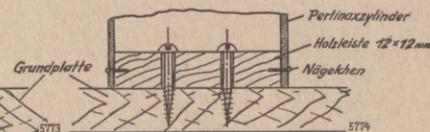


Abb. 24. Die Montage der Hochfrequenztransformatoren.

unverhältnismäßig schwierig, daß ich hierzu nicht raten kann. Besser ist es, an das Gerät einen Pentatron-Gegentakverstärker mit einer weiteren Doppelröhre anzuhängen, dessen Schaltung in Abb. 25 gezeigt ist. Ein Bauplan erübrigt sich hier, da die Schaltung äußerst einfach ist und kaum falsch hergestellt werden kann. Die Schaltung Abb. 18 habe ich übrigens mit einem normalen Vierröhren-Neutrodyne-Empfänger verglichen und hierbei feststellen können, daß sie diesem in der Leistung etwas überlegen ist.

Es wäre noch darauf hinzuweisen, daß man aus Schaltung Abb. 18 auch die erste Röhre herauslassen kann; man be-

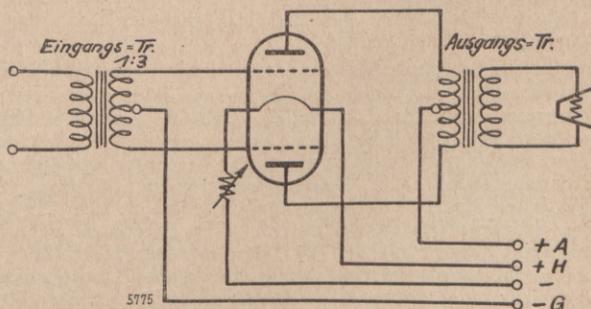


Abb. 25. Schaltung eines Einfach-Gegentakt-Niederfrequenzverstärkers mit Doppelröhre.

kommt dann einen Pentatronempfänger mit einer Röhre, die erst als Gegentakt-Hochfrequenzverstärker, dann als Niederfrequenzverstärker arbeitet; der Detektor richtet gleich. Diese Schaltung ist vor allem zum Lautsprecherempfang des Ortssenders, sowie an guten Hochantennen auch zum Fernempfang brauchbar.

Die Lebensdauer von Niederfrequenztransformatoren

Kein „Nachlassen“ der Transformatoren. — Fahrlässigkeit der Bastler. — Eine Anregung für die Fabrikanten. — Die deutschen Fabrikate sind gut!

In den Heften Nr. 3, 15 und 20 des „Funk-Bastler“ 1927 wurden verschiedene Erfahrungen mit Niederfrequenztransformatoren mitgeteilt. Abgesehen aber von den Darlegungen in Heft 20 werden zahlenmäßige Angaben über die Lebensdauer nicht gegeben. Vor allem muß festgestellt werden, daß die gemachten Beobachtungen recht sonderbar sind und keinesfalls sich auf Markenware beziehen können, was auch in der Zuschrift in Heft Nr. 20 zum Ausdruck kommt.

Auch ist das Referat aus *Wireless World* nicht ohne Widerspruch. Einerseits wird behauptet, daß die „X“-Erscheinungen nur bei Telephonen (Hörern) mit hohem Eigenwiderstand, — aber auch bei solchen mit niedrigem Eigenwiderstand auftreten. — Die Erwärmung der Wicklungen kann keine sehr große sein, wenn man die im Transformator in Wärme umgesetzte Gleichstrom- und Wechselstromenergie berechnet.

Obwohl, wie schon erwähnt, zahlenmäßige Angaben über die Lebenszeit der Transformatoren fehlen, erscheint diese nach der Menge der gestorbenen Transformatoren extrem kurz. Abgesehen von der Güte des Fabrikates kommt es natürlich auch auf die Behandlung an; in dieser Hinsicht mögen vielleicht viele schwerwiegende Fehler begangen werden, indem manchen Dingen eine größere mechanische Festigkeit zugetraut wird, als sie in Wirklichkeit haben. Sehr leicht können Drahtbrüche oder Kurzschlußwindungen dadurch eintreten, daß Werkzeug, z. B. ein Schraubenzieher oder dergl. auf die meist wenig geschützte Wicklung des Transformators fällt. Das kann selbstverständlich kein Grund sein, die natürliche Lebensdauer eines Transformators als kurz zu bezeichnen.

Von den in meinem Besitz befindlichen Transformatoren hat noch keiner das „Nachlassen“ gezeigt. Dabei benutze ich verschiedene Verstärker mit Transformatoren und Gegentaktransformatoren seit etwa 2½ Jahren bzw. 1½ Jahren.

Es wäre erfreulich, zu erfahren, daß die deutschen Erzeugnisse den ausländischen nicht nachstehen, sondern an Güte und Haltbarkeit anderen Fabrikaten vorbildlich sind.

*

J. A. Reppisch.

Bereits seit einem Jahr befasse ich mich mit der Qualitätsuntersuchung der Kernwicklungen von N.F.-Transformatoren. Im folgenden sei ein kurzer Ausschnitt aus dem Resultat dieser Untersuchungen über N.F.-Transformatoren mit Lackdrahtwicklungen wiedergegeben.

Untersucht wurden vier unbrauchbare sowie vier neue Transformatoren verschiedener Firmen. Die Versuchsanordnungen erstreckten sich auf: Widerstandsmessungen, Dauerbelastungen und Erwärmung der Transformatoren, Prüfung des Lackdrahtes nach den V.D.E.-Vorschriften, sowie mikroskopische Untersuchungen.

Das Gesamtergebnis läßt sich kurz dahin zusammenfassen:

Was die Amerikaner über die Lebensdauer von Niederfrequenztransformatoren mitteilen, hat im gewissen Sinne seine Berechtigung. Aber nicht nur in der Primärwicklung, sondern auch im Sekundärkreis treten Unterbrechungen auf. Weiter sind nicht alle Niederfrequenztransformatoren der allmählichen Zerstörung preisgegeben, sondern nur ein geringer Prozentsatz. In der Praxis wird allerdings meistens zuerst die Zerstörung der Primärseite eintreten. Zu begründen ist das wahrscheinlich mit einer durch größere Stromstärke bedingten, starken Elektrolytwirkung (Korrosionserscheinungen) an den durch Oxydation angegriffenen Stellen. Oxydationsstellen können verschiedene Ursachen haben: z. B. Handschweiß beim Wickeln stark fehlerhaften Drahtes. Die Fehler sind meistens mit dem Auge nicht erkennbar. Es gibt aber Prüfverfahren, mit denen man die Fehlerzahl und Qualität des Isolierlackes in der Fabrikation leicht feststellen kann¹⁾.

Der grundsätzliche Anlaß zur Zerstörung des Kupferlei-

ters kann, wie aus meinen Untersuchungen hervorgeht, einmal schon in der Kupfer- und Drahtfabrikation liegen (Wasserstoffbläschen im Kupfer, schlechte Dehnung), zum anderen aber auch in der Lackdrahtfabrikation: z. B. Säureverbindungen der Lackausschwitzungen bei zu wenig gebranntem Lack, bei hartem verbranntem Lack und perligem Lack, verursacht durch kleine Luftbläschen.

Um Trugschlüsse über die Lebensdauer der Niederfrequenztransformatoren zu verhindern, sei anschließend die Frage aufgeworfen, wieviel Prozent Ausschuß entfallen denn auf 100 Transformatoren? Das wird so ohne weiteres wohl schwer zu ermitteln sein. Aber helfen wir uns auf andere Art. Ein ungefähres Bild müssen wir erhalten, wenn wir den durchschnittlichen nicht bemerkten Ausschuß (Erfahrungswert) des Drahtes einer modern aufgezogenen Lackdrahtfabrik heranziehen. Der Ausschuß soll sich nur auf die Anzahl der fabrizierten Drahtrollen in den in Frage kommenden Drahtstärken beziehen. Es sei ferner angenommen, daß jede Drahtrolle Draht für zwei Transformatoren Kerne enthält. Erfahrungsgemäß dürften 1 v. H. der fraglichen Drähte nicht erfaßt werden. Folglich werden annähernd 2 v. H. der Transformatoren eine engbegrenzte Lebensdauer haben. Von der Fabrikationsseite aus gesehen ist das natürlich ein unwesentlicher Ausschuß. In der Praxis scheint die Sache aber doch etwas ungünstiger zu liegen. Denn meinen Ausführungen liegen die annähernden Zahlen einer modernen Lackdrahtfabrikation zugrunde. Meines Wissens gibt es aber wenige Werke, die einen allen Ansprüchen gerecht werdenden emaillierten Kupferdraht liefern.

Vielleicht wird aber doch die eine oder die andere Transformatorfirma meinen Anregungen folgen und Versuche und Untersuchungen in der angegebenen Richtung vornehmen. — Dem Verbraucher ist zu empfehlen nur garantierte Transformatoren, die mit nach den V.D.E.-Vorschriften geprüftem Lackdraht gewickelt sind, zu kaufen.

*

Kurt Feltn.

Die Erklärung für diese Zerstörung ist in der Hauptsache in der Herstellung zu suchen. In manchen Betrieben werden oder wurden die Anschlüsse der S-Windungen an die Klemmen von den Spulen-Mädchen mittels Lötpaste oder -masse angelötet. Vielfach wurde die Paste, die in der Hauptsache aus einem Gemisch von Zinn und Chlorzink besteht, mit den Fingerspitzen in bequemer Weise aufgetragen.

Wurden nun weitere Spulen aufgespult, so gelangten kleine, den Fingern anhaftende Reste auf den Draht. Mit der Zeit durchdrangen diese Reste die Drahtumhüllungen, und es fand eine Einwirkung und Umsetzung zwischen Kupfer und den Pastenresten statt, die sich in allmählicher Oxydation und Zerstörung des haarfeinen Drahtes auswirkte.

Daher der grünlich-blasige Überzug der Bruchstellen und das Rauschen des Transformators vor seinem völligen Versagen. Sorgfältige und saubere Arbeit bei der Herstellung der Transformatoren lassen derartige Erscheinungen zur Unmöglichkeit werden.

Th. Pfannenstiel.

Die Bearbeitung von Aluminium. Zu den Ausführungen „Frontplatten aus Aluminium“ von Erich Schwandt in Heft 27 des „Funk-Bastler“ möchte ich darauf hinweisen, daß sich Aluminiumplatten bedeutend leichter als Hartgummi- oder sonstige Isolierstoffplatten bearbeiten lassen, wenn man dabei das Werkzeug mit Terpentinöl einfeuchtet und ständig feucht hält. Aluminium wird in jeder Stärke in Platten von der Größe 50 × 50 cm verkauft, diese Platten werden sowohl in ganzer Größe als auch in Streifen von 50 cm Länge und beliebiger Breite abgegeben. Berechnung erfolgt nach Gewicht, das Kilogramm kostet etwa 3,20 M., das spezifische Gewicht ist 2,7, so daß man sich den ungefähren Preis jeder Platte leicht ausrechnen kann.

Dr. Borchardt.

1) Vgl. E. T. Z. Jahrgang 26, Heft 36, Seite 1050.

Eine Röhrenmeßanordnung mit nur einem Meßinstrument

Von
cand. electr. P. G. Violet.

Der Wunsch jedes ernsthaften Bastlers wird es sein, die Röhren, mit denen er arbeitet, selbst untersuchen zu können. Die von den Firmen beigegebenen Charakteristiken stellen nur Mittelwerte aus der Gesamtfabrikation dar, wengleich auch bei den modernen Herstellungsmethoden die Abweichungen im allgemeinen wohl nur gering sind. Ferner kann es von Interesse sein, die Röhren bei etwas veränderten Verhältnissen, bei anderer Heizung, anderer Anodenspannung kennenzulernen. Schließlich ist ein tieferes Eindringen in die Theorie der Röhre und ihre praktische Verwertung nur dem möglich, der selbst auf dem Wege exakter Messung ihre Eigenschaften prüft.

Auf die Bedeutung der einzelnen Röhrendaten und Kennlinien soll hier nicht näher eingegangen werden, ebenso wenig auf die eigentliche Vornahme der Messungen und das Auftragen der Werte auf Millimeterpapier. Alles das ist in dieser Zeitschrift bereits früher genügend oft und teilweise auch für weniger Fortgeschrittene ausführlich genug besprochen worden¹⁾.

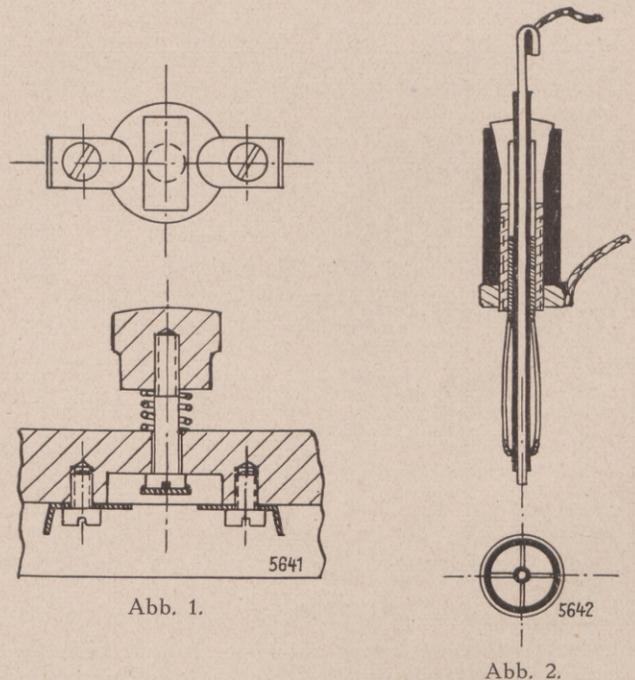
Es soll im folgenden nur der Bau einer Meßanordnung beschrieben werden, die sich durch die geringstmöglichen Kosten auszeichnet. Einen Röhrensockel, Potentiometer, einige Klemmen usw. wird wohl jeder leicht für diesen Zweck hergeben wollen, aber vor der Anschaffung mehrerer Meßinstrumente werden die meisten bisher doch zurückgeschreckt sein. Bei geschickter Anordnung ist es leicht möglich, sämtliche in Frage kommenden Messungen, besonders das Aufnehmen von Kurven, äußerst bequem nur mit einem Instrument vorzunehmen. Man hat dabei den Vorteil, sofern eine zweite Person protokolliert, das Auge während der ganzen Meßreihe nicht von dem Instrument abwenden zu brauchen, was ein außerordentlich rasches Arbeiten ermöglicht.

Es liegt nahe, daß infolge der vorzusehenden Umschaltmöglichkeiten der Aufbau einer solchen Anordnung gegenüber der Verwendung mehrerer Instrumente ein wenig verwickelter ist, so daß gerade hier ein fester Zusammenbau zu einem jederzeit sofort betriebsfertigen Gerät sich lohnt. Die eigentliche Voraussetzung ist, daß man den Hauptteil des Instruments, die Drehspule, nach Belieben an jede in Frage kommende Stelle der Schaltung legen kann, während die Neben- und Vorwiderstände an die betreffenden Stellen der Schaltung selbst angeschlossen sind, also von dem System getrennt sein müssen. Man kann hierzu selbstverständlich jedes gute, genügend empfindliche Drehspulgerät benutzen, zu dem man sich die nötigen Widerstände entweder anschafft oder selbst abgleicht, wozu bereits mehrfach im „Funk“ bzw. „Radio-Amateur“ Anleitung gegeben worden ist.

Ganz besonders geeignet für unsere Zwecke dürfte jedoch ein vor einiger Zeit auf dem Markt gekommenes Gerät sein, das sog. Mavometer²⁾; es zeichnet sich aus durch eine Doppelskala mit Spiegelablesung, Nullstellungskorrektion, hohen inneren Widerstand, ferner durch die Einschalttaste, die zunächst erst einen Schutzwiderstand vor das System legt. Einen kleinen Nachteil besitzt die Konstruktion allerdings: es bleibt nur solange eingeschaltet, als auf die Taste gedrückt wird. Dieser Mangel läßt sich aber leicht auf zwei Arten beheben, entweder durch eine Feststellvorrichtung für die Taste, etwa durch einen darüber zu drehenden Hebel, oder wie ich vorgezogen habe, durch einen besonderen

Dauereinschalter. Als Platz für den Schalter bietet sich die Stelle, wo das Röllchen des Schutzwiderstandes innen etwas in das Gehäuse versenkt ist, zwischen den Klemmen RS und S. Der Widerstand wurde sehr vorsichtig mit mehreren Papierzwischenlagen auf ein flaches Brettchen umgewickelt und in die Mitte des Gehäuses verlegt. Der Schalter ist als Drehtaste (Abb. 1) ausgeführt, d. h. Einschalten erfolgt durch Herunterdrücken und Vierteldrehung, Ausschalten wieder durch Vierteldrehung, wobei der Knopf infolge der Feder wieder herauspringt. Die Schalterbrücke besteht aus einem Messingstreifen, das auf die Schraube der Taste aufgelötet ist, die Kontakte aus Blechstückchen, die zu beiden Seiten der Versenkung durch je eine Schraube befestigt werden.

Der Anschluß des Instruments würde für unsere Zwecke, da die Widerstände auf der Meßanordnung aufgebaut sind,



an den Klemmen —AV und +A erfolgen. Neben- und Vorwiderstände sind zu dem genannten Instrument in rund 50 verschiedenen Größen vorhanden, so daß jeder sich die für seine Zwecke passenden Größen herausuchen kann. Die Trennung des eigentlichen Systems von den Widerständen macht eine so vielseitige gleichzeitige Verwendung desselben Meßgeräts möglich, wie wir sie anstreben.

Wir kommen damit zu der Meßanordnung selbst. Es ist vor allem darauf zu achten, daß das Instrument, das stets doppelpolig angelegt wird, immer die richtige Polarität bekommt. Wir benutzen hierzu, da eigentliche Klinken und Stöpsel wohl zwar bequemer und besser geeignet, aber auch entsprechend teuer sind, einen doppelpoligen Stöpsel (Abb. 2), der aus einem Bananenstecker hergestellt ist. Dieser Stecker wird in gewöhnliche Buchsen eingesetzt, an deren unterem Ende Neusilberfedern den zweiten Kontakt bilden (Abb. 3), die man am einfachsten aus alten Telephontklinken herstellt. Als Plusanschluß bzw. Pluspol nehmen wir den Innenstift des Steckers bzw. die Kontaktfeder an; das Schaltbild dürfte somit in der Hauptsache schon klar sein (Abb. 4).

¹⁾ Vgl. Heft 11 des „Funk“, Jahr 1927, Seite 169, „Die Aufnahme von Röhrenkennlinien“, von Hans Scheibe.

²⁾ Vgl. Heft 6 des „Funk“, Jahr 1927, Seite 96.

Es ist hier gleich die Untersuchung von Doppelgitterröhren vorgesehen worden; wer sich auf gewöhnliche Röhren beschränken will, kann den Innengitteranschluß einfach fortlassen. Wir brauchen für jede zu messende

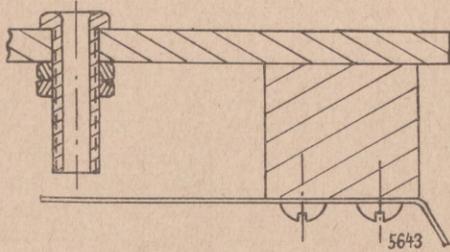


Abb. 3.

Größe eine Buchse, für die Gitterspannungen jedoch zwei, eine für positive, die andere für negative Vorspannung. Die Gitterspannungen werden bei der Messung entweder durch Stöpseln auf der Batterie oder besser durch Potentiometer abgenommen. Das Potentiometer ist bei meiner Anordnung zwar in den Kasten eingebaut, aber frei herausgeführt worden, um es auch anderweitig benutzen zu können. Negative

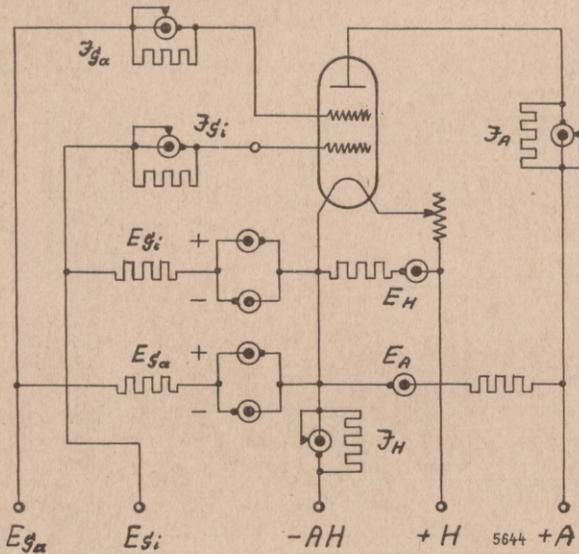


Abb. 4.

Anoden- bzw. Gitterströme treten nur in ganz besonderen Fällen auf, z. B. bei Sekundärelektronen, so daß hierfür keine besonderen Buchsen nötig sind.

Wir kommen nun zu der Einrichtung, die ein äußerst rasches und bequemes Aufnehmen von Kurven ermöglicht (Abb. 5): Wir benutzen nicht einen Stöpsel, sondern deren zwei, möglichst verschiedenfarbige, die wir durch einen

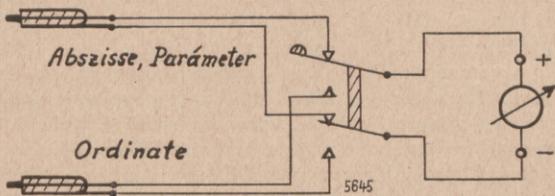


Abb. 5.

doppelpoligen Umschalter abwechselnd an das Instrument legen können. Günstig ist es, wenn der Umschalter durch Federdruck für gewöhnlich an den einen Stöpsel gelegt wird, z. B. durch einen zurückspringenden Kelloggsschalter; ich selbst habe eine kleine Taste unter Benutzung alter Telefonklinkenfedern zusammengebaut. Den ersten Stöpsel,

an dem das Instrument in Ruhe liegt, benutzen wir für die Abszisse, den andern für die Ordinate der aufzunehmenden Kurve. Nehmen wir also z. B. die gewöhnliche Charakteristik einer Röhre auf, also Anodenstrom in Abhängigkeit von der Gitterspannung, so steckt der Abszissenstöpsel in + bzw. - E_{g_1} , der Ordinatenstöpsel in J_a . Das Instrument zeigt die augenblicklich eingestellte Gitterspannung an. Durch Druck auf die Taste, d. h. Umschalten auf den zweiten Stöpsel kann man gleich darauf den zugehörigen Anodenstrom ablesen, worauf sofort durch Weiterdrehen des Potentiometers eine neue Gitterspannung eingestellt werden kann usw., so daß das Durchmessen einer Röhre in der Tat sehr schnell vor sich geht. Die anderen während dieser Meßreihe konstant bleibenden Größen, die sog. Parameter,

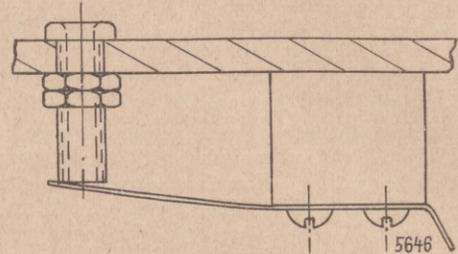
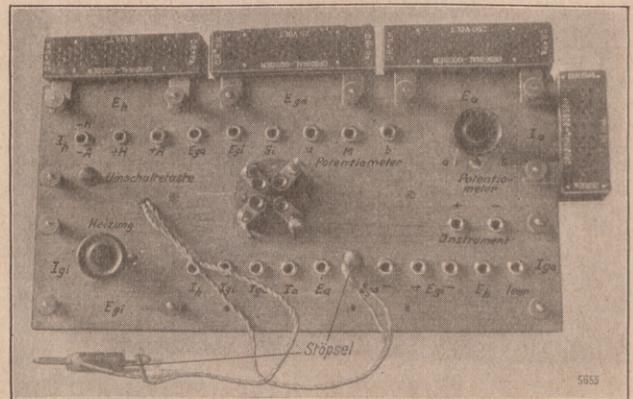


Abb. 6.

Heiz-, Anoden-, Raumladegitterspannung, mißt man am Anfang oder am Ende der Meßreihe oder besser zur Kontrolle beide Male durch einfaches Umsetzen des Abszissensteckers. Es ist zweckmäßig, die Buchsen für die Strommessungen durch die Kontaktfedern, die man auf der Buchse aufliegen läßt, kurzzuschließen (Abb. 6), so lange kein Stöpsel steckt. Hat man nämlich z. B. eben den Gitterstrom mit dem kleinsten Meßbereich, d. h. ohne Nebenschluß, gemessen, so sind ohne diese Vorkehrung nach Herausnahme des Stöpsels und Umsetzen in andere Buchsen wahrscheinlich weitere

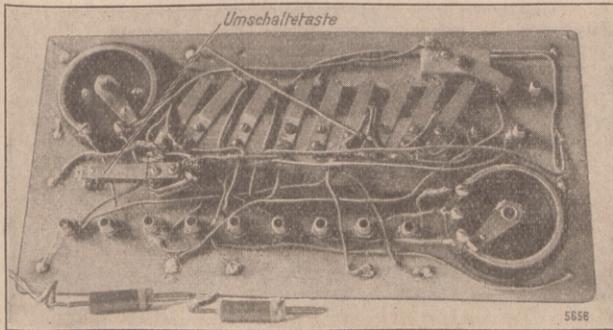


Die Anordnung der Buchsen, Schalter und Meßbuchsen auf dem Schaltbrett.

Messungen unmöglich gemacht, da der Gitterkreis unterbrochen ist. Auch deshalb ist das Kurzschließen praktisch, weil man dann die Meßanordnung nicht immer mit sämtlichen Stromwiderständen zu bepacken braucht, die man meist für verschiedene Zwecke nötig hat, sondern immer nur die jeweils erforderlichen anzuschließen hat.

Ein vollständig fester Einbau der Widerstände dürfte sich auch darum nicht empfehlen, weil man unter Umständen mit verschiedenen Meßbereichen arbeiten will. Daß durch das Umschalten besondere Ungenauigkeiten auftreten, hat man kaum zu befürchten, da, was die Strommessungen betrifft, der Widerstand des Instruments und seiner Nebenschlüsse gegenüber den inneren Widerständen der Röhre sehr klein ist. Ebenso unbedenklich ist es bei den Spannungs-

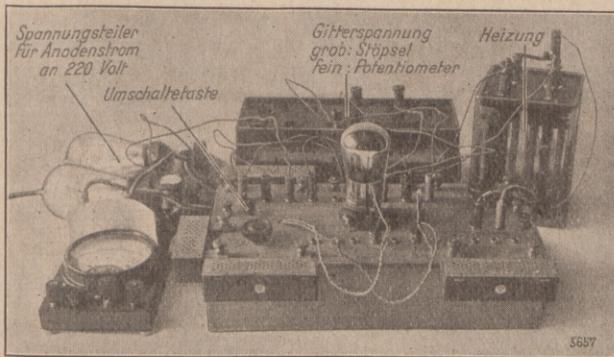
messungen, wenn nur das Instrument einen genügend hohen Eigenwiderstand besitzt. Nur wenn man als Anodenspannung gerade einen Netzanschluß mit Silitstab als Spannungsteiler benutzt, könnte ein Fehler von wenigen



Die Innenansicht des Gerätes.

Prozent beim Abschalten auftreten, den man aber ebenfalls durch Kurzschließen der Buchse genügend beseitigen würde. Die einzige Stelle, die einen größeren Einfluß ausüben könnte, wäre der Heizstrom, von dem die Emission bekanntlich sehr stark abhängig ist; man kann jedoch auch dies leicht umgehen, indem man bei Messungen statt dessen die Heizspannung zugrunde legt und den Strom nur zur Ermittlung der Heizleistung feststellt. Es wäre noch zu sagen, daß es leicht möglich ist, eine derartige Meßanordnung noch für weitere Zwecke, z. B. als Röhrenvoltmeter auszubauen.

Es sei nun zum Schluß noch etwas mehr auf die praktische Ausführung des Geräts eingegangen. Die Herstellung der Klinken war schon oben angegeben; für die Stöpsel wähle man Bananenstecker, die nicht an der Spitze vernietet sind, sondern aus einem aufgeschlitzten, unten offenen Messingröhrchen bestehen. Der obere Teil wird, wenn nötig, aufgebohrt und als innerer Stift ein starker Draht, der mit Isolierschlauch überzogen ist, hindurchgesteckt und befestigt, wobei man darauf zu achten hat, daß die Isolierung nicht verletzt wird. Die Stöpsel müssen in den Buchsen genügend stramm sitzen, damit sie nicht von den Federn hochgedrückt werden, sich aber noch leicht umsetzen lassen. Als Zuleitung wird ein Stück Litze angelötet. Bei dem Umschalter kommt es darauf an, daß während des Umschaltens keinen Augenblick die Leitungen der beiden Stöpsel untereinander Kontakt bekommen, wodurch Batterien und Meßinstrumente



Die Gesamtansicht der Meßanordnung.

gefährdet werden könnten; wenn der Umschalter in dieser Beziehung einwandfrei ist, so besteht bei allem Umstöpseln für das Instrument nicht die geringste Gefahr, sofern man nur einigermaßen die richtigen Nebenschlüsse eingesetzt hat.

Ist man im Besitz des oben genannten Instruments, so dürfte wohl die einfachste Unterbringung der Widerstände

sein, sie außen an den Seiten des Kastens anzuhängen. Als Schaltbrett habe ich der Billigkeit halber eine beiderseits paraffinierte Sperrholzplatte verwendet, als Kasten eine mittelhohe große Zigarrenkiste. Die Nebenschlüsse sind an den Schmalseiten, die Vorwiderstände an den Längsseiten durch einfache 3 mm-Schrauben mittels gekordelter Muttern leicht lösbar befestigt.

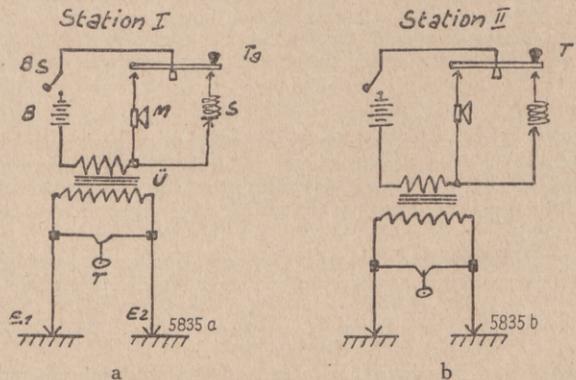
Aus dem Schaltbild geht hervor, daß je zwei entsprechende Widerstände, z. B. für Heizspannung und -strom, einpolig miteinander verbunden sind; man kann daher beide an einer Ecke des Kastens mit derselben Klemme befestigen. Die Schaltung auf der Innenseite des Kastens wurde mit einfachem Klingeldraht ausgeführt.

Erdtelegraphie und Telephonie.

Von
Willy Krüger.

Im folgenden soll eine Einrichtung zur elektrischen Nachrichtenübertragung beschrieben werden, die schon während des Krieges viel und mit gutem Erfolg in Schützengräben Verwendung fand.

Es handelt sich also keineswegs um etwas Neues. Die Sache ist aber so verblüffend einfach und arbeitet unter Umständen auch recht gut auf größere Entfernungen, so daß sie, obwohl sie mit der Hochfrequenztechnik eigentlich



BS. = Batterieschalter S. = Summer Ta. = Taste, resp. Umschalter
 B. = Batterie, 4,5 V. Ü. = Übertrager
 M. = Mikrophon T. = Telefon E1, E2. = Erde

nichts zu tun hat, für den Bastler doch vielleicht von Interesse ist.

Es läßt sich mit einer einfachen Anordnung eine Übermittlung auf etwa 1000 m durchführen, und zwar sowohl Telegraphie wie Telephonie. Es gehört in der Hauptsache dazu ein Kohlekörnermikrophon und ein niedrigohmiges Telephon. Als Hin- und Rückleitung dient der Erdboden. Zu diesem Zweck kann man jede Station an Gas- und Wasserleitung anschließen oder an zwei Drähte, deren Enden in einer gegenseitigen Entfernung von 60 m blank in die Erde verlegt werden. Die Schaltung zeigt die Abbildung. Trotzdem scheinbar beide Stationen kurzgeschlossen sind, gelingt die Verständigung infolge der großen Streuung der Stromlinien. Man kann mittels eines Relais einen Anruf konstruieren und so die Übertragung genau so handhaben wie einen Fernsprecher. Allerdings wird die Verständigung bei andauerndem Regenwetter verschlechtert, doch selten so, daß nicht wenigstens der Summertone zu hören wäre. Als Stromquelle haben sich drei in Serie geschaltete Salmiak-elemente, also eine Spannung von 4,5 Volt, sehr gut bewährt. Als Übertrager wurde ein Mikrophontransformator mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:2 und einem Primärwiderstand von 6Ω genommen. Verraten möchte ich noch, daß ich durch diese Anordnung sehr gut morsen lernte, denn mein Partner ist früher Militärfunker gewesen.

Verzerrungen durch Elektronenröhren bei Verstärkern

Von
Albrecht Forstmann.

Bei Verstärkern können Verzerrungen durch verschiedene Ursachen bedingt sein, und zwar einmal durch die Arbeitsweise der Röhre in der Schaltung und ferner durch die Schaltmittel (Transformatoren, Drosseln). Wir wollen uns hier nur mit Verzerrungen erstgenannter Art beschäftigen.

Bei Verzerrungen durch Elektronenröhren kann man unterscheiden zwischen solchen, die durch die Anodenkreisbelastung und solchen, die durch die Belastung des Gitterkreises bedingt sind. Verzerrungen letzterer Art entstehen durch „Gitterrückwirkung“¹⁾, wenn im Gitterkreis ein Strom fließt, hierdurch wird dann der Anodenstrom beeinflusst. Den Einfluß dieser Gitterrückwirkung auf den Anodenstrom kann man bei Ohmscher Belastung des Gitterkreises meßtechnisch sehr gut nachweisen²⁾. Man erhält durch ihn eine „Pseudosättigung“ des Anodenstromes, auf Grund deren sich eine rechnerisch einfache Behandlung der Gitterdemodulation (Audioneffekt) ermöglichen läßt³⁾.

Verzerrungen durch eine solche Gitterrückwirkung lassen sich nun bei Verstärkern sehr gut dadurch verhindern, daß man das Gitterpotential des „statischen Arbeitspunktes“ E_g so wählt, daß auch bei Überlagerung der Gitterwechselspannungsamplitude E_g das Gitterpotential im Höchsthalle nicht positiver wird als das Potential ϵ , bei dem Gitterströme einsetzen. Als Bedingung für die Vermeidung von aus dem Gitterkreis herrührenden Verzerrungen erhalten wir die Beziehung

$$E_g = -(|E_g| - \epsilon). \quad (1)$$

Während sich nun bei Berücksichtigung vorstehender Bedingungsgleichung Verzerrungen durch Gitterrückwirkung leicht vermeiden lassen, erfordern aus dem Anodenkreis herrührende Verzerrungen erheblich weitergehende Untersuchungen.

Der Wirkungsgrad einer Röhre als Spannungsverstärker ist gegeben durch die bekannte Barkhausensche Beziehung

$$W = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{|R_a|}{|R_a + R_i|}, \quad (2)$$

in der α den Durchgriff, R_a den äußeren Widerstand und R_i den inneren Röhrenwiderstand bedeutet. Der Faktor $\frac{1}{\alpha}$ wird als Verstärkungsfaktor der Röhre bezeichnet, während der Quotient $\frac{|R_a|}{|R_a + R_i|}$ die Güte der Anpassung für die Spannungsverstärkung bedeutet.

Während nun der Faktor $\frac{1}{\alpha}$ unabhängig von Frequenz und Amplitude, praktisch konstant ist, ist dies bei dem Ausdruck $\frac{|R_a|}{|R_a + R_i|}$ nicht unbedingt der Fall, er kann vielmehr infolge verschiedener Umstände veränderlich werden. Diese Veränderlichkeit kann zunächst dadurch bedingt sein, daß bei der Verstärkung nicht nur einer Frequenz, sondern eines ganzen Frequenzbandes, wie es bei der Verstärkung von Sprache und Musik der Fall ist, der Wert für $|R_a|$ nicht konstant ist, sondern in Abhängigkeit von der Frequenz schwankt. Die dadurch bedingte Änderung des Quotienten $\frac{|R_a|}{|R_a + R_i|}$ wirkt sich nun entsprechend der Formel (2) so aus, daß der Wirkungsgrad W für verschiedene Frequenzen verschieden ist, eine Tatsache, die bei der Hochfrequenzverstärkung zu einer Benachteiligung der Seitenbänder, bei

der Niederfrequenzverstärkung zu einer Benachteiligung der tiefen oder aber der hohen Frequenzen und Oberschwingungen Veranlassung geben kann.

Bei dieser Art der Verzerrungen wird die Form der einzelnen Amplituden nicht verändert, sondern das Verhältnis ihrer Scheitelwerte ist im Anodenkreis ein anderes wie im Gitterkreis. Diese Art der Verzerrungen bezeichnet man als lineare Verzerrungen, sie sind, wie gesagt, durch die Veränderung des Quotienten $\frac{|R_a|}{|R_a + R_i|}$ in Abhängigkeit von der Frequenz begründet.

Will man verhindern, daß solche linearen Verzerrungen entstehen, so muß man dafür sorgen, daß letztgenannter Quotient innerhalb des zu verstärkenden Frequenzbandes praktisch konstant bleibt. Nimmt man an, daß

$$\frac{|R_{a \max}|}{|R_{a \max} + R_i|} = 1$$

ist und daß die Verstärkung bei der Frequenz, bei der $|R_a|$ seinen kleinsten Wert hat, auf den a -ten Teil der optimal verstärkten Frequenz sinkt, so besteht die Beziehung

$$\frac{|R_{a \min}|}{|R_{a \min} + R_i|} = \frac{1}{a},$$

hieraus folgt für eine beliebige Anzahl von n Verstärkerstufen

$$\frac{|R_{a \min}|}{|R_{a \min} + R_i|} = \frac{1}{\sqrt[n]{a}}.$$

Vernachlässigt man den Ohmschen Anteil des äußeren Widerstandes bzw. hat er auf die Größe von $|R_{a \min}|$ nur geringen Einfluß, so ergibt sich

$$\frac{R_i}{|R_{a \min}|} = \sqrt[n]{a^2 - 1}. \quad (3)$$

Berücksichtigt man, daß die linearen Verzerrungen um so größer sein werden, je größer das Verhältnis $\frac{R_i}{|R_{a \min}|}$ wird,

daß die linearen Verzerrungen also dem Ausdruck $\sqrt[n]{a^2 - 1}$ direkt proportional sind, so kann man diese Wurzel als den linearen Verzerrungsgrad o bezeichnen und sagen

$$o = \sqrt[n]{a^2 - 1}. \quad (4)$$

Da bei gegebenem $|R_{a \min}|$ das Verhältnis $\frac{R_i}{|R_{a \min}|}$ seinen größten Wert für den negativen Scheitelwert der größten Gitterwechselspannungsamplitude hat, da R_i für dies Potential seinen größten Wert hat, so ist dieser R_i -Wert für die vorliegenden Beziehungen maßgebend, nicht etwa der R -Wert des statischen Arbeitspunktes.

Der kleinste Wert, den a^2 in Formel (4) haben darf, ist der Wert 1. Der größte Wert⁴⁾, den a^2 haben darf, kann man wohl mit 4 annehmen⁵⁾.

Da in der Praxis der Wert für $|R_{a \min}|$ gegeben ist — bei Widerstandsverstärkern kommt zur Berechnung die oberste Grenzfrequenz, bei Transformatoren- und Drosselverstärkern die untere Grenzfrequenz in Frage —, so kann man unter Berücksichtigung des Grenzwertes von a^2 den Grenzwert von R_i berechnen. Bei Transformatorenverstärkern

⁴⁾ A. Forstmann, Über die Verstärkung von im Hörbereich liegenden Schwingungen mit Widerstandsverstärkern, Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph., Bd. 28, Heft 5.

⁵⁾ U. F. Mayer, Über verzerrungsfreie Niederfrequenzwiderstandsverstärkung E. T. Z., Jahrg. 48, Heft 1.

¹⁾ Vgl. A. Forstmann u. Dr. E. Schramm: Die Elektronenröhre II A 3.

²⁾ Der Einfluß von Gitterströmen auf das effektive Gitterpotential, den Anodenstrom usw. bei belastetem Gitterkreis wurde eingehend im Juni 1926 von H. Reppisch untersucht. (Indirekte Messung von Gitterströmen usw.)

³⁾ A. Forstmann u. Dr. Schramm, Die Elektronenröhre II C 3.

läßt sich dann unter bestimmten Voraussetzungen auch der Grenzwert für das Übersetzungsverhältnis berechnen, man erhält

$$\bar{u}_{\max} = \sqrt{\frac{V^n}{\omega_h \cdot R_{i_{\max}} \cdot C_g} - 1 - \omega_h \cdot R_{i_{\max}} \cdot C_a} \quad (5)$$

wobei \bar{u}_{\max} das maximale Übersetzungsverhältnis, ω_h die obere Grenzfrequenz, $R_{i_{\max}}$ den unter Berücksichtigung des Vorhergesagten ermittelten höchstzulässigen inneren Röhrenwiderstand, C_a die resultierende Kapazität Anode/Kathode und C_g die resultierende Kapazität Gitterkathode der nächsten Röhre bedeutet⁶⁾.

Während nun vorgenannte Verzerrungen unabhängig von der Größe der ans Gitter gelegten Wechselspannungen waren, erhält man eine andere Art von Verzerrungen, wenn die Gitterwechselspannung eine bestimmte Größe überschreitet. Sie bewegt sich dann in Gebieten ungerader Teile der Anodenstrom-Gitterspannungskennlinie, d. h. die Steilheit, also auch der innere Röhrenwiderstand, ändert sich in Abhängigkeit von der Größe der ans Gitter gelegten Wechselspannung; infolgedessen wird die Kurvenform der im Anodenkreis abgenommenen Wechselspannung nicht mehr mit der ans Gitter gelegten übereinstimmen, und es entstehen neue in der Gitterwechselspannung nicht enthaltene Oberschwingungen.

Die so bedingten Verzerrungen bezeichnet man als nichtlineare Verzerrungen, sie sind, wie erkennbar, ebenfalls begründet in einer Veränderung des Quotienten $\frac{R_a}{R_a + R_i}$ und zwar in einer Veränderung in Abhängigkeit von der Amplitude.

Bezieht man solche nichtlinearen Verzerrungen lediglich auf den statischen Arbeitspunkt, so kann man den Verzerrungseffekt annäherungsweise, wie dies erstmalig vom Verfasser geschehen⁷⁾, mit dem auf dynamische Verhältnisse übertragenen bekannten Möllerschen Gleichrichtereffekt⁸⁾ identifizieren und erhält dann, wenn man den Verzerrungseffekt auf Grund dieser Betrachtungsweise mit q bezeichnen will, die Beziehung

$$q = \frac{\partial |E_A|}{\partial E_g} \cdot \frac{E_g^2}{4} \quad (6)$$

Hiernach wäre die Größe der Verzerrung der Steilheitsänderung der dynamischen Arbeitskennlinie im statischen Arbeitspunkte sowie dem Quadrat der Gitterwechselspannung direkt proportional. Für die Praxis, insbesondere zur Bestimmung des günstigsten Durchgriffes, ist vorstehende Definition des Verzerrungsgrades nun nicht brauchbar, es wurde daher bei den gemeinschaftlich mit Dr. E. Schramm durchgeführten Untersuchungen⁹⁾ eine andere Betrachtungsweise zugrunde gelegt.

Um nichtlineare Verzerrungen zu verhindern, muß man dafür sorgen, daß sich auch bei den größten ans Gitter gelegten Wechselspannungen der innere Röhrenwiderstand über das ganze auszusteuernde Kennliniengebiet höchstens um einen bestimmten Betrag b ändert. Bezeichnet man den inneren Widerstand der Röhre, der dem negativsten Gitterpotential, welches im Betrieb vorkommt, entspricht, mit $R_{i_{\max}}$, den dem entsprechenden positivsten Gitterpotential entsprechenden mit $R_{i_{\min}}$, so kann man sagen

$$\frac{R_{i_{\max}}}{R_{i_{\min}}} = b. \quad (7)$$

Da für gleiche Gitterwechselspannungen der auszusteuernde Teil der statischen Röhrenkennlinie um so größer wird, je größer die Steilheit der dynamischen Arbeitskennlinie ist, so ist bei komplexer Anodenkreis-

belastung der Aussteuerbereich unter Zugrundelegung der größten Gitterwechselspannung immer für diejenige Frequenz zu ermitteln, für die dynamische Arbeitskennlinie und statische Röhrenkennlinie ihre geringste Abweichung zeigen, m. a. W. für die kritische Grenzfrequenz.

Aus der Formel (7) folgt

$$b = \frac{S_{\min}}{S_{\max}} \quad (8)$$

Hieraus ergibt sich durch einfache Rechnung

$$J_{a_{\max}} = J_{a_{\min}} \cdot b^3 \quad (8a)$$

Mit Hilfe dieser Formel läßt sich bei gegebenen Röhrendaten die Größe des Aussteuerbereiches, innerhalb dessen noch keine Verzerrungen entstehen, leicht feststellen.

Da nach der Langmuir-Schottkyschen Formel zwischen Anodenstrom und den Emissionskonstanten k bei der statischen Röhrenkennlinie eine lineare Beziehung besteht, wird die Größe des geradlinigen Teils hier unabhängig von k und damit auch von der Steilheit. Unabhängig von dieser besitzen also Röhren mit gleichem Durchgriff gleichgroße geradlinige Gebiete der statischen Röhrenkennlinie. Bei den Arbeitskennlinien bleibt jedoch diese lineare Beziehung zwischen Anodenstrom und Emissionskonstanten nicht mehr bestehen. Bei diesen wird der Aussteuerbereich also außer vom Durchgriff auch von der Steilheit bestimmt.

Die rechnerische Feststellung der für die Entstehung nichtlinearer Verzerrungen maßgebenden Verhältnisse auf Grund obiger Betrachtungsweise bietet nun nicht unerhebliche Schwierigkeiten, namentlich auch bei der Bestimmung des günstigsten Durchgriffes. Da diese Methode daher praktisch allgemein wenig brauchbar ist, so soll der Weg einer Näherungslösung besprochen werden, wobei ein etwas anderes, rechnerisch besser verwendbares Geradlinigkeitskriterium zugrunde gelegt werden soll. Dies Geradlinigkeitskriterium sei wie folgt definiert.

Die Kennlinien gelten bis zu dem negativen Gitterpotential als aussteuerbar, bei dem die Steilheitsänderung nicht mehr als c Prozent der Steilheit beträgt. Wie groß hierbei c werden kann, ohne daß praktisch nichtlineare Verzerrungen entstehen, soll hier nicht im einzelnen untersucht werden; man kann ungefähr sagen, daß $c^{\max} = 10$ ist. Setzt man nun $\frac{c}{100} = p$, so läßt sich die Geradlinigkeitsbedingung

formelmäßig ausdrücken durch die Beziehung

$$\frac{\partial |E_A|}{\partial E_g} = p \cdot |E_A| \quad (9)$$

Bezeichnet man nun p als nichtlinearen Verzerrungsgrad, so ist dieser ausgedrückt durch die Beziehung

$$p = \frac{1}{|E_A|} \cdot \frac{\partial |E_A|}{\partial E_g} \quad (10)$$

Steilheit und Steilheitsänderung vorstehender Formel gelten hierbei für das negativste dynamische Gitterpotential unter Berücksichtigung der dynamischen Arbeitskennlinie für die kritische Grenzfrequenz.

Dieses minimalste Gitterpotential ist gegeben durch die Beziehung

$$E_{g_{\min}} = \frac{1}{2p} \left(\frac{R_{i_{\max}}}{R_{i_{\max}} + R_{a_{\min}}} \right)^2 - 0 - \alpha (E_a - J_{a_{\min}} |R_a'|) \quad (11)$$

deren Ableitung an anderer Stelle gegeben ist¹⁰⁾.

Lassen wir nun die Verzerrungen, die aus dem Gitterkreis herrühren können — es sind dies auch nichtlineare Verzerrungen —, außer acht, da sie durch Beachtung der Bedingungsgleichung Formel (1) leicht zu vermeiden sind, so können wir die Verzerrungen durch Elektronenröhren auf eine Inkonzanz des Quotienten $\frac{R_a}{R_a + R_i}$ zurückführen, wobei diese Inkonzanz bei linearen Verzerrungen durch Frequenzabhängigkeit, bei nichtlinearen Verzerrungen durch Amplitudenabhängigkeit bedingt ist.

¹⁰⁾ A. Forstmann u. Dr. E. Schramm, Über Arbeitskennlinien und die Bestimmung des günstigsten Durchgriffes von Verstärkeröhren, Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph., Bd. 30, Heft 3.

⁶⁾ Vgl. im einzelnen A. Forstmann u. Dr. E. Schramm, Die Elektronenröhre; A. Forstmann u. H. Reppisch, Der Niederfrequenzverstärker.

⁷⁾ A. Forstmann, Niederfrequenzverstärkung mit Widerstandsverstärkern, Radio-Umschau 1927, Heft 16.

⁸⁾ Möller, Die Elektronenröhren, 2. Aufl., 1922.

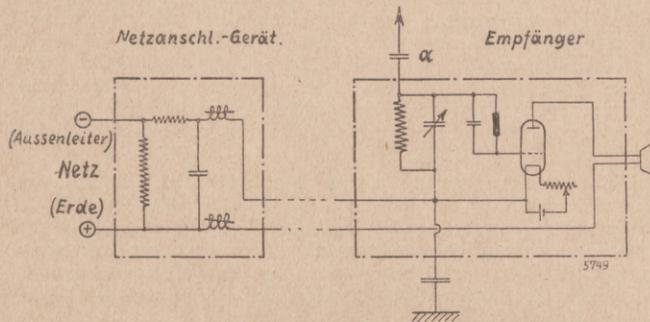
⁹⁾ A. Forstmann u. Dr. E. Schramm, Über Arbeitskennlinien und die Bestimmung des günstigsten Durchgriffes von Verstärkeröhren, Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph., Bd. 30, Heft 3.

Der V. D. E. hemmt die Rundfunkentwicklung

Im Auftrage des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (V. D. E.) sendet uns Dr. W. Burstyn folgende Erwiderung auf die verschiedenen in diesen Heften gebrachten Aufsätze über das seltsame V. D. E.-Verbot für Netzanschlußgeräte.

Die technische Beilage der „Deutschen Allgemeinen Zeitung“ hat den „Verband Deutscher Elektrotechniker“ (V. D. E.) wegen der von ihm herausgegebenen Vorschriften über den Gebrauch von Netzanschlußgeräten angegriffen und der „Funk“¹⁾ hat diese Auslassungen verstärkt wiedergegeben. „Rundfunkhemmend“, „bürokratisch“, „unlogisch“, „oberflächlich“, das sind die Ausdrücke, die dabei gefallen sind. Gerade von diesen Fehlern will sich die Technik frei halten. Verdiente der V. D. E. die Vorwürfe wirklich, dann hinweg mit dem verblödeten Tyrannen!

Diesen Ruf müßte jeder erheben, der die Entwicklung des Rundfunks wünscht: die Reichspost, die Sendegesellschaften und vor allem jene, die Rundfunkgeräte bauen wollen, also die Funkindustrie und die Bastler. Wer aber saß in dem betreffenden Ausschusse des V. D. E.? Die Vertreter der Reichspost, der Sendegesellschaften, der Funkindustrie und der Bastler! Nicht vertreten waren, eigentlich gegen den Brauch des V. D. E., die einzige Gruppe, der ein Verbot nur



willkommen sein konnte, nämlich die Fabrikanten von Anodenbatterien und Akkumulatoren.

Wenn die berufenen Techniker durch einen derartigen Beschluß sich scheinbar selbst schädigen, müssen doch ernste Gründe dafür sprechen. Hätten jene, die heute gegen das Verbot polemisieren und den V. D. E. verurteilen, selbst im Ausschusse gesessen und hätten die sorgfältigen Überlegungen mit allem Für und Wider selbst mitgemacht, sie wären ganz bestimmt zu keinem anderen Ergebnisse gelangt.

Übrigens ist es nicht ganz richtig, von einem „Verbot der Netzanschlußgeräte“ zu sprechen. Es ist zu unterscheiden zwischen Netzanschlußgeräten, die zwischen Netz und Empfänger geschaltet werden und zwischen Netzanschlußempfängern, die das Netzanschlußgerät in sich enthalten. Nur auf erstere bezieht sich das Verbot, und nur auf solche für Gleichstrom, und von diesen auch nur auf jene, bei denen eine leitende Verbindung zwischen Netz und Röhren besteht²⁾.

Von Netzanschlußgeräten für Wechselstrom tragen bereits einige das Prüfzeichen des V. D. E., und Netzanschlußempfänger mit leitender Verbindung, die den V. D. E.-Bestimmungen entsprechen, waren bereits auf der letzten Funkausstellung zu sehen. Der Empfänger mit eingebautem Netzanschluß ist außerdem ein Fortschritt gegenüber zwei getrennten Geräten, und insofern fördert das „Verbot“ geradezu die Entwicklung.

Dieses Verbot, soweit es wirklich ausgesprochen ist, ist sachlich berechtigt, und der Einwand, daß dann auch

Anodenbatterien verboten sein müßten, ist nicht stichhaltig. Die Gründe, die den V. D. E. leiteten, mögen kurz erklärt werden.

Es gibt nur negative Elektronen; daher muß der Glühfaden einer Röhre immer negativ gegen die Kathode sein. Damit Heizakkumulator und Röhren, die der Berührung am leichtesten ausgesetzt sind, keine Spannung gegen Erde führen, pflegt man sie zu erden, so daß dann die Anode tote Spannung gegen Erde führt. Das ginge auch bei Netzanschlußgeräten; man könnte sie also — zwar nicht ohne Bedenken — zulassen, wenn bei den Gleichstromnetzen in den Städten immer der negative Pol an Erde läge. Das allgemein übliche Dreileitersystem verlangt jedoch, daß bei der Hälfte aller Anschlüsse der positive Pol geerdet ist. Für ein Netzanschlußgerät, das nur Anodenspannung liefert, und einen Audionempfänger einfachster Schaltung ergibt sich dann das nebenstehende Schema. Es ist dabei auf keine Weise zu verhindern, daß die Röhren und die Akkumulatorbatterie volle Netzspannung gegen Erde besitzen. Diese Spannung wird zur Gefahr, da viele Empfänger noch offene Röhrensockel aufweisen; besonders gefährlich ist der Akkumulator mit seiner harmlosen Aufschrift: 4 Volt, seinen freien Klemmen und dem oft säuredurchtränkten Kasten. Durch den Vorschaltwiderstand im Netzanschlußgerät kann man zwar (wie J. Boehmer empfiehlt) den Kurzschlußstrom so weit begrenzen, daß keine Feuersgefahr besteht, aber nicht so weit, daß ein elektrischer Schlag nicht gefährlich oder mindestens recht unangenehm wird. Wenn der Blockkondensator in der Antenne fehlt, führt ferner auch die Antenne die Netzspannung. Dann kann selbst ein ungefährlicher elektrischer Schlag den Todessturz eines Schornsteinfegers verursachen. Es wäre naiv, diesen Kondensator einfach als Bedingung in die Vorschriften aufzunehmen, oder Netzanschlußgeräte nur für Zimmer- und Rahmenantennen zuzulassen, da keinerlei Gewähr dafür gegeben ist, daß der Käufer eines Netzanschlußgerätes wirklich so verfährt. Erst der Zusammenbau von Empfänger- und Netzanschlußgerät gibt die Möglichkeit, die erforderlichen Schutzmaßnahmen wirksam durchzuführen.

Im übrigen geht die Entwicklung dahin, den Gleichstrom zu verdrängen, so daß die Zahl der Gleichstrom führenden Netze bald ganz gering sein wird, und sich dieser kleine Teil der Funkfreunde mit Anodenbatterien behelfen können wird. Außerdem halte ich das Netzanschlußgerät weder für so ideal³⁾ noch die Anodenbatterie für so unangenehm; gäbe es nur ersteres und die Anodenbatterie wäre neu erfunden, man würde sie als großen Fortschritt preisen!

Der V. D. E. verkörpert das Gewissen der Elektrotechnik. Er will das Publikum vor Gefahren schützen und verbietet Geräte, die er als gefährlich erkennt. Er hat Kinderspielzeuge und Klingelanlagen verboten, die mit dem Netz leitend verbunden sind, und mußte auch die eine gefährliche Art von Netzanschlußgeräten verbieten. Dieses Verbot dürfte die Entwicklung des Rundfunks nicht im geringsten schädigen.

Die Verminderung der Störgeräusche im Kopfhörer. Gegen die knatternden atmosphärischen Störungen kann man Abhilfe schaffen, indem man je einen kräftigen Wattebausch zwischen Ohr und Hörmuscheln legt. Die überlauten und messerscharf klingenden atmosphärischen Störgeräusche hören sich dann sehr gedämpft an, während Sprache und Musik in fast unveränderter Form verstanden werden können. Versuche mit einem zerschnittenen Gummischwamm haben nicht zu dem gewünschten Resultat geführt. Am besten näht man die Wattebüschchen in seidene Fleckchen ein.

J. Büchl.

³⁾ Bei hochwertigen Empfängern gelingt es kaum, die Netzgeräusche zu unterdrücken.

¹⁾ Vgl. „Gegen das Verbot der Netzanschlußgeräte“, „Funk“, Heft 21, Seite 168.

²⁾ Es gibt auch andere, wengleich teurere Lösungen: den Einankerumformer, die elektrisch geheizte Thermobatterie usw.

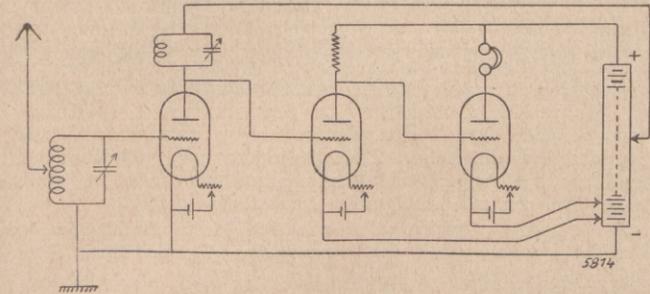
AUSLÄNDISCHE ZEITSCHRIFTEN- UND PATENTSCHAU

Bearbeitet von Regierungsrat Dr. C. Lübben.

Ein Empfänger mit galvanischer Röhrenkopplung.

Nach Amateur Wireless 10. 580. 1927/Nr. 253 — 16. April.

Die Abbildung zeigt eine Schaltung, bei der das Gitter jeder Röhre unmittelbar mit der Anode der vorhergehenden



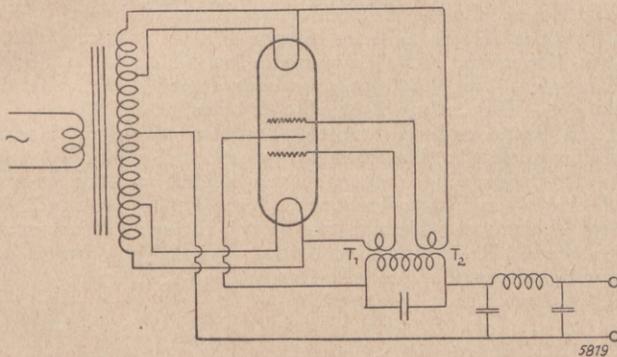
Röhre verbunden ist. Erforderlich ist dabei, daß jede Röhre eine besondere Heizbatterie besitzt und die Kathode mit geeigneten Punkten der Anodenbatterie verbunden wird, so daß jede Röhre die geeignete Gittervorspannung erhält.

*

Ein Netzanschluß-Vorgerät für Wechselstrom.

Nach Brit. Pat. 267 886.

Zur Beseitigung der Netzgeräusche bei Wechselstromnetzanoden wird eine doppelt wirkende Gleichrichterröhre



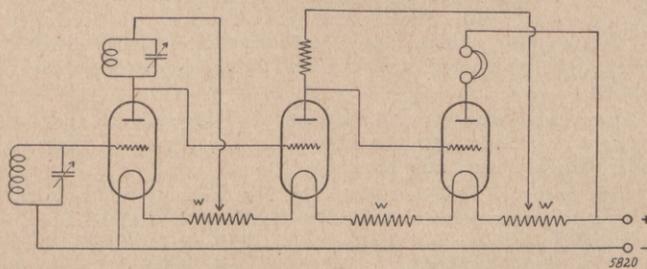
verwendet, die zwischen Anode und den Kathoden bzw. einer Kathode und zwei Anoden Hilfsgitter besitzt, die durch den gleichgerichteten Strom mittels der Transformatoren T₁ und T₂ (Abbildung) erregt werden, so daß etwa auftretende Störwellen weiter unterdrückt werden.

*

Ein Mehrröhren-Netzanschlußgerät.

Nach Amateur Wireless 10. 685. 1927/Nr. 256 — 7. Mai.

Die Abbildung zeigt ein Netzanschlußgerät, das unmittelbar an eine Gleichstromleitung bzw. hinter dem Gleich-



richter auch an ein Wechselstromnetz angeschlossen werden kann. Durch die Widerstände W wird der Heizstrom für die hintereinander geschalteten Röhren auf die richtige Stärke gebracht. Die Widerstände W sind so bemessen und zwischen die einzelnen Röhren geschaltet, daß von

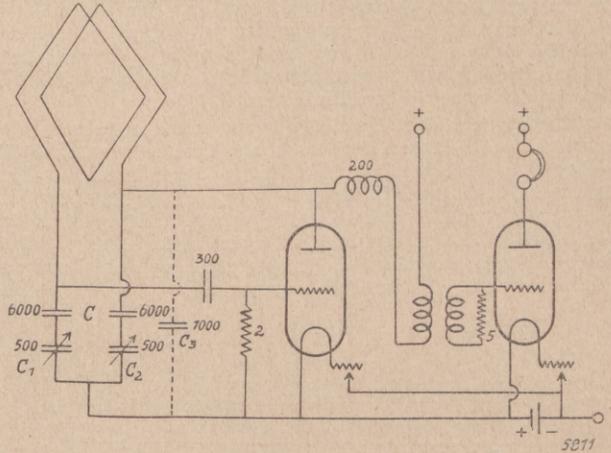
ihnen unmittelbar auch die Anodenspannungen für die einzelnen Röhren abgenommen werden können.

*

Reise-Empfänger mit Rahmenantenne.

Nach Amateur Wireless 10. 579. 1927/Nr. 253 — 16. April.

In der Abbildung ist eine Schaltung für einen Reise-Empfänger mit Rahmenantenne wiedergegeben, der sehr gute Resultate geben soll. Die Regelung der Rückkopplung



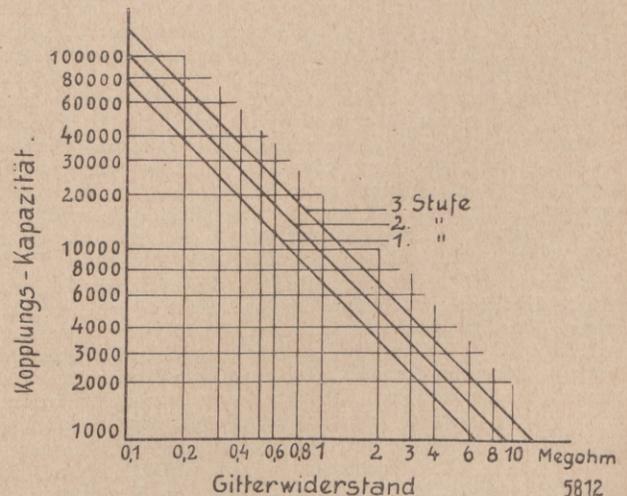
erfolgt durch den Doppelkondensator C₁, C₂, denen zwei Sicherheitsblockkondensatoren C vorgeschaltet sind. Zwischen Anode und Kathode muß häufig ein Kondensator C₂ eingeschaltet werden, um die Rückkopplung auf den günstigsten Betrag zu bringen.

*

Die Größe der Widerstände und Kapazitäten für Widerstandsverstärker.

Nach Amateur Wireless 10. 590. 1927/Nr. 253 — 16. April.

Für eine verzerrungsfreie Verstärkung mit Widerstandsverstärkung sind bestimmte Größen für Anodenwiderstand, Gitterwiderstand und Kopplungskapazität innezuhalten. Es werden hierfür folgende Regeln aufgestellt. Der Gitterwiderstand soll vier- bis fünfmal so groß als der Anodenwiderstand sein. Ist diese Bedingung erfüllt, so ergibt sich



aus den in der Abbildung wiedergegebenen Kurven zu den Gitterwiderständen die Kopplungskapazität, die nicht unterschritten werden darf. Man kann danach also kleine Kopplungskapazitäten verwenden, wenn der Gitterwiderstand groß ist. Der Gitterwiderstand darf aber nicht zu groß sein, da dann bei starken Signalen eine zu langsame Ableitung erfolgt und Störungen auftreten.

BRIEFE AN DEN „FUNK-BASTLER“

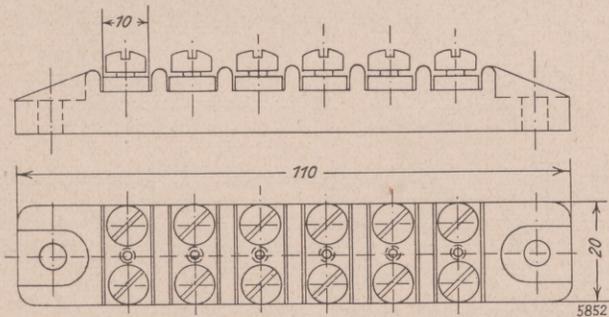
Erfahrungen, Anregungen und Wünsche.

Klemmleisten und Bandantenne.

Berlin, Mitte Juli.

Welche Firma stellt die in der Abbildung dargestellten Starkstrom-Mehrfachklemmen aus Steatit her? Sie sind leider weder im Handel noch sonst zu beschaffen. Die Klemmen, die mir in zwei- und sechsteiliger Ausführung bekannt sind, wären für den Funkfreund außerordentlich nützlich, z. B. zum Anschluß der Batterieleitungen an den Empfänger, ganz besonders aber für einwandfreien Aufbau von Netzanschlußgeräten. Auch beim Experimentieren wären diese sehr stabilen Klemmen recht angenehm, so daß zu wünschen wäre, daß sie auch in den Einzelhandel kämen.

Vollständig aus dem Handel verschwunden zu sein scheint die vor einigen Jahren besonders als Dachbodenantenne (!) angebotene Kupferbandantenne, deren Preis damals allerdings recht hoch war (12,50 M.). Wer sich schon einmal im Freien auf Fahrten bzw. beim „Wochenende“ mit der üblichen Antennenlitze herumgeärgert hat, wird den Nutzen einer solchen Antenne einsehen, die man einfach wie ein Bandmaß aufhaspeln kann. Es wäre daher wissenswert, welche Firma



diese Bandantenne noch herstellt bzw. das Material selbst, dünnes Kupfer-, besser Bronzeband, von 1 cm Breite, in gewünschten Längen an Amateure abgeben würde.

P. G. Violet.

*

Die Leithäuser-Schaltungen.

Ljubljana, Mitte Juli.

Im Jahre 1925 baute ich mir auf Grund der im „Radio-Amateur 1925 Nr. 25“ veröffentlichten Leithäuser-Schaltung einen solchen Empfänger mit einer Hochfrequenzstufe und zwei Niederfrequenzstufen. Da ich mit diesem Gerät sehr gute Erfolge erzielte, baute ich mir dann 1926 einen Zweiröhrenempfänger mit Steckspulen nach dem gleichen Prinzip, nur daß das Gerät als Reflex ausgebaut wurde, und überdies wurde der Rückkopplungskondensator nicht, wie in der Originalschaltung angegeben, zwischen Anode und Rückkopplungsspule, sondern zwischen Rückkopplungsspule und Batterie geschaltet. Dieser Apparat erhielt bei dem Internationalen Wettbewerb in Basel, November 1926, den ersten Preis.

Als ich im „Funk-Bastler“, Heft 24 dieses Jahres, die verbesserte Leithäuser-Rückkopplung las, schaltete ich innerhalb einiger Minuten einen vorhandenen Hartley-Experimentiergerät um. Der Erfolg war vorzüglich. Wiewohl auch das Hartley-Gerät sehr gut war, glaube ich mit Bestimmtheit behaupten zu können, daß mit der neuen Leithäuser-Anodenrückkopplung mehr zu erreichen ist als mit der von Hartley.

Besonders fiel mir die gute Selektivität auch der Einröhrenschaltung, also ohne Hochfrequenz, auf, weshalb ich mir ein kleines Reisegerät, bestehend aus Audion und Niederfrequenzstufe, zusammenstellte. Die Ausmaße der Geräte waren $9 \times 12 \times 16$ cm, wobei allerdings als Rückkopplungskondensator ein solcher mit Celluloid-Dielektrum verwendet wurde. Spulen und Röhre sind außen aufzustecken.

Trotzdem alle Bestandteile begreiflicherweise sehr stark zusammengedrängt sind und trotz Verwendung von Steckspulen und eines minderwertigen Rückkopplungskondensators sind die Erfolge ganz vorzüglich. Ich bekomme jetzt im Sommer mittags bei Sonnenschein Wien, Klagenfurt und Agram an einer mittleren Hochantenne mit genügender Lautstärke im Kopfhörer, abends an Hochantenne die meisten europäischen Stationen, wenn auch nicht überlaut, so doch mit genügender Lautstärke im Lautsprecher. An kleiner Zimmer- oder Behelfsantenne sozusagen alle europäischen Sender mit vorzüglicher Lautstärke, manche überlaut im Kopfhörer, ja sogar mit Rahmenantenne habe ich schon mehrere Sender mit genügender Lautstärke gehört.

Die Schaltung leistet also wirklich Erstaunliches, wobei allerdings wohl auch die verwendete Doppelröhre einen großen Anteil hat.

E. Jakopič.

*

Das Herrichten der Schaltplatte.

Dresden, im Juli.

Die Lage der Einzelteile bzw. Bohrungen auf der in Arbeit befindlichen Montageplatte zeichne man nie mit Bleistift an. Ein Bleistiftstrich kann infolge der Leitfähigkeit des Graphites zur Leitung werden. Meist dort, wo gerade beste Isolation gebraucht wird. Vielmehr benutze man entweder eine Reißnadel aus Stahl oder verfare nach folgender Methode:

Ein Bogen dünnes Zeichen- bzw. Entwurfpapier, 3 bis 4 cm größer als die zu bearbeitende Platte, wird mit sämtlichen Maßen und Angaben versehen, so, als ob er die Platte selbst wäre. Das läßt sich sehr bequem auf dem Reißbrett erledigen. Der fertige Bogen kommt nun in richtiger Lage auf die Platte und wird mittels der überstehenden Ränder auf der Rückseite derselben festgeklebt. Dann bohre man die auf diesem Bogen angegebenen Löcher, und zwar einfach durch das Papier hindurch. Nach Fertigstellung sämtlicher Bohrungen reißt man das Papier ab und entfernt noch festklebende Reste desselben durch vorsichtiges Abwaschen (feuchtigkeitsempfindliche Platten, z. B. Hartpapier, sofort mit weichem Tuche trocknen).

*

Als Leitungsmaterial hat sich runder, versilberter Kupferdraht von 1,5 mm Durchmesser bestens bewährt. Um den Schaltdraht, der meist voller Buckel und Knicke in die Hände des Bastlers kommt, geradezurichten, gehe man folgendermaßen vor:

Eine größere Länge (etwa 1 bis 1,5 m wird abgeschnitten und mit einem Ende in den Schraubstock gespannt (evtl. auch um eine Türklinke oder irgendeinen festen Punkt gewickelt). Das andere Ende wird nun mit der Rundzange sicher gefaßt und dann der ganze Draht mit einem kurzen Ruck angezogen, so daß er sich etwas streckt. Man erhält auf diese Weise einen vollkommen glatten und geraden Draht. Übermäßiges Ziehen ist zu vermeiden, damit der Draht nicht reißt. Beim Einkauf sehe man auf weichen Draht, da nur solcher sich gut verarbeiten läßt. Harter Draht läßt sich nicht strecken und bricht beim Biegen sehr leicht.

Ösen biege man rechts herum, weil sie sich im anderen Falle beim Unterklemmen unter die Mutter einer Klemme oder Steckbuchse aufziehen.

Sind mehrere Drähte unter eine Mutter oder Schraube zu klemmen, so versehe man die Drahtenden mit kleinen Kabelschuhen, wie sie im Handel erhältlich sind. Ohne diese würden sich die Drähte seitlich herausdrücken. Im Notfall können die gebogenen Ösen auch breitgeschlagen werden.

Berthold Prag.