

FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E. V.

Neuere elektrolytische Gleichrichter

Der Colloid-Gleichrichter. — Der Trockengleichrichter.

Von

Dr. Klages.

Wir veröffentlichen hier eine Reihe von Beschreibungen über neue Bauarten von elektrolytischen Gleichrichtern; diese Bau-Anregungen können jedoch nur in groben Umrissen gegeben werden, da vorläufig zuverlässige Unterlagen für die Einzelheiten fehlen. Es wäre jedoch zu begrüßen, wenn geschickte und handfertige Bastler versuchen würden, den Selbstbau solcher Gleichrichter durchzuführen, und wir würden uns freuen, recht bald von ihren Versuchen und Erfolgen berichten zu können.

Das Bedürfnis zum Laden von Sammlern, das in hohem Maße durch den Rundfunk entstanden ist, hat uns in den letzten Jahren viele neue Typen von Gleichrichtern gebracht. Zahlreiche Aufsätze in den Fachzeitschriften behandeln die verschiedenen Bauarten, so daß es überflüssig erscheinen könnte, noch weitere Neukonstruktionen zu beschreiben. Wenn dieses dennoch geschieht, so aus dem Grunde, weil die hier dargestellten Bauarten kaum einer Wartung bedürfen, keiner nennenswerten Abnutzung unterliegen und dabei doch leicht und billig herzustellen sind.

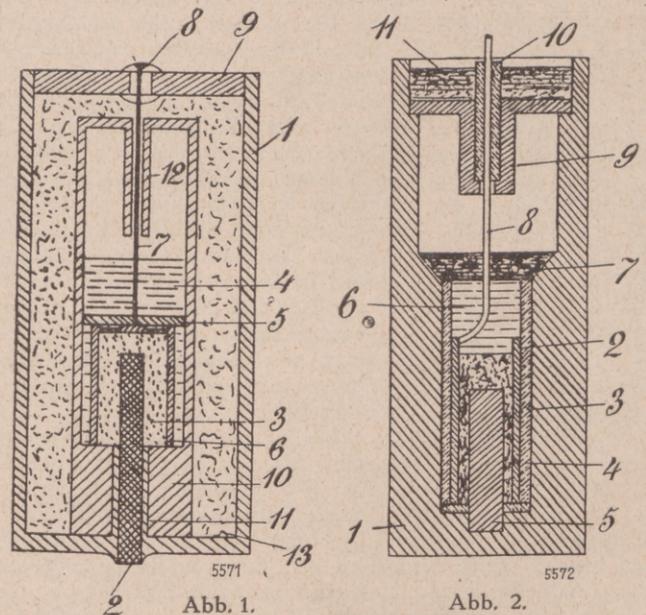
Wenn auch leider, da derartige Angaben noch nicht zu erhalten waren, keine bis ins einzelne gehende Beschreibung gegeben werden kann, so dürften die Ausführungen doch genügen, um alle wesentlichen Gesichtspunkte, die beim Bau zu beachten sind, klarzustellen.

Zwei Gruppen sind es im wesentlichen, die hier in Frage kommen: einmal die elektrolytischen Gleichrichter und zweitens Gleichrichterarten, die wahrscheinlich im wesentlichen nicht anders wirken dürften, als die bekannten Kristalldetektoren, die aber durch Vergrößerung der sich berührenden Oberflächen und geeignete Wahl der Materialien zur Gleichrichtung von größeren Strömen fähig gemacht sind.

Die Wirkungsweise elektrolytischer Gleichrichter dürfte im allgemeinen bekannt sein. Eine Elektrode aus einem elektropositiven Metall, meist Aluminium oder auch Magnesium, Nickel, Wismuth oder Tantal, und eine zweite Elektrode aus einem anderen Leiter, meist Blei oder Kohle, befinden sich in einem Gefäße mit geeignetem Elektrolyten (z. B. einer Sodalösung oder Schwefelsäure). Legt man diese Zelle an eine Wechselstromquelle, so fließt der Strom, so lange das Aluminium, Magnesium usw. die negative Elektrode (Kathode) bildet, hindurch, kehrt der Strom jedoch seine Richtung um, so überzieht sich das Metall mit einer nicht leitenden Schicht und der Stromfluß wird unterbrochen. Diesen Gleichrichtern haften Mängel an, die ihrer Verwendbarkeit in größerem Maße trotz ihrer Billigkeit und Einfachheit Hindernisse bereiten. Der im allgemeinen große innere Widerstand brachte einen großen Energieverlust mit sich, die aktiven Elektroden aus Aluminium usw. zeigten einen starken Verschleiß. Salze lagerten sich an ihnen ab und beeinträchtigten die Wirkung, und das Arbeiten mit den ätzenden Elektrolyten gehörte auch nicht zu den ange-

nehmsten Beschäftigungen. Dazu kam die sich häufig ergebende Notwendigkeit, die Elektrolyten nachzufüllen oder ganz zu ersetzen.

Eine Bauart, die im wesentlichen diese Fehler zu vermeiden scheint und dabei doch verhältnismäßig leicht herzustellen sein wird, dürfte der neue, von einem Franzosen,



André, geschaffene und von ihm mit Kolloid-Gleichrichter bezeichnete Gleichrichter bringen. Das prinzipiell Neue an dieser Type ist, daß die inaktive Elektrode nicht wie bisher als ein die Aluminiumelektrode umgebender, fester Zylinder ausgebildet wird, der durch die Lauge oder die Säure von der aktiven Elektrode getrennt ist, sondern daß diese Elektrode in kolloidaler Form, d. h. in Form eines äußerst feinen Pulvers mit dem Elektrolyten getränkt, die aktive Elektrode unmittelbar berührt. Diese Art der Elektrodenausbildung muß naturgemäß, da der nichtmetallische und daher einen großen Widerstand bietende Teil des Stromweges durch den Gleichrichter auf ein Minimum verringert ist, eine starke Verringerung des inneren Widerstandes und damit der Verluste bringen. Der Gleichrichter kann sich beim Betrieb nicht nennenswert erhitzen, so daß er einerseits klein gehalten werden kann, und andererseits auch der Verbrauch an Elektroden und Elektrolyt stark reduziert wird.

Die Einzelheiten des Aufbaus derartiger Gleichrichter wird am einfachsten an Hand der beigefügten Abbildungen

zu erläutern sein. Es seien hier drei verschiedene Ausführungsformen gebracht, die naturgemäß prinzipiell übereinstimmen, jedoch in ihren Einzelheiten interessante konstruktive Abweichungen zeigen. Vorweg sei bemerkt, um einen Anhalt für die Größenverhältnisse der Teile zu gewinnen, daß der gesamte Gleichrichter nebst Gehäuse nicht größer ist als eine normale Empfangsröhre.

Zunächst zur Abb. 1. In dem Boden des Zylinders 1, aus Blei oder einem anderen von Säure und Säuredämpfen nicht angreifbaren Metall, ist die aktive Elektrode aus Aluminium oder Nickel befestigt; sie ist umgeben von feinsten, pulverförmigen Silber- oder auch Graphitteilchen (3). Oberhalb dieser Pulverschicht befindet sich der Elektrolyt (4), konzentrierte Schwefelsäure, derart von dem Pulver durch eine poröse Schicht (5) aus Asbest, unglasiertem, porösem Porzellan, Glaswolle oder dgl. getrennt, daß der Elektrolyt zum Pulver gelangen, die pulverförmige Substanz jedoch nicht in den oberen Raum dringen kann.

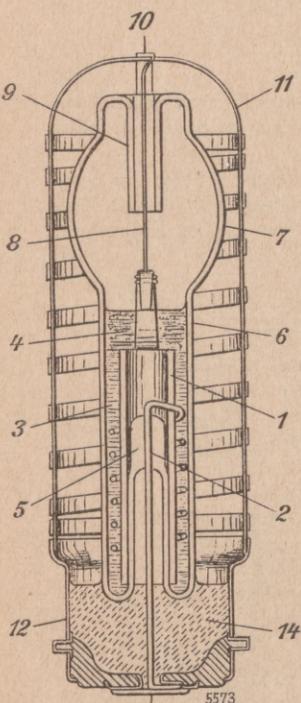


Abb. 1.

Als Zuleitung zum Kolloid dient das Silber- oder Graphitrohr (6) mit dem Zuführungsdraht (7), und der auf einer Isolierplatte (9) z. B. aus Fiber befestigte Kontakt (8). Die gesamte Elektrodenanordnung ist von einem Glasrohr (10) umgeben, das mittels Schwefel, Siegelack oder einem ähnlichen, von Säure nicht angreifbaren Stoff (11) an der Elektrode (2) festgekittet ist. (Beim Verkitten das Glasrohr gut anwärmen, da es sonst springt!) Das einspringende Rohr (12) schafft oben eine Kammer, in die die Säure beim Kippen des Gleichrichters hineinläuft, so daß ein Auslaufen der Säure nicht möglich ist. Da es von Wichtigkeit ist, die Säure konzentriert zu erhalten, wird in den Raum zwischen Glasrohr (10) und Bleizylinder (1) eine Wasserdämpfe aufnehmende Substanz wie Kalziumchlorid, Phosphorpentoxyd oder dergleichen eingebracht.

Eine zweite Ausführungsform zeigt Abb. 2, bei der vor allem die Wasserdämpfe und Feuchtigkeit absorbierende Hülle (13) fortgelassen und die Dichtung gegen die Außenluft auf andere Weise geschaffen ist. In einen Hohlzylinder (1) aus Blei, oder besser aus einer Antimon-Bleilegierung, ist wieder eine Nickelelektrode (5) eingesetzt, (4) stellt das feine Silber- oder Graphitpulver dar, (2) die aus einem Silber- oder Graphitrohr bestehende Zuleitung zum Pulver. (3) bedeutet ein Glasrohr als Isolation zwischen Metallgehäuse und Silber- oder Graphitzylinder. (6) ist die konzentrierte Schwefelsäure. Eine stärkere Vaselineschicht (7) deckt die Säure ab. Der freie Raum über den Elektroden wird durch einen Isolierbutzen (9) abgeschlossen, durch den der silberne Zuführungsdraht (8), über den oben zur weiteren Isolation ein Glasrohr (10) geschoben ist, nach außen führt. Eine weitere Schicht (11) aus Vaseline, der, um die Festigkeit zu erhöhen, Kaolin oder Bimssteinpulver zugesetzt werden kann, bildet einen flüssigkeitsdichten Abschluß des Ganzen. Als zweckmäßig wird es empfohlen, auch dem Elektrolyten (6) Bimssteinpulver, Kaolin oder ähnliche von der Säure nicht angreifbare Substanzen zuzusetzen, um entsprechend den Trockenelementen eine Art Trockengleichrichter zu erhalten.

Die soeben beschriebenen Bauarten weisen noch gewisse Nachteile insofern auf, als es, falls der Gleichrichter lange unbenutzt steht, leicht eintreten kann, daß sich selbst das

feinste Pulver infolge seiner Schwere nach unten senkt, dort zusammenfrüht und so am Boden einen Kurzschluß zwischen den Elektroden bildet, während sich die Konzentration des Pulvers in der Säure an den oberen Teilen derart ändert, daß eine gute Wirkung der Zelle verhindert wird.

Der besonders unangenehme Fehler eines Kurzschlusses wird sich leicht dadurch vermeiden lassen, daß man den unteren in die Zelle hineinragenden Teil der Nickelelektrode mit einem isolierenden Überzug, z. B. mit einem von der Säure nicht angreifbaren Lackanstrich oder mit einem aufgekitteten, dünnen Glasröhrchen versieht. Eine günstige Verteilung des Pulvers wird man durch energisches Schütteln oder Erwärmen vor der Wiederinbetriebnahme erzielen können. Es wird jedoch im folgenden eine Bauart, die Abb. 3 darstellt, beschrieben, die diese Nachteile mit Sicherheit vermeiden soll.

Der eigentliche Gleichrichter ist bei dieser Ausführungsform (Abb. 3) in das glühlampenartige Glasgefäß (7) eingeschlossen. Dieses Gefäß, das nicht ganz leicht selbst herzustellen ist, dürfte ohne weiteres durch zwei Glasrohre, welche unten durch eine säurefeste, isolierende Kittung flüssigkeitsdicht miteinander verbunden sind, zu ersetzen sein. Auf das nach innen einspringende Rohr (5) ist ein Silber- oder Graphitrohr als Zuleitung zu der mit dem Silber- oder Graphitpulver gemischten, konzentrierten Säure (3) aufgeschoben. Die den Strom in einer Richtung sperrende Elektrode (2), die isoliert und flüssigkeitsdicht durch das innere Rohr eingeführt ist, besteht aus einem Gitter (z. B. einer engen Drahtspirale, perforiertem Blech, Drahtgeflecht), das gegen das äußere Rohr (6) abgestützt ist. Dieses Gitter reicht jedoch nicht bis zum Boden des Gefäßes. Man erreicht durch diese Kathodenausbildung zweierlei: einmal setzt sich das Pulver in den Öffnungen des Gitters fest, und eine starke Änderung der Konzentration zwischen Säure und Pulver tritt auch im oberen Teile nicht ein. Zum zweiten wird ein unmittelbarer metallischer Kurzschluß zwischen den Elektroden durch geringe Mengen sich dennoch etwa am Boden ablagernden Pulvers vermieden. Eine feste Vaselineschicht (4) schließt den Elektrolyten ab. Die Ausbauchungen des Gefäßes bei (7) und das Rohr (9) haben, wie auch schon bei Abb. 1 erwähnt wurde, den Zweck, eine Kammer zu schaffen, in die der Elektrolyt bei etwaigem Umfallen oder Kippen der Zelle hineinlaufen kann.

Der Gleichrichter ist, wie die Abbildung zeigt, in einen Schutzkorb (11) aus Metalldrähten oder -bändern eingeschlossen, der bei (10) mit der Zuleitung (8) zur Silber- elektrode verbunden ist. Das Ganze ist in einem Sockel, ähnlich dem der Glühlampen, montiert.

Beim Betrachten der Abbildungen muß jedem zweierlei auffallen: einmal der enge Raum zwischen der aktiven Elektrode und der Zuleitungselektrode zu dem in Säure suspendierten Kolloid und zum anderen die Einführung und Ausbildung der Nickelelektrode derart, daß sie allseitig von der säurehaltigen, kolloidalen Masse umgeben ist und nirgends mit der Luft direkt in Berührung steht. Beide Punkte sind für den ausgezeichneten Wirkungsgrad und die Lebensdauer des Gleichrichters von größter Bedeutung. Der enge Abstand der Elektroden bedingt einen sehr geringen Spannungsabfall und somit eine starke Verringerung der inneren Verluste, also eine geringe Erwärmung und Abnutzung. Die besondere Ausführung der aktiven Elektrode, die übrigens auch schon bei anderen elektrolytischen Gleichrichtern gewählt wurde, verhindert eine Zerstörung der Elektrode, die meistens an der Berührungsstelle zwischen Luft und Elektrolyten einzusetzen pflegt.

Mehr technische Einzelheiten lassen sich leider, da, wie schon oben erwähnt, die zur Zeit zu erhaltenden Angaben äußerst knapp sind, nicht geben. Von Interesse dürfte es jedoch sein, etwas über die Spannungen zu erfahren, die mit diesen Zellen gleichzurichten sind. Bestimmte Zahlen hierüber sind auch noch nicht erhältlich. Doch lassen

die Erfahrungen mit elektrolytischen Gleichrichtern, die derart konzentrierte Elektrolyten wie die beschriebenen enthalten, den Schluß zu, daß eine Zelle mit 20 bis 30 Volt wird beansprucht werden können. Man wird daher beim Laden der Heizsammler, für die derartige Gleichrichter in der Hauptsache nur in Frage kommen können, stets einen Transformator zwischen Netz und Ladeanlage schalten müssen. Bemerkenswert sei zum Schluß noch zu dieser Art von Gleichrichtern, daß bei Verwendung von Nickeleisen, und besonders von Siliziumeisen, an Stelle des oben angegebenen Nickels für die aktive Elektrode eine wesentlich günstigere Sperrwirkung der Gleichrichterzelle erzielt werden soll.

Neben diesen elektrolytischen Gleichrichtern ist es noch ein zweiter, bisher kaum benutzter Typ, über den in letzter Zeit Mitteilungen in der Presse aufgetaucht sind, der einer allgemeinen Beachtung wert zu sein scheint. Es handelt sich hier um Gleichrichter, die ohne jede Heizung, ohne jeden flüssigen Elektrolyten und ohne Wartung anscheinend nach dem gleichen Prinzip wie die bekannten Kontaktdetektoren arbeiten, um Gleichrichter also, die das Ideal jedes Akkumulatorenbesitzers darstellen würden.

Die verschiedenen Bauarten, die in Vorschlag gebracht sind, stimmen insoweit überein, als bei sämtlichen zwei Platten aus verschiedenen Metallen vorgesehen sind, zwischen denen sich meistens eine, in einzelnen Fällen auch zwei, schlecht leitende Metallverbindungen befinden, und zwar meist Sauerstoff- (Oxyde) oder Schwefelverbindungen.

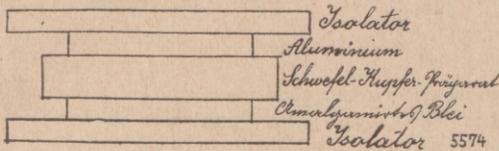


Abb. 4.

Den wohl ältesten auf diesem Prinzip aufgebauten Gleichrichter zeigt Abb. 4. Der Aufbau dürfte ohne weiteres aus der Abbildung ersichtlich sein, und es scheint nur noch notwendig, etwas näher auf das zu verwendende Schwefel-Kupfer-Präparat zwischen der Aluminium- und amalgamierten Bleiplatte einzugehen. Diese Scheibe soll höchstens 2mm dick sein und aus Halbschwefelkupfer (Cu_2S) bestehen. Ihre Herstellung erfolgt entweder durch Zusammenschmelzen von Schwefel und Kupfer, oder am besten dadurch, daß eine dünne Kupferplatte unter Luftabschluß längere Zeit im erhitzten Zustande Schwefeldämpfen ausgesetzt und darauf sehr langsam abgekühlt wird. Man soll besonders nach diesem letzten Verfahren Platten erhalten, die verhältnismäßig gute Leiter für den Strom sind und daher nicht allzu große Verluste aufweisen.

Von anderer Seite wurde vorgeschlagen, als aktive Elektrode eine Silberplatte zu benutzen, die an einer Fläche mit einer dünnen Schicht Silbersulfid überzogen ist, und gegen diese Fläche eine gut oxydierte Eisen- oder Bronzeplatte zu pressen.

Die neueste Bauart derartiger Gleichrichter mit sulfidhaltigen Trennschichten zeigt Abb. 5. Die aktive Elektrode (2) besteht aus einer mit Schwefelaluminium überzogenen Aluminiumplatte, gegen die unter Zwischenschalten einer Schwefelkupferschicht (CuS) (3) eine Platte (4) aus Kupfer gepreßt wird. Die Elektroden werden durch die Schrauben (6), die gleichzeitig als Anschluß dienen, unter Zwischenlage einer federnden Nickelscheibe (7) in dem Isolierrohr (5) zusammengehalten. Wichtig ist es, daß die Oberfläche des Schwefelkupfers, sowie der Überzug auf der Aluminiumelektrode gleichmäßig und tadellos eben sind, damit die gute Berührung an der Kontaktstelle gewährleistet ist.

Zur Herstellung der Schwefel-Aluminiumschicht auf dem Aluminium wird folgendes elektrolytisches Verfahren emp-

fohlen: Ein passendes Aluminiumstück wird als positive Elektrode in einer elektrolytischen Zelle verwendet, deren Elektrolyt aus einer auf etwa 100° erwärmten Lösung von Schwefelnatrium besteht. Die Elektrolyse beginnt man mit geringen Spannungen an der Zelle und steigert die Span-

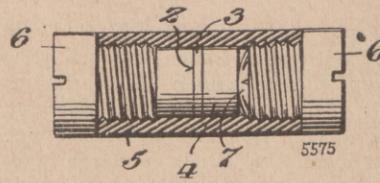


Abb. 5.

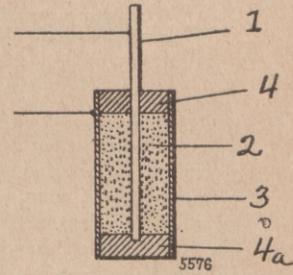


Abb. 6.

nung langsam höher und höher, entsprechend der Bildung der Schwefelaluminiumschicht, und der hierdurch hervorgerufenen Abnahme des Stromes. Je höher man die Spannung steigert, um so größere Spannungen wird später die Zelle gleichrichten können, und zwar wird sie einseitig sperrnd wirken, bis annähernd zu den Spannungen, die bei der Herstellung der Platte benutzt sind. Will man nur Batterien, z. B. Heizbatterien, geringer Spannung laden, so erübrigt sich dieses etwas umständliche Verfahren, und es genügt, die Aluminiumstücke längere Zeit in einer konzentrierten Lösung von Schwefelnatrium zu kochen.

Neben diesen Gleichrichtern mit schwefelhaltigen Zwischenschichten scheinen, wie aus neueren Literaturstellen hervorgeht, Gleichrichter mit Oxyd-zwischenschichten besonders wirksam zu sein. Von diesen seien daher, da sie sich besonders zum Selbstbau eignen, im folgenden auch zwei der neuesten Typen beschrieben, soweit es bei den zum Teil recht dürftigen Angaben möglich ist.

Bei der Art, die Abb. 6 darstellt, befindet sich in einem Metallgehäuse (3) z. B. aus Eisen, durch die Isolierbuchsen (4) und (4a) gehalten, ein Stab aus Tantal, der an seiner Oberfläche oxydiert ist. Es kann statt des Tantals auch Aluminium, Wismuth oder Antimon, wenn auch nicht mit dem ganz gleich guten Enderfolge verwendet werden. Die Oxydierung des Tantals wird auf elektrolytischem Wege in der Weise ausgeführt, daß das Tantal unter langsamer Steigerung der Klemmspannung auf 150 Volt als Anode in einer elektrolytischen Zelle mit einer gesättigten Ammoniumboratlösung verwendet wird. Der Raum zwischen Stab und Gefäß ist mit einem fest hineingepreßten, feinen Pulver aus Bleiperoxyd (PbO_2) dicht ausgefüllt, so daß überall ein guter Kontakt zwischen den Elektroden und dem Pulver besteht. Bemerkenswert sei noch, daß bei Verwendung dieses Gleichrichters für niedrige Spannungen, vor allem, wenn Tantal in Verbindung mit dem Bleiperoxyd benutzt wird,

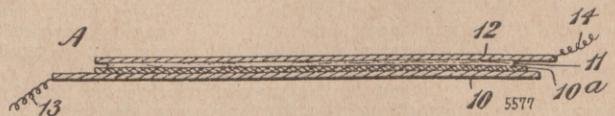


Abb. 7.

die oben beschriebene vorangehende Oxydation der Tantal-elektrode überflüssig sein soll.

Zum Schluß sei noch ein besonders einfach herzustellender Typ, der anscheinend bei sorgfältiger Herstellung der Oxydschicht sehr befriedigend arbeitet, beschrieben. Eine Kupferplatte (10) (siehe Abb. 7) wird an ihrer einen Fläche gut oxydiert, die äußere Schicht dieser Oberfläche (10a), die meist einige Verunreinigungen enthält, dann durch feines Schmirgelpapier, Sandstrahlgebläse oder kurzes Ein-

tauchen in Salpetersäure entfernt und gegen sie mittels einer zweiten Kupferplatte (12) eine weiche Bleiplatte (11) gepreßt. Um eine gute Kühlung zu erzielen, unterteilt man, wie es in Abb. 8 dargestellt ist, die Bleiplatte (11) in

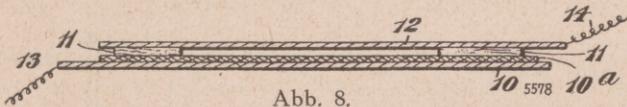


Abb. 8.

mehrere Teile, so daß bei aufrechtgestellten Platten die Luft frei durch den Zwischenraum zwischen (12) und (10a) streichen kann. Zwischen die einzelnen Gleichrichterelemente setzt man, falls man deren mehrere benötigt, metallische Distanzstücke, so daß auch zwischen ihnen sich die Luft hindurchbewegen kann. An Stelle letzterer Maßnahme kann man auch, wie es die letzte Abb. 9 bei (12b) zeigt, die Platten (12) in ihrem Durchmesser derart vergrößern, daß sie als Kühlrippen wirken.

Diese letzte Abbildung zeigt weiter einen besonders einfachen Zusammenbau derartiger Trockengleichrichter, um beide Wellen des Wechselstromes auszunutzen. Auf dem Isolierrohr (23) sind drei Gruppen C, D, E von ringförmigen Trockengleichrichtern, die durch die Zuleitungen (22) und (22a) zum Gleichstromverbraucher B voneinander getrennt sind, aufgereiht und mittels Bolzen (20) und der Schraube (20a) zusammengepreßt. Der Bolzen verbindet gleichzeitig die beiden äußeren Gruppen unter sich und mit dem einen Pol (25) der Wechselstromquelle F, der andere Pol (24) der Wechselstromquelle ist zur Mitte der zentralen Gruppen geführt. Die Gruppen selbst sind derart aufgebaut, daß, wie auch die Pfeile oberhalb der Gruppen zeigen, in der mittleren Gruppe nur ein Strom von rechts nach links fließen kann, während er in den äußeren Gruppen nur in entgegengesetzter Richtung zu fließen vermag.

In der Zeit, in der die Zuleitung (24) den positiven Pol bildet, wird also der Strom über die linke Hälfte von C, die Platte (22), den Verbraucher B, in Platte (22a), Gruppe E, Bolzen (20) zur Leitung (25) laufen. Ist dagegen (25) positiv, so geht der Stromfluß über Gruppe D, (22), B, (22a), rechte Gruppe von C zurück zur Stromquelle.

Wenn hier in diesen Zeilen der Aufbau und die Herstellungsweise dieser aussichtsreichen Trockengleichrichter nur in verhältnismäßig sehr groben Umrissen beschrieben werden konnte, so daß sicherlich für den einzelnen, der derartige Gleichrichter bauen will, noch viel Ausdauer und Geschicklichkeit zur Schaffung einer einwandfreien Anlage notwendig sein wird, so bedauert dieses der Verfasser selbst am meisten. Es war jedoch aus den zu erhaltenden Beschreibungen nicht mehr zu entnehmen. Hoffentlich wird uns aber bald auf Grund eigener Versuche, angeregt durch

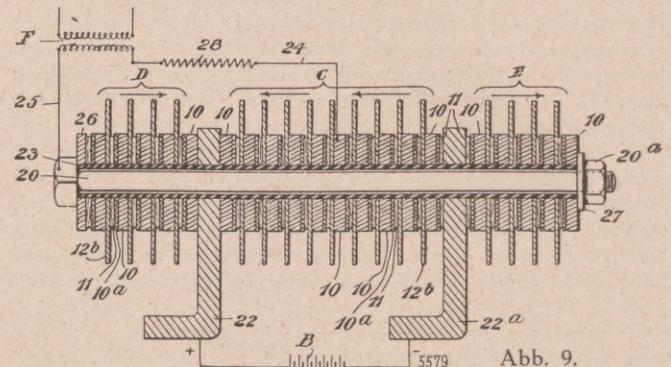


Abb. 9.

diese Zusammenstellung, dieser oder jener genauere Einzelheiten über diesen oder jenen Punkt, vor allem über genaue Herstellung der einzelnen Substanzen usw. mitteilen können.

Warum sind Netzanschlußgeräte verboten?

In einem Brief an den „Funk-Bastler“, den wir in Heft 15 auf Seite 240 veröffentlicht haben, fragte Herr J. Glorius unter obigem Titel, ob die Elektrizitätswerke befugt seien, den verkauften Strom für irgendwelche Benutzung zu verbieten. Dazu werden uns die folgenden Ausführungen zur Verfügung gestellt, die wir unseren Lesern nicht vorenthalten wollen, obgleich sie für ein Verbot der Netzanschlußgeräte eintreten.

Herr G. betrachtet den Strom als Ware, mit der der Käufer machen kann, was er will, und glaubt, den Werken das Recht absprechen zu dürfen, die Benutzung von Netzanschlußgeräten zu verbieten. Herr G. hat Unrecht. Jeder Verkäufer hat das Recht, beim Verkauf Bedingungen zu stellen. So z. B. schreiben die Fabrikanten von Markenartikeln den Händlern das Einhalten gewisser Wiederverkaufspreise vor. Der Käufer hat dann kein freies Verfügungsrecht über die erworbene Ware. Ebenso stellen die Werke die Bedingung, daß nur vorschriftsmäßige (vom VDE. als ungefährlich befundene) Stromverbraucher angeschlossen werden dürfen. Die Benutzung eines Gleichstromnetzanschlußgerätes ist ein Verstoß gegen die gestellte Bedingung und berechtigt daher das Werk, die Stromlieferung zu sperren. Will man mit gekaufter elektrischer Energie nach Gutdünken verfahren, so muß man sie zunächst in einem Akkumulator aufspeichern.

Bezüglich der Gefahren des Netzanschlußgerätes sei auf die ausgezeichnete Abhandlung von M. Sichter in der „E. T. Z.“ (1927, S. 417) verwiesen. Die von Herrn G. empfohlenen Vorsichtsmaßregeln genügen keineswegs. Wirklich ungefährlich ist der Netzanschluß nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Beiderseitige Blockierung des Kreises Antenne—Erde;
2. induktive Kopplung des Telephons;
3. Entnahme von Anoden- und Heizstrom aus dem Netz;
4. ausreichende Durchschlagsfestigkeit der gesamten Apparatur, auch in feuchtem Zustande;
5. Berührungsschutz.

Diesen Bedingungen kann zwar ein Netzanschlußempfänger gerecht werden, niemals aber ein Netzanschlußgerät zur Verbindung mit einem vorhandenen Empfänger. Auch wenn das Netzanschlußgerät die zur Erfüllung der ersten beiden Be-

dingungen notwendigen Bauteile enthält, so läßt sich ihre Benutzung doch mit keinerlei Mitteln erzwingen. Andererseits entsprechen die meisten Empfänger nicht den beiden letzten Bedingungen. Selbst bei einwandfreier Durchbildung des Netzanschlußgerätes bringt eine Verbindung mit dem Empfänger doch die bekannten Gefahren mit sich, und diese bedrohen im Falle einer Außenantenne nicht nur den Besitzer, sondern auch Fremde. Wer trotz des Verbotes ein Netzanschlußgerät betreibt, muß gewärtig sein, im Falle eines Unfalles zur Verantwortung gezogen zu werden.

Herr G. glaubt, daß die Gefährlichkeit einer Stromquelle von deren Kurzschlußstromstärke abhängig ist. Das trifft zwar für die Brandgefahr zu, nicht aber für die Berührungsgefahr. Letztere hängt vielmehr nur von der Spannung ab, sofern der innere Widerstand der Stromquelle klein ist im Verhältnis zum Widerstand des menschlichen Körpers. Das Netzanschlußgerät verhält sich wie eine Stromquelle mit sehr geringem Widerstand, weil es Parallelkondensatoren großer Kapazität enthält. Infolgedessen ist die Berührungsgefahr im Falle gleicher Spannung bei Netzanschlußgeräten ebenso groß wie bei Anodenbatterien. Da aber bei den Netzanschlußgeräten viel höhere Spannungen auftreten können, sind sie auch bedeutend gefährlicher. Bei der Spannungsregelung durch ein Potentiometer, die auch Herr G. mit Recht empfiehlt, ist die Gefahr geringer als bei der Verwendung von Vorschaltwiderständen (nicht Belastungswiderständen, wie Herr G. irrtümlich angibt), weil letztere in stromlosem Zustande nicht spannungsmindernd wirken, während beim Potentiometer die Vorschaltstrecke auch bei abgeschaltetem Empfänger Spannung verzeht, so lange die Parallelstrecke intakt ist. Ist diese aber defekt oder einer ihrer Endkontakte unterbrochen, so liegt doch wieder die volle Netzspannung am Gerät.

Die größte Betriebssicherheit ergibt wohl das Potentiometer, das aus einer einzigen durchgehenden Spule aus Widerstandsdraht besteht, doch auch hier kann von absoluter Sicherheit nicht die Rede sein. Wenn schon beim Niederfrequenztransformator die Lebensdauer begrenzt ist (siehe „Funk-Bastler“ 1927, S. 230), obwohl der Draht isoliert ist und aus reinem Kupfer besteht, um wieviel größer muß da die Zerstörungsgefahr bei der Widerstandsspule sein, deren nackter Draht aus einer Legierung besteht und daher der Korrosion, Rekrystallisation usw. in weit stärkerem Umfange unterliegt!

J. M. Schmierer.

Der Fernempfänger des Telegraphentechnischen Reichsamts

Ein Drei-Röhren-Neutrodyne-Gerät für großen Wellenbereich.

Von

Prof. Dr. G. Leithäuser.

Im Auftrage des Telegraphentechnischen Reichsamts führt Prof. Dr. G. Leithäuser die Fernempfangsversuche für den Berliner Sender durch; so hat eine Übertragung des Abendkonzerts aus dem englischen Seebad Brighton stattgefunden, die ebenfalls von Prof. Dr. Leithäuser geleitet wurde. Der Fernempfänger des T. R. A., dessen Leistungen die Berliner Funkfreunde also oft am Detektor erleben, befindet sich in Döberitz. Viele Bastler haben nun den Wunsch, dieses ausgezeichnete Empfangsgerät nachzubauen. Dazu sollen die folgenden Ausführungen die Möglichkeit bieten.

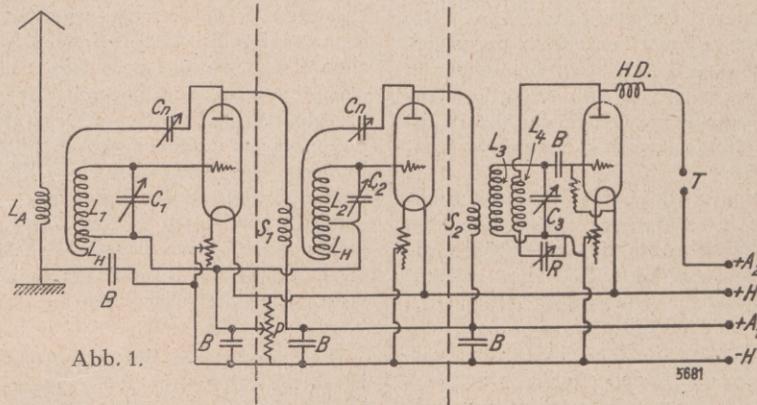
Die Viel-Röhren-Empfänger, die beim heutigen Funkempfang das Feld beherrschen, sind in der Hauptsache Neutrodynegeräte oder Geräte, die mit Zwischenfrequenz arbeiten; beide Empfängerarten sind zu einem hohen Maß von Vollkommenheit entwickelt. Während bei der Einstellung des Empfängers mit Zwischenfrequenz oder des Supergeräts im allgemeinen zwei Kondensatoren zum Empfang einer Wellenlänge bedient werden müssen, nämlich der Kondensator zur Abstimmung des Empfangskreises sowie der Kondensator, der den Oszillatorkreis bedient, ist dieses bei Neutrodynegeräten nicht notwendig. Sie lassen sich so bauen, daß durch einen einzigen Handgriff die Einstellung auf die zu empfangende Wellenlänge vorgenommen werden kann.

Die Neutrodynegeräte bestehen aus zwei oder mehreren Hochfrequenz-Verstärkerstufen, auf die ein Audion und weitere Stufen zur Niederfrequenzverstärkung folgen. Die Hochfrequenzverstärkung in mehreren Stufen durchzuführen, macht erhebliche Schwierigkeiten, weil infolge der hohen Empfindlichkeit des nachfolgenden Audions einerseits durch falsche statische Kopplung starke Sender durchschlagen können, andererseits durch die Übertragung der Energie von Kreis zu Kreis ungewünschte Rückkopplungen vorhanden sind, die ein Anschwingen der zur Verstärkung dienenden Vorröhren vor dem Audion zur Folge haben können.

Das im folgenden zu beschreibende Neutrodynegerät ist mit zwei Stufen zur Hochfrequenzverstärkung und einem Audion ausgerüstet. Ein besonderer Niederfrequenzverstärker ist nicht eingebaut, da je nach dem Verwendungszweck verschiedene Verstärker nachgeschaltet werden müssen. Um eine Beeinflussung der einzelnen Kreise gegeneinander möglichst auszuschließen, ist das Gerät metallisch gepanzert; jede Röhrenstufe befindet sich in einer metallisch gepanzerten Kammer für sich. Da die Panzerung von den Spulen einen gewissen Abstand haben muß, ist die Kammergröße in nicht zu kleinen Abmessungen gehalten. Die Abmessung der ersten Kammer beträgt $24 \times 24 \times 28$ cm, die der zweiten $24 \times 24 \times 28$ cm und der dritten $24 \times 29 \times 28$ cm. Als Metall für die Panzerung kann Zinkblech dienen, besser noch scheint sich Aluminiumblech zu bewähren.

Das Schaltungsschema des Empfängers geht aus der folgenden Abb. 1 hervor. Drei Schwingungskreise $L_1 C_1$, $L_2 C_2$, $L_3 C_3$ liegen zwischen Gitter und Kathode der ersten, zweiten

und dritten Röhre. Die Antenne mit ihrer Spule L_a ist aperiodisch mit dem Kreis $L_1 C_1$ gekoppelt. Diese Kopplung ist veränderlich gemacht. Zur Energieübertragung von der Röhre 1 auf Röhre 2 und von Röhre 2 auf Röhre 3 sind in den Antennenkreisen Spulen vorgesehen (S_1, S_2), die durch magnetische Kopplung den nachfolgenden Kreis beeinflussen. Das Audion mit dem Kreis $L_3 C_3$ besitzt einen besonderen Weg zur Rückkopplungserzeugung, der durch die Spule L_4 und den Kondensator R gebildet wird. Um eine Kopplung der einzelnen Kreise durch die Anodenbatterie zu vermeiden, ist die Anodenkreisspule S_1 und S_2 durch einen besonderen Kondensator B, in der Größenordnung von $\frac{1}{2}$ Mikrofara oder mehr, mit dem Heizfadenende verbunden. Die Entkopplung der Kreise geschieht in den einzelnen Stufen. Es sind zu diesem Zweck kleine Hilfspulen L_h und Kondensatoren C_h vorgesehen, die an jedem Schwingungskreis angeschlossen werden. Das eine Ende der Hilfspule ist mit dem zur Kathode führenden Ende des Schwingungskreises verbunden, während das zweite Ende über den Kondensator C_h zur Anode führt. Die Einstellung dieser Entkopplung kann auf zwei Arten, sowohl mit dem Kondensator als auch durch Bewegung der Hilfspule vor der



Spule des zugehörigen Schwingungskreises geschehen. Die Schwingungskreise der Hochfrequenzvorstufen $L_1 C_1$ und $L_2 C_2$ sind außerdem an ein Potentiometer P gelegt, um die Vorspannung an den jeweiligen Gittern in gewissen Grenzen verändern zu können. Die zum Potentiometer führende Leitung ist durch einen Kondensator B zum negativen Pol der Heizleitung geschaltet. Der negative Heizpol ist über einen großen Kondensator mit dem Erdanschluß der Antenne verbunden, um einwandfreie Kapazitätsverhältnisse gegen Erde zu schaffen.

Bei der Einstellung werden die Kondensatoren C_1 , C_2 und C_3 zwangläufig miteinander bewegt, so daß die Abstimmung hierdurch sehr erleichtert wird. Ferner kann die Kopplung zwischen der Antennenspule L_a und der ersten Kreisspule L_1 verändert werden und ebenfalls die Kopplung zwischen S_1, L_2 und S_2, L_3 . Diese letzteren Kopplungen werden von außen durch Bedienung eines Griffes ebenfalls gemeinsam verstellt.

Die Einzelheiten des Empfängers sind am besten aus den folgenden Abbildungen zu ersehen. Abb. 2 zeigt die Frontplatte des Empfängers mit einer Länge von 82 cm und einer Höhe von 30 cm. Die zwei Kondensatoren, die in der unteren Reihe zu sehen sind, drehen sich zwangläufig beim Stellen irgendeines Kondensatorgriffes. Zur Feinabstimmung sind besonders drehbare Platten vorhanden, die durch den kleinen sichtbaren Griff in der Mitte des Hauptgriffes verstellt werden können. Auch an der Stelle des dritten Abstimmkondensators ist ein solcher Feineinstellungsgriff zu sehen.

Der erste Kondensator kann durch Lösen der links unten

sichtbaren Schraube von der gemeinsamen Verstellkopplung abgetrennt werden; diese Lösung scheint zweckmäßig, wenn im Eingangskreise eine andere Spule oder ein Rahmen zum Empfang eingeschaltet wird.

In der höheren Reihe erkennt man die Griffe für die Antennenkopplung, für die Verstellung der Anodenkopplung

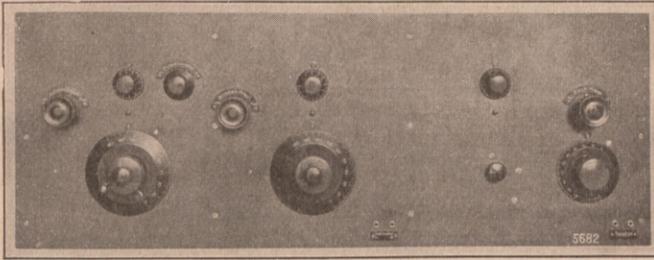


Abb. 2.

und für die Verdrehung der Rückkopplungsspule. Unterhalb dieses letzten Griffes befindet sich der Kondensatorgriff zur Regulierung der Rückkopplung. In der noch höheren Reihe liegen die Heizwiderstände für die drei Röhren sowie der Reguliergriff für das Potentiometer. Außerdem befinden sich zwei Buchsen für ein Voltmeter unten rechts von der Mitte. Dieses Voltmeter kann mittels kleiner, unterhalb der Heizwiderstände sichtbarer Druckknöpfe an die verschiedenen Röhren geschaltet werden. Links von den Hauptkondensatorskalen befindet sich je eine Schraube, in der die Drehkondensatorachse des zur Neutralisation dienenden Kondensators endet.

Abb. 4 zeigt die rückwärtige Ansicht des gesamten Empfängers. Die Staffellung ist von rechts nach links zu denken, so daß die am weitesten nach rechts liegende Röhre die erste Hochfrequenzverstärkerstufe darstellt. Man erkennt zunächst die Art der Panzerung sowie die zwischen den einzelnen Stufen liegenden, mit Metall überzogenen Holzwände. Die Röhren, zugehörigen Sockel sowie Nebenvorrichtungen befinden sich auf einem über Bodenhöhe in 15 cm Abstand befindlichen Brett. Dieses ist aus Pertinax hergestellt und besitzt eine Breite von 10 cm.

Aus der Abbildung ersieht man ferner den Aufbau der Spulen in ihrer Gesamtanordnung. In der Mitte befindet sich die jeweilig zum Schwingungskreis gehörige Spule. Davor, leicht nach rechts geneigt, die zur Kopplung dienenden Spulen, dahinter in den beiden rechts befindlichen Kammern die zur Neutralisation dienenden Spulen, während in der am meisten nach links liegenden Kammer die Rückkopplungsspule etwa 30° nach links geneigt zu sehen ist. Ferner erkennt man die Anordnung des Seiltriebes zur gemeinsamen Verstellung der Kopplung der Anodenkreisspulen in der zweiten und dritten Kammer, sowie die Antriebsvorrichtung für die Antennenkopplung in der ersten Kammer und eine ähnliche für die Rückkopplung in der letzten Kammer. Auch ist die Anordnung der Heizwiderstände in ihrer Gesamtheit sowie des Potentiometers hier zu erkennen.

Abb. 5 gibt die Ansicht des Empfängers von oben wieder. Hier sieht man die Unterbringung der Antriebsorgane für die Kopplungen sowie die Art, in der die Spulen angebracht sind, und ihren Abstand. Endlich ist auch über die Leitungsführung ein Bild zu gewinnen. An rückwärtigen Anschlüssen sind mehrere vorgesehen; für die Antennenspule (Antenne, Erde) und Hilfsschaltungen mit ihr, ferner für verschiedene Anodenspannungen der Vorröhren und des Audions, sowie eine Gittervorspannung für die letzte Röhre. In der letzten Kammer erkennt man den Silitwiderstand des Audions sowie die Größe und Lage der Hochfrequenzdrossel (rechts neben der Röhre), die aus 150 bis 200 Windungen ganz dünnen Drahtes gewickelt ist.

Um einen noch besseren Einblick zu gewinnen, sind die einzelnen Kammern in vergrößertem Maßstabe in den Ab-

bildungen 6, 7, und 8 angeführt (von rückwärts gestaffelt, um die Gleichheit mit der Abb. 5 zu erreichen!). Der Einblick in die Kammer ist von der Rückseite gegeben. In der ersten Kammer (erste Hochfrequenzstufe) ist die Anordnung der Spulenhalter, die Spulen selbst und besonders die zur Entkopplung dienende gut erkennbar. Der an der rechten Wand befindliche Kondensator dient zur Neutralisation. Der Abstimmkondensator liegt hinter den Spulen und ist nicht erkennbar. Der links im Hintergrund sichtbare Seiltrieb dient zum gemeinsamen Verstellen der Abstimmkondensatoren. Die Hochfrequenzröhre selbst ist auf federndem Sockel untergebracht. Beim Audion mußte infolge der hohen Empfindlichkeit des Apparates eine doppelte Federung angebracht werden, da sonst ein Vermeiden des Röhrenklings unmöglich war. In Abb. 7, die die zweite Hochfrequenzverstärkerstufe zeigt, ist der Seiltrieb für die Bewegung der Anodenkopplung auch in seinen Abmessungen gut erkennbar. Ferner ist hier besonders gut die Unterbringung der Spulensockel zu erkennen. Der links liegende Blockkondensator verbindet die Anodenkreisspule mit dem negativen Heizpol. Die beiden Buchsen im Hintergrunde sind für das Voltmeter zum Messen der Heizfadenspannung vorgesehen. In Abb. 8 ist die für das Audion vorgesehene größte Kammer dargestellt. Die Rückkopplungsspule wird mittels ihres Seilantriebes zur Kopplung nach der entgegengesetzten Seite bewegt wie die Anodenspule. In dieser Kammer ist die Unterbringung der Abstimmkondensatoren ebenfalls zu erkennen. Der rechts befindliche Drehkondensator dient zur Regelung der Rückkopplung. Die Leitungsführung, die Unterbringung des Silitstabes, die doppelte Federung am Audion fallen hierbei ebenfalls auf. Die beiden Buchsen, die neben dem Bock des Silitstabes zu sehen sind, liegen parallel zu den Belegungen des Abstimmkondensators. Ähnliche sind auch in den Vorkammern untergebracht. Sie dienen dazu, durch Einstecken eines Blockkondensators die Gesamtkapazität in den Gitterkreisen zu vermehren. Dieses wird notwendig, wenn man mit dem Apparat längere Wellen empfangen will.

Die Umschaltung des Apparates für höhere Wellenbereiche ist durch Austausch der eingeschalteten Spulen ohne weiteres möglich. In Abb. 3 ist ein Spulenhalter mit dem auf jeder Seite beweglichen Antrieb für eine Spule dargestellt. Der mittlere Halter ist fest und nimmt die Gitterkreisspule

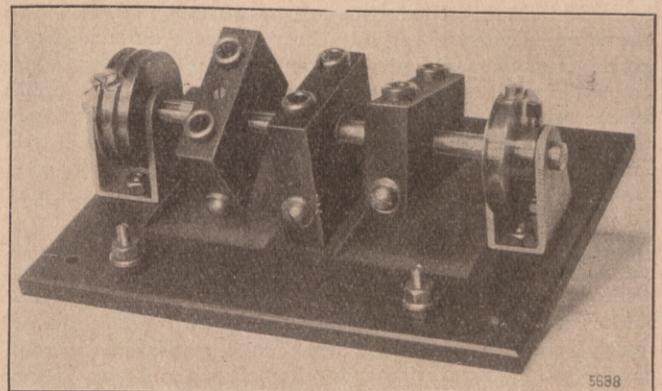


Abb. 3.

auf; die beiden anderen Halter sind, wie man erkennen kann, in ihrer Stellung gegenüber der mittleren Spule seitlich verschiebbar. Zu diesem Zweck ist die Röhre, die sie trägt, aufgeschlitzt, so daß eine Schraube in diesem Schlitz Halt finden kann. Die seitliche Verstellbarkeit ist nötig, um bei verschieden großen Spulen den notwendigen Spulenabstand einstellen zu können. Auf diese Weise lassen sich kapazitive Kopplungen zwischen den Spulen weitgehend verhindern. Die Größe und Abmessungen der Antriebsräder ist

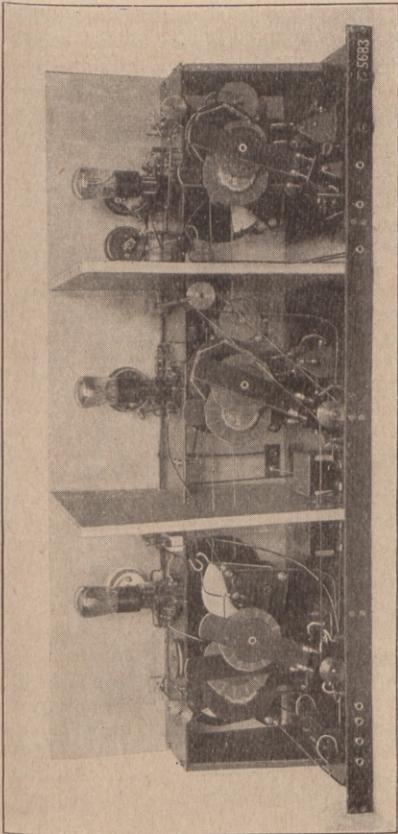


Abb. 4.

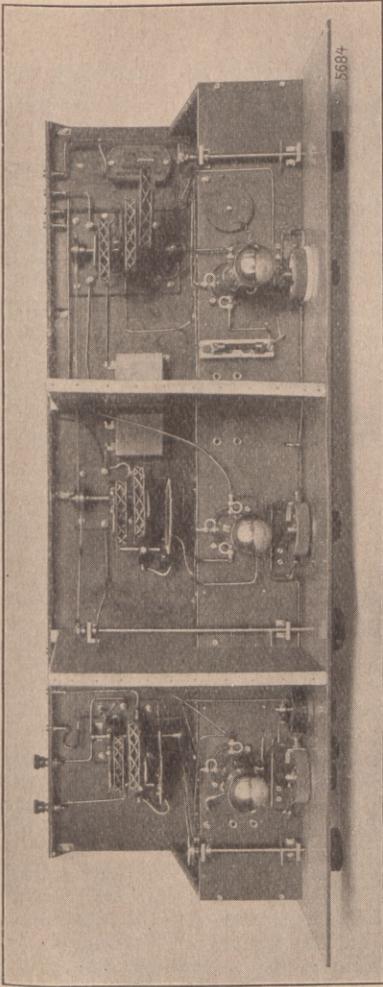


Abb. 5.

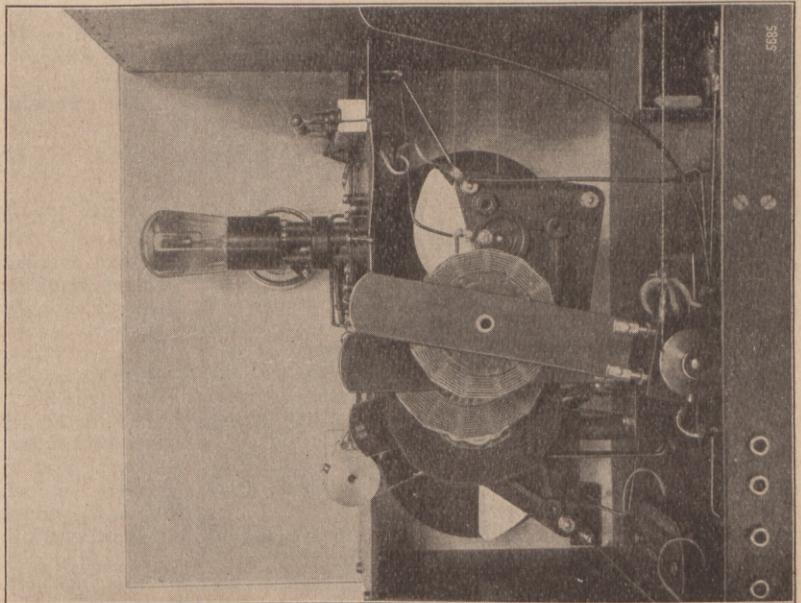


Abb. 6.

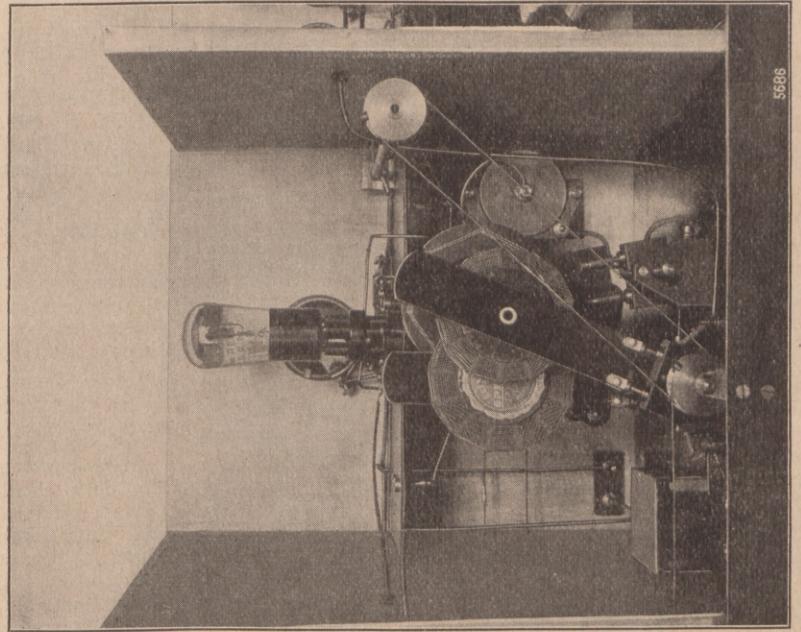


Abb. 7.

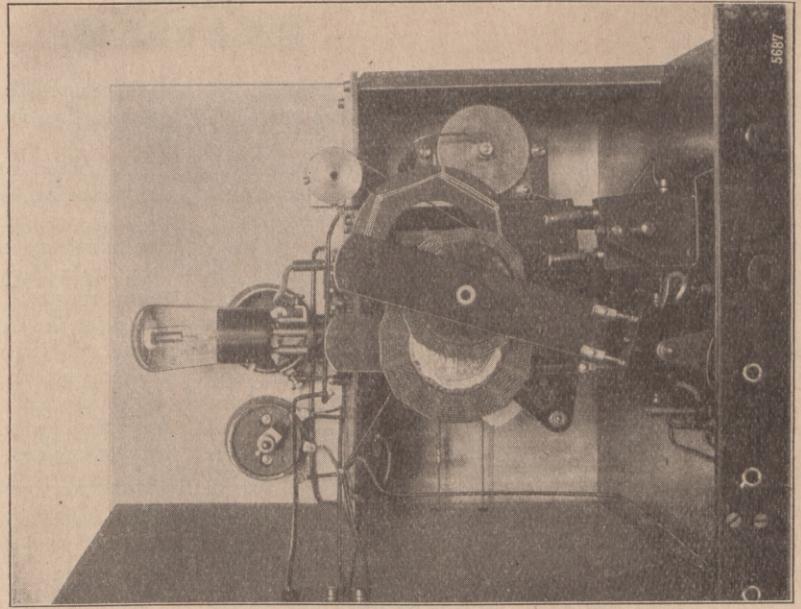


Abb. 8.

aus dieser Abbildung ebenfalls erkennbar. Die kleinen, auf der Peripherie befindlichen Schraubchen dienen zur Befestigung des zum Antrieb verwendeten Drahtes oder Metallbandes. Man kann zwei Apparate dieser Art vereinigen, wobei der erste als Neutrodynevorverstärker verwendet wird, während der zweite als Zwischenfrequenzverstärker dient.

Über die Einstellung des Empfängers mag folgendes gesagt werden: Man koppelt zunächst den Antennenkreis mit dem ersten Gitterkreis fest. Die Kopplung in den weiteren Stufen wird ebenfalls ziemlich fest gemacht. Das Audion stellt man mit seiner Rückkopplungsspule so ein, daß es Schwingungen erzeugt. Beim Drehen des Abstimmkondensators findet man dann den Sender. Nun lockert man die Kopplung der Anodenkreise, dann die Kopplung des Antennenkreises. Hiernach werden die einzelnen Stufen

nachgestimmt sowie die Rückkopplung auf den Wert eingestellt, den sie beim Empfang besitzen soll. Die Störungsfreiheit des Apparates geht dann außerordentlich weit.

Am besten ist es, immer mit möglichst loser Kopplung in den einzelnen Kreisen zu arbeiten und die Rückkopplung ziemlich weitgehend auszunutzen. Für die Erzeugung einer Zwischenfrequenz wird eine weitere Röhre zweckdienlich sein, die außerhalb des Geräts im besonderen Kasten untergebracht wird. Die Verbindungen sind leicht so zu schalten, daß man die Ultradyneschaltung für das Audion verwenden kann, wobei die Eingangsspule des nächsten Apparates als Übertragungskreis für die Zwischenfrequenz abgestimmt wird. Durch diese Zusammenschaltung zweier Apparate wird die höchste Empfindlichkeit und Selektivität erreicht, die mit heutigen Empfangsapparaten überhaupt herstellbar ist.

Das Problem der Großlautsprecher

Die „atmende Kugel“. — Das Vogtsche Statophon. — Lautsprecher im Kölner Dom.

In der letzten Sitzung der Fachabteilung „Nachrichtenwesen“ des Elektrotechnischen Vereins gab Dr. E. Trendelenburg, der bei Siemens & Halske sich namentlich mit Schallübertragungen beschäftigt, anregende Einblicke in das schwierige Gebiet der Schallwandlung und -übertragung; er behandelte vor allem die Lautsprecher.

Zur Erzeugung von Schall durch elektrische Erregung kann man verschiedene Wege benutzen. In gewisser Beziehung würden elektromechanische Schallsender, bei denen die Umformung der elektrischen Energie durch thermische vor sich geht, die vollkommensten sein, und in der singenden Bogenlampe sowie im Thermophon hat man diese Methode angewendet. Aber für große Leistungen eignen sich solche Vorrichtungen nicht; man kann sie nur für Meßzwecke verwerten.

Auf Grund bestimmter Differentialgleichungen, die Dr. Trendelenburg über die Gesetze der erzwungenen Schwingungen aufstellt, sucht er die Bedingungen abzuleiten, die am vorteilhaftesten sind, um eine bestimmte Schalleistung abzustrahlen. Er zeigt, welche Mittel man anwenden muß, um die Bildung von Kombinationstönen, namentlich bei der Verwendung von Flächenlautsprechern, zu verhüten. Die theoretische Rechnung ergibt, daß für Schallabstrahlung großer Flächen die Kugelfläche, die sogenannte „atmende Kugel“, am vorteilhaftesten wäre. In der tief abgestimmten Kolbenmembran von Riegger haben wir eine Annäherung an diesen „idealen Kugelstrahler“, der jedoch technisch nicht ausführbar ist.

Zur Abstrahlung großer Schalleistungen sind Großflächen-sender vorteilhaft. Das elektrostatische Prinzip gestattet die Verteilung der angreifenden Kräfte über das ganze Feld. Dr. Trendelenburg legt kurz das Wesentliche der Konstruktion des elektrischen Statophons von Hans Vogt dar: zwei Elektrizitätserreger, von denen der eine positiv, der andere negativ geladen ist, ziehen einander an, und zwar um so kräftiger, je größer der zwischen beiden bestehende Spannungsunterschied wirkt. Ist der eine der beiden Elektrizitätsträger ruhend, der andere beweglich angeordnet, z. B. als Membran ausgebildet, dann bewegt sich mit Zunahme des elektrischen Feldes der bewegliche Träger auf den ruhenden zu, bei Abnahme des Feldes wieder von ihm fort. Wechselt die anliegende Spannung rasch, dann wird der bewegliche Ladungsträger in Schwingung versetzt und erregt unmittelbar die umgebende Luft. Da sich die beiden Elektrizitätsträger genügend groß herstellen lassen und so imstande sind, ein beträchtliches Schallfeld zu erzeugen, sind Trichter und ähnliche nachteilige Einrichtungen überflüssig. Dr. Trendelenburg erkannte diese Vorteile an, betonte jedoch, daß für diese Art von Lautsprechern große Spannungen notwendig seien.

Dann betrachtete der Redner die elektromagnetische Anregung, wie sie u. a. bei dem Blatthaller Hans Rieggers verwendet wird: auf der Membran ist ein

Kupferleiter in etwa mäandrischer Form angebracht; durch diesen Leiter geht der Sprechstrom hindurch. Die Membran, die eine gewellte Form hat, ist möglichst starr und der Leiter auf ihr festgenietet. Die Feldmagnete werden mit 800 bis 900 Watt, der Kupferleiter mit etwa 20 Ampere gespeist. Eine Reihe weiterer Lautsprecher, bei denen das elektrodynamische Prinzip angewandt wird, u. a. Membran mit Ringspulen, werden kurz besprochen, auch gezeigt, wie man die Schalleistungen ausmessen kann.

Bemerkenswert waren die Ausführungen, die die Verwendung solcher Lautsprecher betrafen. Man muß unterscheiden zwischen Räumen ohne bemerkenswerte Nachhallwirkung und solchen mit ausgesprochener Hallwirkung. Bei den zuerst genannten Räumen ist es möglich, mit einem einzigen Lautsprecher auszukommen, so z. B. im Berliner Sportpalast, der ungefähr 10 000 Zuschauer faßt. Dagegen ist es bei den anderen Räumen weit richtiger, sie in verschiedene Lautsprecher aufzuteilen. Dr. Trendelenburg zeigte auch durch Experimente, wie die Lautsprecher auch eine bestimmte Richtwirkung haben. Er ging dann ausführlich auf die Verwendung des Siemenschen Lautsprechers bei dem großen holländischen Juliana-Fest ein. Zum größten Ärger der holländischen Presse mußte bei diesem Volksfest im Haag, wo gleichzeitig Hunderttausende von Menschen Zuhörer waren, ein deutscher Lautsprecher benutzt werden.

Viel kommt es auch auf die richtige Aufstellung des Lautsprechers an. So war bei einem Vorversuch im Haager Busch die Wirkung zuerst kläglich, weil eine Baumgruppe wie eine reflektierende Wand wirkte. Aber man fand bald die richtige Aufstellung, und selbst die ärgerliche holländische Presse mußte die vorzügliche Leistung des deutschen „Eindringlings“ anerkennen.

Auch im Kölner Dom bediente man sich eines Lautsprechers; hier wurden von der Firma Siemens & Halske im südlichen Teil und im Chor elf Lautsprecher eingesetzt. Für eine endgültige Anlage im ganzen Dom kommen etwa 22 Lautsprecher in Frage. Man will die Worte des Sprechers von der Kanzel im ganzen Dom verständlich machen und damit alte Wünsche erfüllen. Vom Mikrofon an der Kanzel werden die Worte über einen Verstärker einem Kabel zugeleitet und von dem Kabel auf einen Endverstärker, von dem sie den einzelnen Lautsprechern zugeführt werden. Durch die Anbringung möglichst vieler Lautsprecher läßt sich die Übertragung in dem weiten Raum ohne unangenehme Hallwirkung durchführen und, wie verschiedene Proben gezeigt haben, die Stimme des Predigers ohne Nebengeräusche wiedergeben. Von den Übergängen der einzelnen Sprechkreise von einem Lautsprecher zum andern war bisher nichts zu merken. Die Sprechkreise greifen so ineinander, daß eine vollkommen einheitliche Wirkung erzielt wird. Die Anlagen — Mikrofon an der Kanzel und die Lautsprecher — sind so angebracht, daß sie im Raume nicht auffallen und das Innere des Doms nicht im geringsten beeinträchtigt wird. K. J.

Reise-Empfänger und Wellenmesser

Von
Alfred Weill.

Mit dem Herannahen des Sommers erwacht in manchem Funkfreund der Wunsch nach einem leicht transportablen Empfänger, den er mit ins Boot, auf die Wanderung oder auf die Reise mitnehmen kann. Im „Funk“ sind schon wiederholt verschiedene Reise-Empfänger beschrieben worden. Nach meinen Erfahrungen eignet sich der Negadyne-Empfänger mit Pendelrückkopplung am besten für diesen Zweck. Gelingt es doch selbst in der Großstadt durch Anschluß an die Lichtleitung, Wasserleitung oder andere ausgedehnte Metallmassen ohne Störung durch den Ortssender ferne Stationen aufzunehmen. Dieser Empfänger ist aber auch durch einen Griff in den brauchbarsten Wellenmesser umzuwandeln. Die beiden Schaltbilder erläutern diesen Vorgang.

Man braucht nur zwei Kurzschließer zwischen A—B und C—D einzusetzen und die Anode mit dem negativen Pol der Anodenbatterie zu verbinden, und der Wellenmesser ist fertig. Es empfiehlt sich daher beim Bau des Empfängers, die Anodenbatterie so anzuordnen, daß alle Buchsen zugänglich sind. Man kann dann je nach Heizung die günstigsten Spannungen wählen und beim Übergang zum Wellenmesser den Anodenstößel bequem umsetzen.

Da bereits in Heft 42 des „Funk“, Jahr 1926, alles Wissenswerte über den Empfänger gesagt ist, erübrigt sich eine genaue Beschreibung der Wirkungsweise. Dasselbe gilt von dem Wellenmesser, der in Heft 3 des „Funk“, Jahr 1926, beschrieben wurde.

Aus eigener Beobachtung möchte ich einige Ergänzungen hinzufügen. Die Pendelrückkopplung läßt sich, obwohl im „Funk“ gelegentlich die entgegengesetzte Ansicht vertreten wurde, ohne Benachteiligung mit einer gewöhnlichen Telefonspule (2000 Ohm, Preis 60 Pf.) ausführen. Ein vergleichender Versuch mit einer Wabenspule von 1250 Windungen nebst Drehkondensator gab genau die gleichen Empfängerergebnisse. Man kann also ohne Bedenken die Telefonspule verwenden. Man spart Geld und Platz.

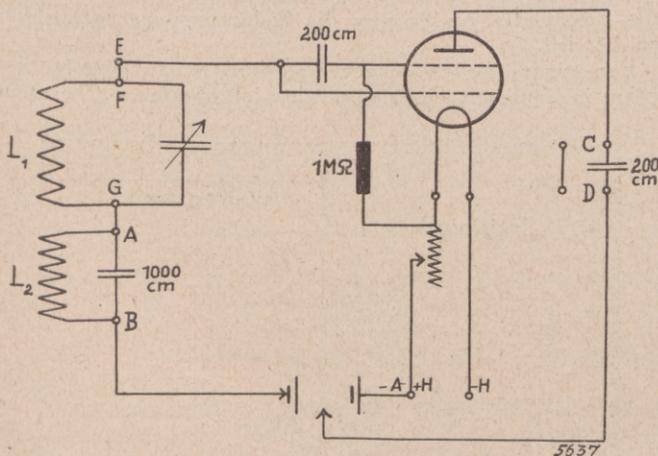


Abb. 1. Empfänger.

Der Drehkondensator läßt sich beim Empfang mit Pendelrückkopplung nur bis etwa 300 cm ausnutzen. Es ist also zwecklos, eine Gesamtkapazität von 500 cm einzubauen, es sei denn für den Wellenmesser.

Die Feinregulierung der Heizung ist unbedingt erforderlich. Mißerfolge sind meistens darauf zurückzuführen, daß diesem Punkt nicht die volle Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die von verschiedenen Seiten vorgeschlagenen Taschenlampenbatterien sinken bei einer Belastung von 60 bis 70 mA zu

schnell ab. Sie können im Notfall natürlich nützlich sein, vorausgesetzt, daß der Heizwiderstand hinreichende Größe besitzt. Ich ziehe den Trockenbatterien Taschenakkumulatoren in Zelluloidgehäuse (etwa 1,5 Amperestunden, Preis

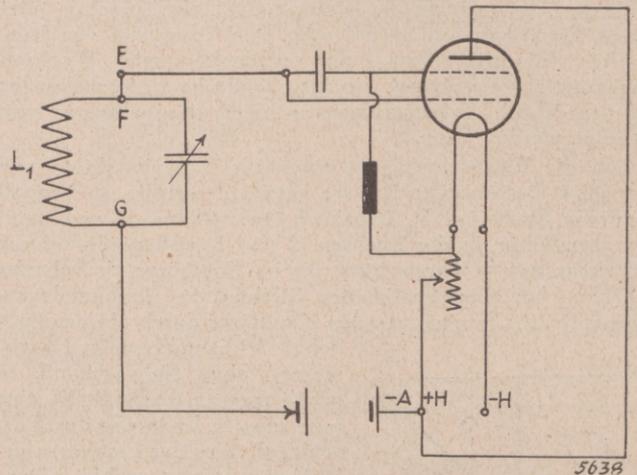


Abb. 2. Wellenmesser.

2,25 M.) vor. Bei Verwendung einer Doppelgitterröhre RE 212 (Fadenspannung 2,8 Volt) stehen mit einer Ladung etwa 20 Betriebsstunden zur Verfügung. Mit der neuen Röhre 072 d erzielt man bei Parallelschaltung zweier Taschenakkumulatoren 40 Betriebsstunden. Um einer Überheizung entgegenzuwirken, empfiehlt es sich, am Heizwiderstand eine besondere Marke anzubringen. Man verwende zur Feststellung der Heizspannung nur ein Voltmeter (Drehspulinstrument!) mit hohem inneren Widerstand (etwa 2000 Ohm).

Bei geringer Anodenspannung ist die kritische Heizung leichter einzustellen, die Lautstärke geringer, der Empfang aber sauberer. Als Kuriosum möchte ich anführen, daß ich bei Anodenspannung 0 Volt und Raumgitterspannung 1,5 Volt mit einpoligem Anschluß des Punktes E an die Lichtleitung in Berlin oft Rom klar und deutlich empfangen habe. Die Angabe vorstehender Spannungen ist nicht ganz korrekt, da die Anoden- und Raumgitterspannungen auf das negative Ende des Heizfadens zu beziehen sind und daher richtiger 4 bzw. 5,5 Volt lauten müssen. Immerhin ist die der Anodenbatterie entnommene Spannung recht gering. Der Anodenstrom (einschließlich Raumgitterstrom) liegt bei 0,5 bis 1 mA.

Abweichend von den früher wiedergegebenen Negadyne-schaltungen habe ich den Heizregler in die positive Heizleitung gelegt und dadurch günstigere Empfängerergebnisse erzielt.

Will man das Gerät als Wellenmesser verwenden, so ermittelt man zweckmäßig die geeignetsten Fadenspannungen für ungedämpfte bzw. modulierte Schwingungserzeugung und stellt mit dem Heizregler immer wieder auf dieselben Werte ein. Zur Eichung verwendet man die Normalwellen von Königswusterhausen oder, was nicht ganz so sicher aber bequemer ist, die Rundfunksender, indem man einen Empfänger auf bekannte Wellen abstimmt und die Interferenzschwingungen (Heulton) am Drehkondensator des Wellenmessers zum Verschwinden bringt. Mit einem längeren Einstellhebel gelingt das auch bei einem gewöhnlichen Drehkondensator. Von einem Glimmerdrehkondensator rate ich ab, da hier aus begreiflichen Gründen (Plattenabstand schwankend) die Einstellungen auf die gleiche Welle nicht konstant sind. Eine Kopplung mit dem Empfänger erübrigt

sich. Bei empfindlichen Geräten wird man mit Rücksicht auf die Intensität des Heultones (Empfänger mit Lautsprecher) einen Abstand von mehreren Meter wählen.

Bei stärkerer Heizung schwingt der Empfänger moduliert. Die Abstimmung ist nicht ganz so scharf, gibt aber bei kritischer Einstellung der Heizung der ersten Methode kaum etwas nach. Die Verwendung und die Vorzüge des tonmodulierten Wellenmessers sind bereits in Heft 33 des „Funk“, Jahr 1926, ausgeführt.

Nicht unerwähnt soll die Erzeugung von Hörfrequenzen bleiben: setzt man an die Stelle von L_1 ein Telephon oder einen Transformator, so hat man eine Tonquelle von konstanter Intensität bzw. eine niederfrequente Wechselspannung zur Verfügung, die für akustische Untersuchungen (Lautsprecher), Verbesserungen an Empfangsschaltungen usw. benutzt werden kann.

Soll die Eigenschwingung eines aus Selbstinduktion und Kapazität bestehenden Kreises bestimmt werden, so koppelt man die Spule mit L_1 (Abstand etwa 10 bis 15 cm), setzt den Kopfhörer in die Buchsen C und D und verändert die Frequenz des Wellenmessers, bis im Kopfhörer ein scharfes Knacken bei einer bestimmten Stellung des Drehkondensators auftritt. Ersetzt man den Kopfhörer durch ein empfindliches Milliampere-meter (Mavometer¹⁾ ohne Nebenschluß), so erhält man an dieser Stelle eine sehr scharfe Änderung des Ausschlags. Aus der Eichkurve erhält man die gesuchte Eigenschwingung.

Zum Schluß eine Verwendungsmöglichkeit des Kofferempfängers zur Untersuchung der Empfangsverhältnisse im Bereich des Ortssenders: der im Deckel angebrachte Rahmen hat die bekannte Richtwirkung,

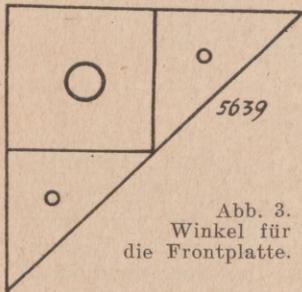


Abb. 3. Winkel für die Frontplatte.

mit deren Hilfe es leicht gelingt, die abschirmende Wirkung von Metallmassen usw. festzustellen. Die Änderungen der Feldrichtung sind oft ganz beträchtlich. In der Nähe von Metallmassen verschwindet das Empfangsminimum fast ganz. Man nimmt den Koffer (Rahmenebene senkrecht) unter den Arm und hört während des Weiterschreitens den Ortssender ab. Irgendwelche Einwirkungen von Erschütterungen auf die Röhre (Klingen) sind nicht wahrzunehmen. (Folgenden Scherz kann man mit dem Empfänger anstellen: Mit zwei Kopfhörern kann ein Paar bequem nach den Klängen des Rundfunkorchesters tanzen — ein sonderbarer Anblick für denjenigen, der von der Musik nichts hört!)

Die praktische Ausführung soll nun noch kurz beschrieben werden: ich habe einen kleinen Vulkanfaserkoffer benutzt (Innenmaße 18×28 cm, Gesamthöhe im geschlossenen Zustand 11 cm). Die Trolitplatte (5 mm) hat die Größe 18×15 cm und wird an kleinen Messingwinkeln, Abb. 3, die selbst an den Holzrahmen des Koffers geschraubt werden, mit Linsenkopfschrauben befestigt. Das Gewinde der Linsenkopfschraube wird mit einem Gewindeschneider in eine Bohrung des Messingwinkels eingeschnitten. An Stelle eines Röhrensockels verwendet man eine kleine Hartgummi- oder Trolitplatte (6×6 cm), in die man Röhrenbuchsen einsetzt. Die Platte wird mit Winkeln an der Frontplatte befestigt. Die Röhre liegt dann horizontal. Verwendet man starken Kupferdraht, so wird die Röhre noch durch den Anschlußdraht des Raumgitters gestützt. Setzt man die Röhre einmal fest ein, so ist eine Lockerung nicht zu befürchten.

Eine senkrechte Zwischenwand trennt den Raum unter der Trolitplatte von dem Batterieraum (Gitterbatterie 9 Volt und Taschenakkumulator), in dem man bequem zwei Kopfhörer, Hilfsantenne (Klingeldraht) und eine Spule mit 200

Windungen für Königswusterhausen unterbringen kann. Die Zwischenwand verhindert, daß die losen Teile beim Transport unter den Empfänger gleiten, und sie bietet die Möglichkeit, die Batterien durch Winkel festzulegen.

Der Rahmen (Abb. 4) wird auf eine dünne Platte (2 bis 3 mm Sperrholz oder Pertinax) von den Innenmaßen des

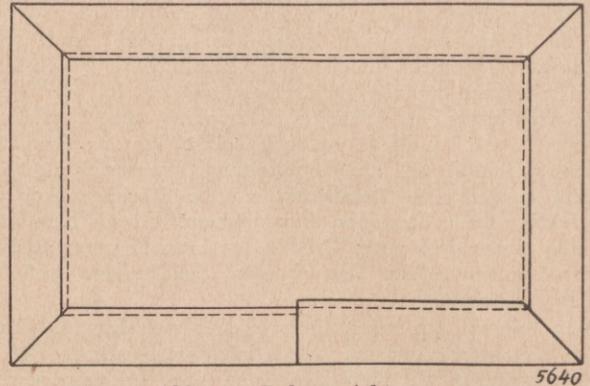


Abb. 4. Rahmenrichtung.

Kofferdeckels gewickelt. Eine dünne Pertinaxplatte (0,5 bis 1 mm) wird nach Fertigstellung des Rahmens als Schutzwand davor befestigt; sie verhindert die Verschiebung und Verletzung der Wicklung beim Transport des Apparates. 14 m Hochfrequenzlitze werden nach der bekannten Sternwicklung (fünf Einschnitte von etwa 4 cm Länge in den Ecken und in der Mitte der unteren Kante) aufgebracht; nach der 11. oder 12. Windung führt man von der Mitte der unteren Kante ein Ende nach außen und wickelt dann den Rest weiter. Die vier Enden werden mit Bananensteckern versehen. Für die längeren Rundfunkwellen wird der ganze Rahmen verwandt, indem man Anfang und Ende der Gesamtwicklung zu den Buchsen F und G führt und die mittleren Enden in zwei miteinander verbundene Buchsen steckt. Für den Empfang von Königswusterhausen setzt man in F und G eine Spule von 200 Windungen ein.

Zum Empfang mit einfachem Negadyne-Empfänger (Ortsender) setzt man einen Kurzschließer in die Buchsen A und B. Die Fadenenden verbindet man mit zwei Buchsen der Frontplatte, um bequem die Fadenspannung nachprüfen zu können.

Von einer Niederfrequenzverstärkung mit Doppelgitterröhre in Raumladeschaltung möchte ich abraten, da bei dem

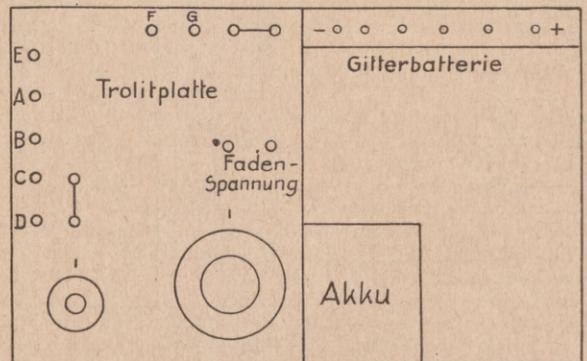


Abb. 5. Innenübersicht.

großen Durchgriff (etwa 30 v. H.) der Gewinn in keinem Verhältnis zu dem Mehraufwand an Heizstrom und Material steht. Außerdem stört bei Niederfrequenzverstärkung die Pendelrückkopplung durch den hohen Ton. Bei Schutznetzschaltung ist man genötigt, zu höheren Anodenspannungen zu greifen, die wieder eine bedeutende Gewichts- und Rauminzunahme zur Folge haben.

¹⁾ Vgl. Heft 6 des „Funk“, Jahr 1927, Seite 96.

Methoden zur Vergleichung und Messung von Zwischenfrequenztransformatoren

Von
Rolf Wigand.

Zu einer Zeit, in der Überlagerungsempfänger mehr und mehr in die Bastlerkreise Eingang finden, ist eine Anleitung zur Untersuchung der wichtigsten Teile eines solchen Empfängers, nämlich der Zwischenfrequenztransformatoren, nicht nur für den Bastler, der seine Transformatoren im Hinblick auf die hohen Preise der fertigen Fabrikate selbst herstellt, sondern auch für den, der seinem gekauften Satz (leider oft mit Recht) kein rechtes Vertrauen entgegenbringt, von Wert.

Das Prinzip der Transponierungsempfänger sowie die Forderung, daß die Transformatoren alle auf die gleiche Welle abgestimmt sein sollen, wird als bekannt vorausgesetzt. Es ist also nötig, daß man auf irgendeine Weise die Übereinstimmung bzw. den Grad ihrer Genauigkeit prüfen, evtl. die Wellenlänge messen kann. Da die Kenntnis der Wellenlänge erst in zweiter Linie interessiert, seien zunächst die verschiedenen Methoden beschrieben, die die Übereinstimmung der Abstimmung bei den Transformatoren festzustellen gestatten.

Die einfachste Prüfschaltung ist in Abb. 1 wiedergegeben. Ein Schwingungskreis mit Summererregung ist mittels

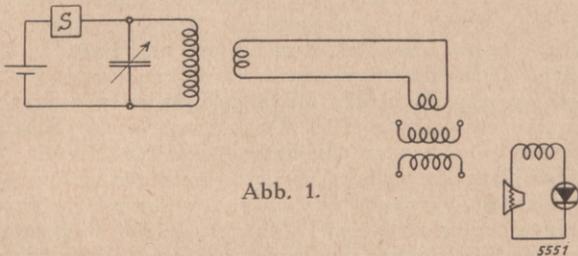


Abb. 1.

zwei, durch eine lange Doppelleitung verbundenen Koppelschleifen mit dem zu prüfenden Transformator gekoppelt, der seinerseits auf einen Detektorkreis wirkt, der durch hohe Windungszahl und geringe Drahtstärke der Spule nahezu aperiodisch ist. Bei loser Kopplung der einzelnen Glieder läßt sich recht gut die Übereinstimmung der Welle des Transformators mit der des Erregerkreises feststellen. Ist dieser Punkt gefunden, so wird, bei unveränderter Lage der übrigen Teile der Transformator gegen einen anderen desselben Satzes ausgewechselt. Muß der Summerkreis für diesen anders eingestellt werden, um ein Maximum des im Hörer vernehmbaren Tones zu bekommen, so ist das ein Zeichen, daß keine Übereinstimmung vorhanden ist, daß also durch irgendwelche Maßnahmen die Gleichheit herbeigeführt werden muß. Besondere Richtlinien für die Abgleichung können im Hinblick auf die Verschiedenheit der Konstruktionen hier nicht gegeben werden. Diese Schaltung ist jedoch genauen Messungen nicht gewachsen.

Eine schon größere Genauigkeit ergibt die Verwendung eines ungedämpften Erregerkreises in Form eines kleinen Röhrensenders (Überlageres). Mit ihm wird das Prüfobjekt (s. Abb. 2), an dessen Sekundärseite ein Detektorkreis angeschlossen ist, lose gekoppelt. An Stelle des Telefons tritt, da es sich um ungedämpfte, also nicht hörbare, Schwingungen handelt, ein Galvanometer bzw. Milliampere-meter (kleiner Meßbereich, etwa 0—2 mA), das bei Resonanz des Transformators mit dem Oszillator den größten Ausschlag anzeigt. Je loser die Kopplung, desto genauer die Messung. Wird (Abb. 3) der Indikatorkreis induktiv angekoppelt (aperiodisch wie in Abb. 1), so ist wiederum ein Ansteigen der Genauigkeit zu verzeichnen. Der Oszillator muß, wenn die Transformatoren alle gleich sind, für

den Maximalausschlag des Meßinstrumentes G stets dieselbe Abstimmung haben.

Schließlich läßt sich der Summerkreis der Abb. 1 durch einen Überlagerer ersetzen. Allerdings muß dann auch an

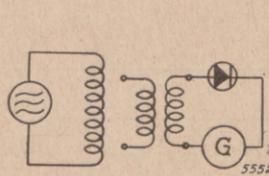


Abb. 2.

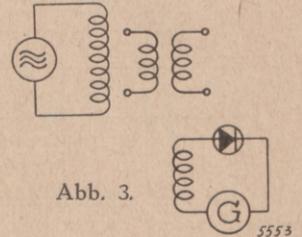


Abb. 3.

Stelle des Telefons im aperiodischen Kreis ein Meßinstrument treten.

Bei allen Messungen mit aperiodischem Kreis bzw. direkt angekoppeltem Detektorkreis ist darauf zu achten, daß der Detektor nicht verstellt werden darf, da sich sonst sein Widerstand ändert und damit die Dämpfung der gekoppelten Spulen, also auch ihre Abstimmung. Bei der Verwendung des aperiodischen Kreises ist ferner zu berücksichtigen, daß er aus dem Felde direkt, also unter Umgehung des Prüfobjektes, Energie aufnimmt, was bei Unachtsamkeit leicht zu Irrtümern Anlaß geben kann.

Alles in allem kann wohl gesagt werden, daß man, wenn möglich, die Verwendung eines Kristalldetektors als Indikator für hochfrequente Schwingungen umgehen sollte.

In der Elektronenröhre ist der Meßtechnik ein wertvolles Instrument gegeben, das sehr kleine Hochfrequenzspannungen nachzuweisen gestattet. In Schaltung Abb. 4 ist die Röhre als sogenannter Röhrenvoltmeter geschaltet, d. h. der Anodengleichstrom wird durch sorgfältige Einregulierung der negativen Gittervorspannung gerade gleich Null gemacht. Treffen dann auf das Gitter irgendwelche Wechselspannungen, so werden deren positive Halbperioden das Fließen eines Anodenwellenstromes verursachen, der an einem Meßinstrument abgelesen werden kann. Infolge

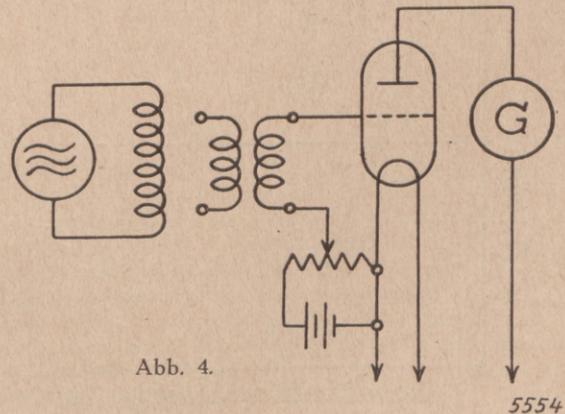


Abb. 4.

der Trägheit des Instrumentes zeigt dieses nicht den Scheitelwert des Stromes an, sondern stellt sich auf einen Mittelwert ein. Bei Resonanz des Oszillators mit dem Prüfobjekte zeigt das Galvanometer den höchsten Wert. Infolge der durch die Empfindlichkeit der Anordnung bedingten Möglichkeit, sehr lose zu koppeln, ist ein hoher Grad von Genauigkeit zu erreichen. Vor allen Dingen können keine Fehlmessungen dadurch entstehen, daß die

Dämpfung des Indikatorkreises sich ändert, wie das bei den Methoden mit Detektor der Fall ist.

Abweichungen von 0,1 v. H. und weniger können mit der Schaltung nach Abb. 5 noch gemessen werden. Der Trans-

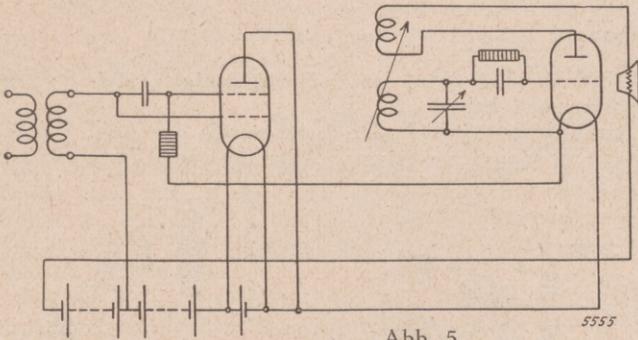


Abb. 5.

formator wird sekundärseitig an einen negativen Widerstand angeschlossen, sendet also ungedämpfte Schwingungen auf seiner Eigenwelle aus. Diese werden zur Interferenz gebracht mit denen eines rückgekoppelten schwingenden Audions. Als negativer Widerstand wird die bekannte Negadyneschaltung benutzt, die die fallende (negative) Kennlinie des Raumladegitters einer Doppelgitterröhre anwendet. Durch Verwendung gemeinschaftlicher Batterien ist eine ziemlich feste Kopplung vorhanden. Die Schwingenergie des Negadynekreises muß durch Herabsetzung der Raumgitterspannung soweit wie möglich herabgesetzt werden, um eine scharfe Einstellung des Punktes zu finden, in welchem die Wellenlängen beider Schwingungskreise gleich sind und infolgedessen der Interferenzton verschwindet.

Bei zu großer Schwingungsenergie macht sich die sogenannte „Mitnahme“ unangenehm bemerkbar, d. h. die Schwingungen des Audions (die Wellenlänge!) werden durch die des Oszillators mitgezogen, so daß eine genaue Ein-

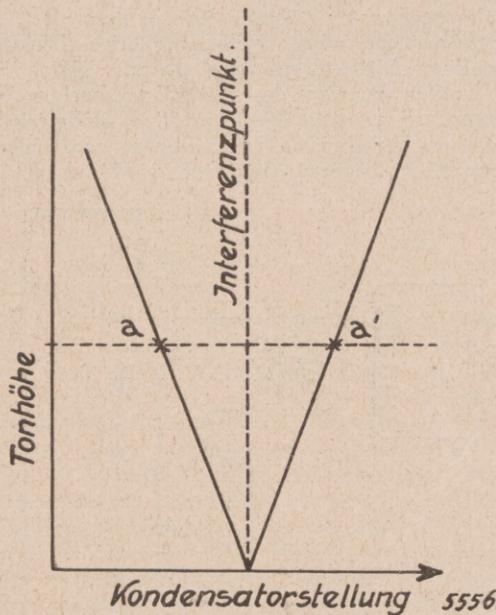


Abb. 6.

stellung dann nicht möglich ist. Schlimmstenfalls müssen getrennte Batterien und lose Kopplung Abhilfe schaffen. Auch das Abhören einer Oberschwingung des Oszillators im Audion ist möglich.

Für den musikalischen Bastler ist es zu empfehlen, nicht auf den Interferenzpunkt einzustellen, sondern auf einen gut

hörbaren musikalischen Ton. Eine Abweichung läßt sich dann sehr leicht feststellen; nur muß darauf geachtet werden, daß der abgehörte Ton stets auf derselben Seite des Interferenzspektrums (Abb. 6) liegen muß. Die Töne a und a'

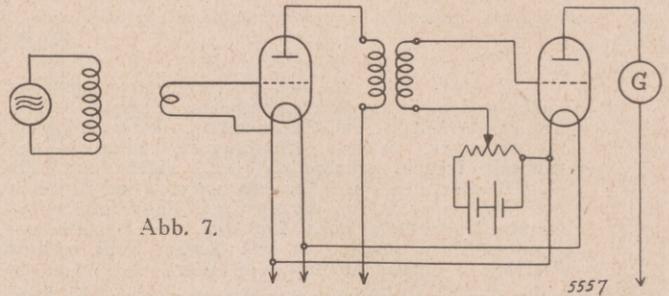


Abb. 7.

haben zwar dieselbe Tonfrequenz, gehören aber zu verschiedenen Wellenlängen.

Allen bisher beschriebenen Meßmethoden haftet jedoch ein Nachteil an. Sie berücksichtigen alle nicht, daß der Transformator in Verbindung mit Verstärkeröhren benutzt werden soll, daß die Anpassung seiner Primärseite an den inneren Röhrenwiderstand bzw. umgekehrt von großer Wichtigkeit für den Wirkungsgrad der Zwischenfrequenzverstärkung im fertigen Empfänger ist. Von Mitchell ist eine Schaltung angegeben worden (Abb. 7), die diesen Faktor bis zu einem gewissen Grade berücksichtigt. Durch sie ist man in die Lage versetzt, die Verstärkungsziffern verschiedener Röhren mit ein und demselben Transformator zu vergleichen; eine absolute Messung ist allerdings so nicht möglich. Immerhin ist es sehr wertvoll, zu wissen, welchen Röhrentyp man am besten für einen vorhandenen Transformatorsatz verwendet. Die Wirkungsweise der Schaltung ist folgende: Die vom Oszillator gelieferte Energie wird von der Kopplungsschleife im Gitterkreis der ersten Röhre aufgenommen, verstärkt und über den Transformator dem Röhrenvoltmeter zugeführt. Zunächst erfolgt in bekannter Weise die Vergleichung der Transformatoren. Dann wird die erste Röhre gegen eine andere ausgewechselt und bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen der Ausschlag des Meßinstrumentes beobachtet. Der Typ, bei dem das Instrument den größten Ausschlag zeigt, ist der geeignetste für den

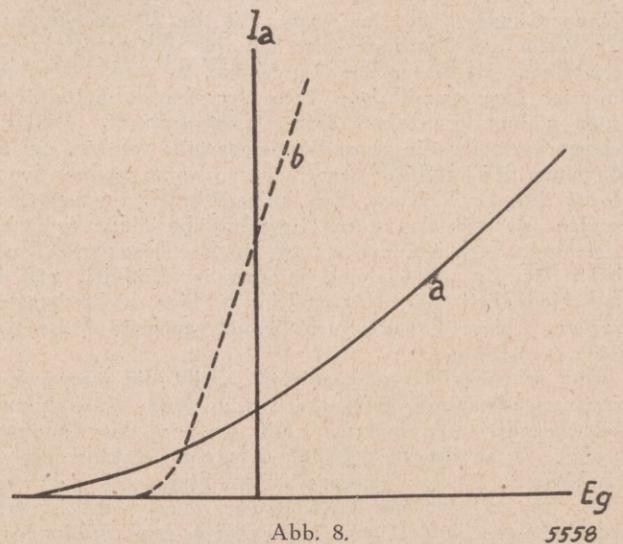


Abb. 8.

betreffenden Transformator. Daß die Heiz- und Anodenspannung der jeweiligen Röhre anzupassen ist, braucht wohl nicht besonders hervorgehoben zu werden.

Leider wird von seiten der Industrie nie angegeben, welche Röhrengattung zu dem von ihr hergestellten Transformator am besten verwendet wird. Einige Daten

würden hier schon genügen, z. B. Steilheit $S = 0,6 \text{ mA/V}$, Durchgriff $D = 8 \text{ v. H.}$, innerer Widerstand $R_i = 21\,000 \Omega$.

Bei den Schaltungen mit Röhrenvoltmeter ist größter Wert darauf zu legen, daß für dieses eine geeignete Röhre verwendet wird. Erforderlich ist eine Röhre, deren Kennlinie mit einem scharfen Knick von der Wagerechten sich entfernt (b in Abb. 8), während Röhren mit flacher Kurve sich schlecht eignen (a in Abb. 8).

Die Messung der Wellenlänge ist auf die verschiedensten Arten möglich; hier sei nur eine sehr bewährte Methode mittels eines Absorptionskreises beschrieben. Zu diesem Zwecke wird in die Anodenleitung des Überlagerers (Abb. 9) ein Milliampereometer eingeschaltet. Wird nun ein nach Wellenlängen geeichter Kreis, der aus Spule und Drehkondensator besteht, mit dem Überlagerer gekoppelt, so wird die Resonanz beider Kreise durch eine Abweichung der Zeigerstellung des Instrumentes angezeigt. Ein an seiner Stelle eingeschalteter Kopfhörer läßt den Resonanzpunkt durch ein Knacken erkennen. Für Abb. 1 läßt sich dieses Verfahren natürlich nicht anwenden; vielmehr kann hier der summererregte Kreis geeicht sein (Summerwellenmesser).

Sollen derartige Messungen wirklich brauchbare Ergebnisse liefern, so ist es unbedingt erforderlich, daß der Aufbau während einer Meßreihe unverändert bleibt, ferner, daß die Kopplung in allen Fällen so lose gemacht wird, wie irgend zugänglich.

Wer sich der Mühe unterzieht, seine Zwischenfrequenz-

transformatoren auf Herz und Nieren zu prüfen und vorkommende Fehler in der Abgleichung zu korrigieren, kann mit der Gewißheit an ihren Einbau gehen, daß sie einwand-

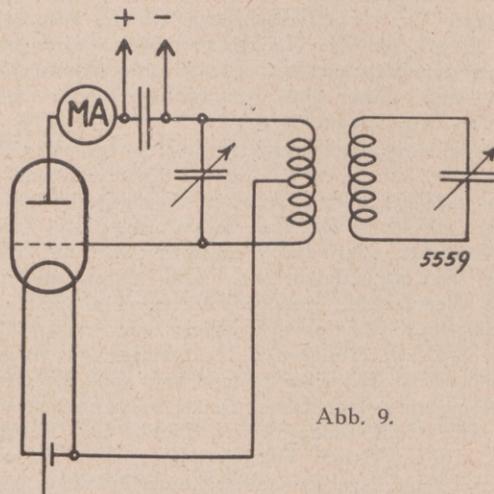


Abb. 9.

frei sind und daß ein Versagen des fertigen Gerätes nicht auf sie zurückzuführen ist. Es ist leichter, Fehlerquellen zu vermeiden, als sie am fertigen Empfänger zu finden.

Rundfunkstörungen durch elektrische Gasreinigungsanlagen und ihre Beseitigung

Von

F. Klie, Gelsenkirchen.

Elektrische Gasreinigungsanlagen, wie sie bei unserer Großindustrie in zunehmendem Maße Verbreitung finden, um aus den Schornsteingasen Staub und Ruß oder aus den Abgasen der Schmelzöfen mitgerissenen wertvollen Metallstaub niederzuschlagen und zu gewinnen, verursachen starke Rundfunkstörungen, die einen genußreichen Rundfunkempfang unmöglich machen. Ein ununterbrochenes Summen, Zischen und Brodeln macht sich kilometerweit im Rundfunkempfänger bei allen Wellen bemerkbar. Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Ausführungen über Ursprung und Beseitigung dieser Störungen sei zunächst ein kurzer Überblick über die Wirkungsweise dieser Anlagen gegeben.

Wie aus dem Schaltschema (Abb. 1) einer solchen Anlage zu sehen ist, wird durch einen Transformator T ein hochgespannter Wechselstrom von 20 000 bis 100 000 Volt erzeugt, der durch den umlaufenden Gleichrichter G in einen pulsierenden Gleichstrom umgewandelt wird. Dieser

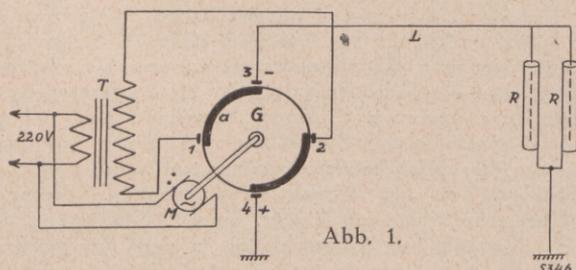


Abb. 1.

Gleichrichter besteht aus einer kreisrunden Pertinaxscheibe von etwa 1 m Durchmesser, die an zwei Stellen ihres Randes (a und b) metallische Viertelkreissegmente trägt. Der Abstand dieser Segmente von den festen Elektroden 1, 2, 3 und 4 beträgt nur wenige Millimeter. Durch einen, mit

der Periodenzahl des Wechselstromes gleichlaufenden Synchronmotor M wird die Scheibe so gedreht, daß über eins der beiden Metallsegmente stets diejenige Wechselstromelektrode mit der Minus-Elektrode 3 verbunden ist, die

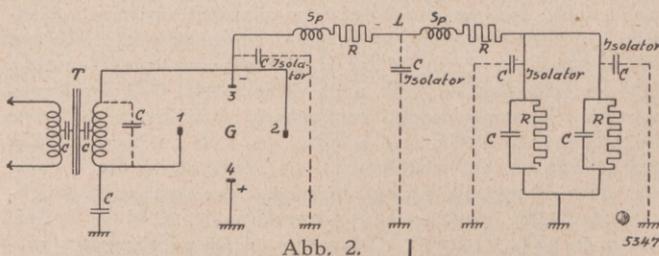


Abb. 2.

gerade einen Minus-Stromimpuls führt. In gleicher Weise wird der Plus-Stromimpuls stets der Elektrode 4 zugeleitet. Der Stromübergang zwischen den Elektroden und den Metallsegmenten erfolgt nicht durch Berührung, sondern durch Lichtbogen über den Luftspalt. Der auf diese Weise erzeugte hochgespannte Gleichstrom wird über eine Freileitung L den eigentlichen Gasreinigern R zugeleitet. Diese bestehen aus einem geerdeten Röhrensystem, das von dem zu reinigenden Gase durchströmt wird. In dem Gasstrom hängen Drähte, die mit der Hochspannungsleitung verbunden sind und als Sprühelektroden wirken. Durch das zwischen diesen Elektroden und dem Röhrensystem sich bildende elektrische Feld wird das Gas ionisiert, die festen Staubteilchen werden elektrisch aufgeladen und setzen sich auf der Rohrwandung ab, werden hier abgestreift oder fallen in einen unter dem Reiniger befindlichen Behälter.

Der Stromkreis einer solchen Anlage besitzt genügend verteilte Kapazität und Selbstinduktion (in Abb. 2 durch die Kondensatoren C und die Spulen Sp angedeutet), um, angestoßen durch oszillatorische Funkenübergänge am Gleich-

richter G und an den Sprühelektroden als Schwingkreis Hochfrequenzschwingungen zu erzeugen. Diese Schwingungen enthalten Frequenzen von den unteren Harmonischen des 50 per. Wechselstromes bis zu den höchsten Frequenzen und werden der Grundschwingung (A in Abb. 3) aufgedrückt (Kurve B). Der Hochfrequenzstrom wird gewissermaßen mit der Frequenz der Gleichrichterunterbrechungen moduliert und daher im Rundfunkempfänger mit der 50 Perioden-Grundfrequenz gehört.

Die Störschwingungen werden entweder von der Anlage, besonders der Freileitung, die als Sendeantenne wirkt, direkt ausgestrahlt, oder fließen als leitungsgerichtete Hochfrequenzströme über die Transformatorkapazität ins elektrische Kraftnetz oder durch Induktionswirkung über benachbarte Leitungsanlagen ab. Die durch die direkte Strahlung verursachten Rundfunkstörungen machen sich im allgemeinen nur in einem Umkreis von etwa 1000 bis 2000 m von der Störungsquelle bemerkbar. Weit schwerwiegender, weil schwieriger feststellbar, sind die durch die leitungsgerichteten Hochfrequenzströme verursachten Störungen. Die elektrischen Kraft-, Licht- und Fernspreitleitungen, die nach dem Vorstehenden solche Ströme aufgenommen haben, strahlen selbst keine Schwingungen aus, sondern führen die Hochfrequenz über oft unwahrscheinliche Entfernungen weiter. Münden die Leitungen oder ihre Abzweigungen in Gebäuden, in denen sich Rundfunk-

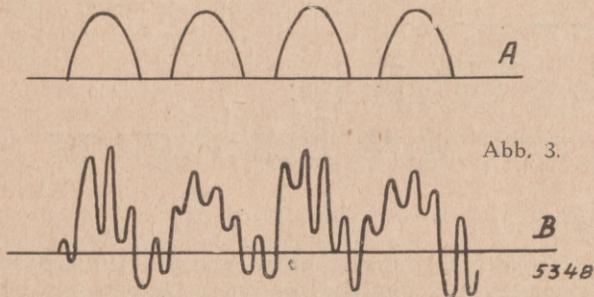


Abb. 3.

empfänger befinden, so nehmen diese die Störschwingungen auf. Der Besitzer eines solchen Empfängers vermutet vielfach nicht, daß er durch eine meilenweit entfernte Gasreinigungsanlage gestört wird, sondern sucht vergeblich als Störungsursache einen in der Nähe laufenden Elektromotor. Oft wird der Fall dadurch noch rätselhafter, daß der Nachbar die Störungen nicht beobachtet, weil bei ihm keine Hochfrequenzträgerleitung endet. Es muß an dieser Stelle gesagt werden, daß man bei uns in Deutschland die Gefahr, die dem Rundfunk durch derartige Hochspannungsgleichrichteranlagen erwächst, anscheinend noch nicht in vollem Umfange erkannt hat. In den von solchen Störungen versuchten Gegenden hat man zwar gegen die direkte Ausstrahlung der Störschwingungen Maßnahmen ergriffen, die sich zudem noch als unzuverlässig erwiesen, hat jedoch die leitungsgerichteten Hochfrequenzschwingungen unbeachtet gelassen.

Welche Mittel bietet uns nun die Technik zur Unterdrückung dieser Störungen? Eine Umhüllung der ganzen Anlage, einschließlich des Luftleiters, mit einem geerdeten Metallmantel, wie sie bei den hiesigen Anlagen versucht ist, verhindert nur die direkte Ausstrahlung der Schwingungen, bringt nach dem Vorstehenden nur einen teilweisen Erfolg und ist zudem wegen der Isolationsschwierigkeiten ziemlich kostspielig. Zwar wird, wie die hiesigen Versuche gezeigt haben, bei guter Ausführung der Ummantelung die direkte Ausstrahlung der Störschwingungen durch die Anlage ziemlich unterdrückt, der Rückfluß der Hochfrequenzschwingungen über den Transformator in das Kraftnetz und damit eine Beeinflussung der Rundfunkempfänger durch die leitungsgerichteten Hochfrequenzströme jedoch nicht verhindert. Eine sichere Unterdrückung der Störungen wird nur erreicht, wenn es gelingt, das Entstehen der Hoch-

frequenzschwingungen im Reinigerstromkreis überhaupt zu verhindern, d. h. den Stromkreis aperiodisch zu machen. Eine solche Lösung der Frage ist in Amerika versucht und mit Erfolg durchgeführt worden¹⁾.

Ein bekanntes Mittel zur Unterdrückung von Schwingungen ist die Einschaltung von Widerstand. Geht man von einem einfachen Wechselstromkreis aus, so kann die Frequenz ausgedrückt werden durch die Formel

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

Ist der Wert $\frac{R^2}{4L^2}$ gleich oder größer als $\frac{1}{LC}$, so ist $f=0$, d. h. es können keine Schwingungen auftreten. Diese Bedingung läßt sich mathematisch in folgender Weise ausdrücken:

$$\begin{aligned} \frac{R^2}{4L^2} &\geq \frac{1}{LC} \\ R^2 &\geq \frac{4L^2}{LC} \geq 4 \frac{L}{C} \\ R &\geq 2 \sqrt{\frac{L}{C}} \end{aligned}$$

d. h. ein einfacher Wechselstromkreis wird nicht schwingen, wenn sein Widerstand gleich oder größer ist als die doppelte Quadratwurzel aus $\frac{L}{C}$. Diese einfache Widerstands-

berechnung läßt sich auf unseren komplizierten Gleichrichterstromkreis leider nicht praktisch anwenden, weil für dessen Wirkwiderstand noch eine Reihe anderer Faktoren wie Skineneffekt, der Einfluß von Nachbarleitungen, sowie Dielektrizitäts-, Hysterisis- und Koronaverluste maßgebend sind. Die Einschaltung hoher Ohmscher Widerstände in den Stromkreis, wie es in Form von Silitstäben hier und auch anderorts versucht worden ist, dämpft zwar die Amplituden der Hochfrequenzschwingungen, beeinflusst selbstverständlich aber auch die niederfrequenten Gleichstromimpulse und drückt die Spannung des eigentlichen Reinigungsstromes herab. Die zur vollständigen Unterdrückung der Hochfrequenzströme einzuschaltenden Widerstandswerte von mehreren Megohm würden daher u. U. das wirtschaftliche Arbeiten der Reinigungsanlage in Frage stellen. Außerdem wurde bei den hiesigen Versuchen festgestellt, daß die verwendeten Silitstäbe (30 mm Durchmesser und 500 mm Länge) für eine Belastung mit einer höheren Stromstärke als 4 mA nicht geeignet waren.

Die in den Gasreinigerstromkreisen herrschende Stromstärke ist im wesentlichen abhängig von dem Widerstand der ionisierten Gasstrecken in den Reinigern und nimmt zu mit der Zahl der parallel geschalteten Gasstrecken. Sie beträgt bei kleinen einfachen Anlagen nur wenige Milliampere, übersteigt aber bei großen Anlagen oft 100 mA beträchtlich. Während also bei kleinen Anlagen, wo die verhältnismäßig geringen Energieverluste auch in Kauf genommen werden können, durch die Einschaltung hochohmiger Ohmscher Widerstände eine Unterdrückung der Hochfrequenzschwingungen wohl möglich erscheint, ist dies, wie hier die Versuche gezeigt haben, bei großen Anlagen nicht möglich. Um bei den höheren Stromstärken den erforderlichen Widerstandswert in den Stromkreis zu bringen, ohne die Silitstäbe mit mehr als 4 mA zu belasten, mußten hier mehrere Gruppen, bestehend aus mehreren parallel geschalteten Silitstäben in Reihe geschaltet werden. Mit Hilfe dieser Anordnungen war es gelungen, die Anlagen zunächst störungsfrei zu machen. Dieser Erfolg war aber nicht von langer Dauer. Kurzzeitige, aber häufige Kurzschlüsse (Überschläge) in den Reinigern, die sich nicht vermeiden lassen, führten trotzdem zu einer Überlastung der Silitstäbe, wodurch deren Widerstandswerte sich änderten und wieder Störschwingungen entstehen konnten. Es wurde deshalb hier von einem weiteren

¹⁾ J. J. Jacosky in „Chemical and Metallurgical Engineering“, Heft 4, April 1926.

Einbau von Silitstäben abgesehen und die Anlagen mit einem geerdeten Eisenmantel umgeben. Durch diese Maßnahme wird jedoch, wie bereits erwähnt, nur ein Teilerfolg erzielt.

Die gleiche Erfahrung, daß durch die Einschaltung hoher Ohmscher Widerstände, abgesehen von dem dadurch bedingten Energieverlust, eine zuverlässige Unterdrückung der Rundfunkstörungen mit dem verfügbaren Widerstandsmaterial nicht erzielt werden konnte, hat man anscheinend auch in Amerika gemacht. Die Amerikaner haben sich jedoch hiermit nicht zufrieden gegeben und nach langen Laboratoriumsversuchen in der Verwendung geeigneter Drosselspulen ein zuverlässiges Mittel zur restlosen Unterdrückung der Störschwingungen gefunden. Der Gedanke, statt des Ohmschen Widerstandes den mit zunehmender Frequenz steigenden scheinbaren Wechselstromwiderstand der Drosselspule zur Unterdrückung der Schwingungen zu benutzen, ist an sich nicht neu und wird auch in der Rundfunktechnik bereits vielfach angewandt. Mit den gebräuchlichen Drosselspulentypen konnten bei den Gasreinigungsanlagen jedoch keine Erfolge erzielt werden. Zur Unterdrückung der Störschwingungen muß eine ziemlich hohe Selbstinduktion in den Stromkreis eingefügt werden. Die Verwendung von mehrlagigen Spulen verbot sich wegen der Isolationsschwierigkeiten. Durch die Verwendung von Eisenkernen läßt sich aber auch die Induktanz einlagiger Spulen beträchtlich steigern. Bei den in Amerika¹⁾ unternommenen Versuchen mit Eisenkerndrosseln wurde jedoch festgestellt, daß die Hochfrequenzschwingungen über die unvermeidliche Kapazität zwischen der Wicklung und dem Eisenkern bereits von den ersten Windungen in den Kern übertreten, diesen durchlaufen und bei den letzten Windungen auf demselben Wege wieder in die Leitung gelangen. Die Drosselwirkung der Spulenselbstinduktion kommt also gar nicht zur Geltung. Um diesen Nachteil der Eisenkerndrosseln zu vermeiden, wurde bei den in

Deutschland versuchsweise verwendeten derartigen Drosselspulen der Kern geerdet und dadurch die Hochfrequenz zur Erde abgeleitet. Diese Maßnahme erfordert aber zwischen Kern und Wicklung eine Isolation, die der vollen Betriebsspannung von 20 000 bis 100 000 Volt standhält und daher schwierig und kostspielig ist. Das Ergebnis der in Amerika unternommenen Versuche ist eine einlagige Zylinderspule, bei der das Eisen in Form von in sich geschlossenen Ringen außen auf die Spulenwicklung aufgebracht ist. Diese Art Drosselspulen, an den Speisepunkten des Stromkreises (Gleichrichter, Reiniger) eingeschaltet, haben zur restlosen Beseitigung der Rundfunkstörungen geführt, ohne die niederfrequenten Stromimpulse und damit den Betrieb der Anlage irgendwie zu beeinflussen. Wo jedoch Freileitungen von mehr als 20 m Länge verwendet wurden, ist festgestellt worden, daß trotz der eingeschalteten Drosseln die Freileitung für sich schwingt und strahlt. Eine in die Mitte der Leitung eingeschaltete weitere Drosselspule beseitigte auch diesen letzten Rest der Störungen. Die weiterhin gemachten Erfahrungen führten zur Entwicklung eines Normalspulentyps, der mit dem vorstehend angegebenen Erfolge in jeder Gasreinigungsanlage zur Unterdrückung der Rundfunkstörungen verwendet werden kann. Mit diesen Spulen wurden die Störungen beseitigt in den Gasreinigungsanlagen der Magnolia Refining Comp., Beaumont in Texas, Alpha Portland Cement Comp. in Cementon, New York, United Verde Copper Comp. in Clarkdale, Arizona und Lodge Cottrell Ltd. in England.

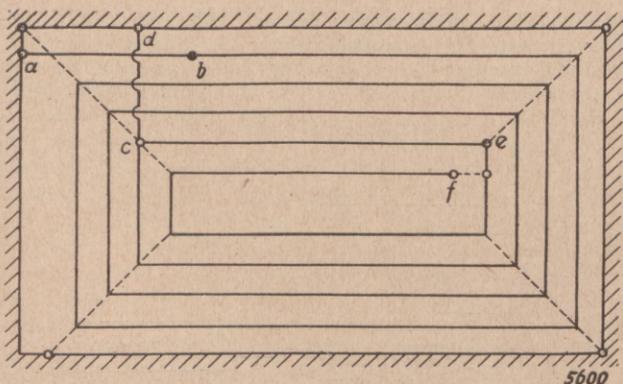
Wie im vorstehenden ausgeführt ist, haben die bisher in Deutschland unternommenen Versuche zur Beseitigung der Rundfunkstörungen durch Gasreinigungsanlagen nicht überall zu einem befriedigenden Ergebnis geführt. Von den maßgebenden Stellen muß erwartet werden, daß sie auch die im Auslande gemachten Erfahrungen berücksichtigen, damit endlich auch in den von derartigen Störungen verseuchten Gegenden ein ungestörter Rundfunkempfang möglich wird.

Ist Fernempfang überhaupt möglich?

Charlottenburg, im Mai.

Zu dem Notruf „Ist Fernempfang überhaupt möglich?“ möchte ich auf eine Erfahrung hinweisen, die ich vor einigen Monaten gemacht habe:

Mit meiner Reflexschaltung 2H—D—N (Kristalldetektor) konnte ich an der in der Abbildung gezeichneten Antenne



a b c d (42 Meter Draht, 0,4 Durchmesser) eine große Zahl von Sendern im Kopfhörer, mit einem Niederfrequenzverstärker im Lautsprecher empfangen. Das Gerät war bei b angeschlossen, die Antennenenden a b und c d haben sich gekreuzt. Um die evtl. beiden Fehler — Anschluß nicht am Ende und Kreuzung — zu beseitigen, habe ich die Stücke a b und c d durch Schnur ersetzt. Resultat: Ich erhielt an den gleichen Kondensatorstellungen wieder Trägerwellen, aber alle lieferten Berlin. Auswärtige Sender waren nicht mehr zu bekommen.

¹⁾ J. J. Jacosky in „Chemical and Metallurgical Engineering“, Heft 4, April 1926.

Ich habe dann die abgeschnittenen 3 m als c e wieder angesetzt und Berlin war nur noch bei harscharfer Einstellung seiner Welle da, die auswärtigen Sender auch wieder, wenn auch nur leise. Nach Verlängerung durch e f (etwa drei Windungen, 20 Meter) habe ich wieder ausgezeichneten Fernempfang (besser als früher) bis Bern (Welle 411 m), ohne von Berlin etwas zu hören. Bei Brünn (441,2 m) muß ich, um es ganz allein zu hören, ein Detektorgerät als Sperrkreis vorschalten. Ich wohne etwa 2,5 km vom Witzlebener Sender und etwa 3,5 km vom Magdeburger-Platz-Sender entfernt.

F. L.

*

Erfahrungen mit Naßanodenbatterien.

Karlsruhe, Anfang Mai.

Als eifriger Bastler möchte ich auf den im „Funk-Bastler“, Heft 15, veröffentlichten Aufsatz einiges erwidern:

Dem Wunsche jedes Rundfunkteilnehmers, seine Geräte nach Möglichkeit zu verbessern, die Zahl der Röhren zu vergrößern, stehen vielfach die mit der Röhrenzahl wachsenden Stromkosten entgegen.

Im vorigen Jahr nun las ich im „Funk“ ein Firmenangebot über Naßanodenbatterien. Nach einem Versuch mit solchen Elementen als Gitterbatterie bestellte ich 75 Elemente und habe diese nun seit Anfang Juli vorigen Jahres in Gebrauch. Auf die Kohlenelektrode sind an Stelle der in Heft 15 genannten Isolation Glasperlen aufgenäht. Vor allem empfiehlt es sich, die Elemente oben nicht abzudecken, sondern offen zu lassen. Dafür habe ich die ganze Batterie im geschlossenen Kasten angeordnet und die einzelnen Elemente oben mit einer etwa 2 bis 3 mm dicken Schicht Paraffinöl versehen. Von der Verwendung von Salzsäure rate ich aus dem in Heft 15 genannten Grunde ab.

Meine Batterie zeigt heute, also nach 10 Monaten, bei täglich drei- bis fünfständigem Gebrauch (5 Röhren) noch 104 Volt. Den gleichen guten Erfolg haben hier auch andere erzielt.

R. S.

Achtet auf Welle 217,4 m. Alle Funkfreunde, die den Rundfunksender Radio Luxemburg, der auf Welle 217,4 arbeitet, hören, werden gebeten, eine Empfangsbestätigung an Radio Luxemburg 28, Beaumontstraße, zu senden.

AUSLÄNDISCHE ZEITSCHRIFTEN- UND PATENTSCHAU

Bearbeitet von Regierungsrat Dr. C. Lübben.

Ein kapazitätsarmer Röhrensockel.

Nach Brit. Pat. 264 016.

Um die Kapazität zwischen den Röhrenelektroden infolge der äußeren Zuleitungen zu verringern, wird die Röhre in einem besonderen Halter befestigt, der in zwei Ansichten in den Abb. 1 und 2 dargestellt ist. Die Heizleitungen

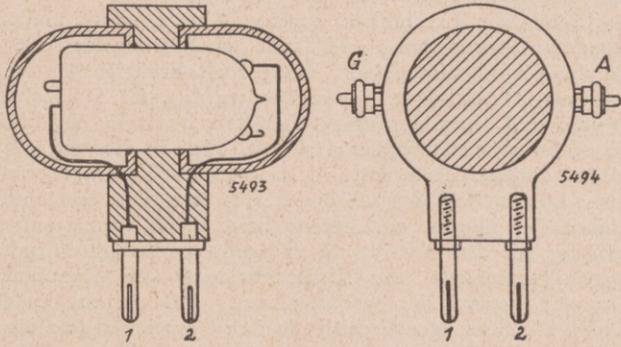


Abb. 1.

Abb. 2.

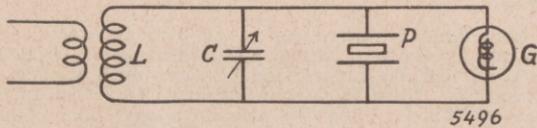
führen zu den Kontaktstiften 1 und 2, die in einen gewöhnlichen Röhrensockel eingesteckt werden und die ganze Röhre tragen. Gitter- und Anodenzuleitungen werden zu zwei besonderen Klemmen G und A geführt, die seitwärts am Halter befestigt sind.

*

Piezoelektrische Wellenkontrolle.

Nach Brit. Pat. 263 841.

Zur Feststellung der Resonanzabstimmung eines Schwingungskreises C, L schaltet man parallel einen Piezokristall P (vgl. Abb.), der in einem evakuierten bzw. gasgefüllten Be-



5496

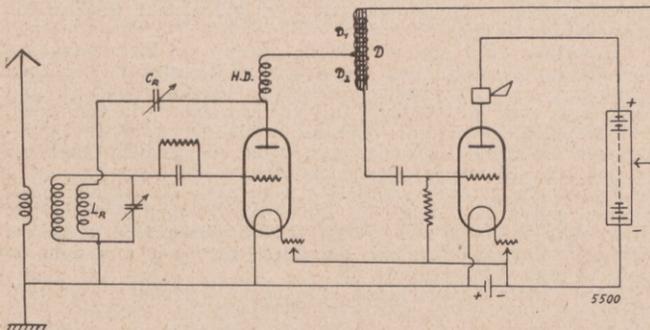
hälter eingeschlossen ist und beobachtet den von Giebel entdeckten Lichteffect. Zum Schutze des Kristalles und zur Begrenzung der Spannung wird erfindungsgemäß parallel eine Glimmlampe G geschaltet.

*

Eine neue Drosselkopplung für Niederfrequenzverstärker.

Nach Modern Wireless 7. 371. 1927 / Nr. 4 — April.

Die in der Abbildung wiedergegebene Schaltung kann als eine Kombination von Drossel- und Transformatorkopplung



5500

angesehen werden. Wie bei der normalen Drosselkopplung liegt im Anodenkreis eine Niederfrequenzdrossel D, es ist jedoch nicht die ganze Drossel im Anodenkreis eingeschaltet,

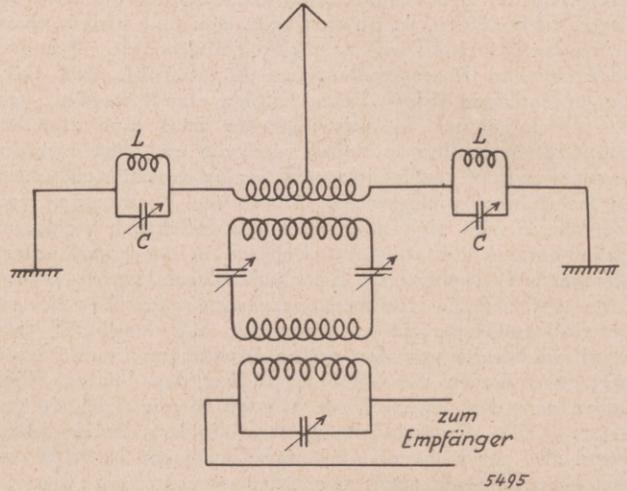
sondern nur ein Teil D_1 . Der andere kleinere Teil D_2 liegt im Gitterkreis. Die ganze Drossel bildet auf diese Weise einen Autotransformator, so daß am Gitter der zweiten Röhre eine erhöhte Spannung auftritt. Im übrigen liegt im Anodenkreis eine Hochfrequenzdrossel HD, die für die benutzte Reinartz-Rückkopplung erforderlich ist. Die Rückkopplung wird mit Hilfe des Kondensators C_1 geregelt.

*

Die Beseitigung starker Netzstörungen.

Nach Q. S. T. 11. 15. 1927 / Nr. 3 — März.

In der Abbildung ist eine Anordnung wiedergegeben, mit der zur Beseitigung ungewöhnlich starker Störungen durch Starkstromnetze sehr gute Erfahrungen gemacht wurden.



5495

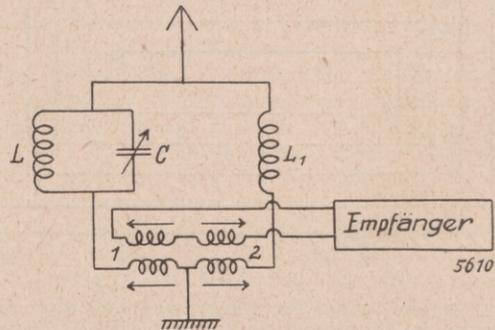
So konnten z. B. die von einem 30 000-Volttransformator mit starker Ableitung herrührenden Störungen völlig beseitigt werden, während die Empfangslautstärke nur auf etwa die Hälfte verringert wurde. Wie die Abbildung zeigt, ist eine völlig symmetrische Anordnung dadurch erzielt worden, daß die Antenne über zwei gleiche Zweige geerdet ist, in denen Sperrkreise C, L eingeschaltet sind, die auf die Empfangswelle abzustimmen sind.

*

Eine Schaltung zur Störfreiung.

Nach Brit. Pat. 265 594.

Zur Beseitigung atmosphärischer Störungen oder Ausschaltung fremder Störer ist der Antennenkreis in zwei Zweige geteilt (siehe Abb.), die mit dem Empfängerkreis



5610

durch zwei Transformatoren 1 und 2 differential gekoppelt sind. Die beiden Zweige sind so bemessen, daß für die Störfrequenz eine Kompensation eintritt. In einem Zweig kann z. B. ein Sperrkreis C L eingeschaltet sein, der auf die gewünschte Welle abgestimmt ist, während der andere Zweig eine kleine Selbstinduktion L_1 (oder eine kleine Kapazität) enthält.