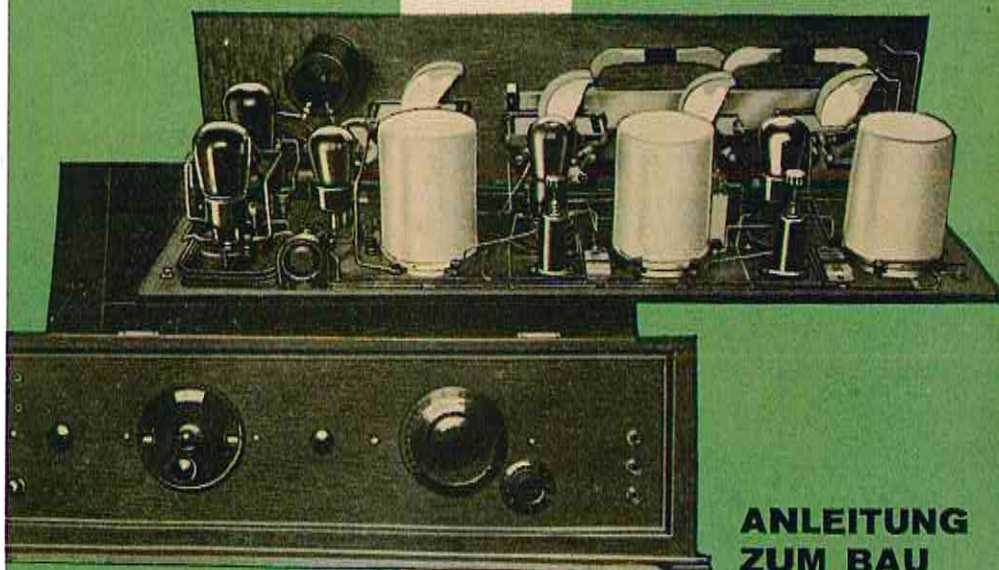


SPIEL UND ARBEIT BD. 116

DER MODERNE

RADIOAMATEUR

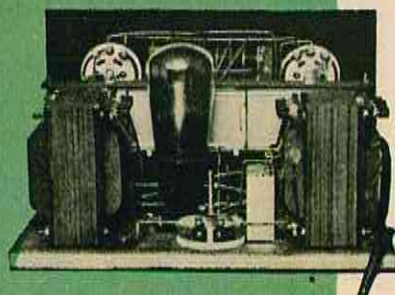


**ANLEITUNG
ZUM BAU**

MODERNER RÖHRENAPPARATE

(AUCH FÜR NETZANSCHLUSS)
UND ZUM BAU DER

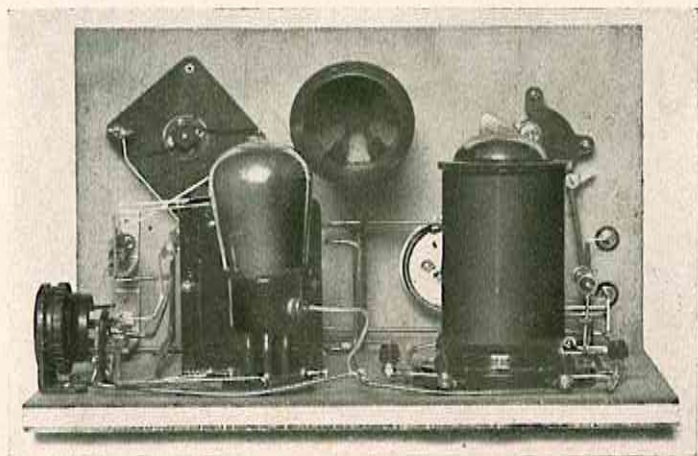
NETZANSCHLUSS-GERÄTE



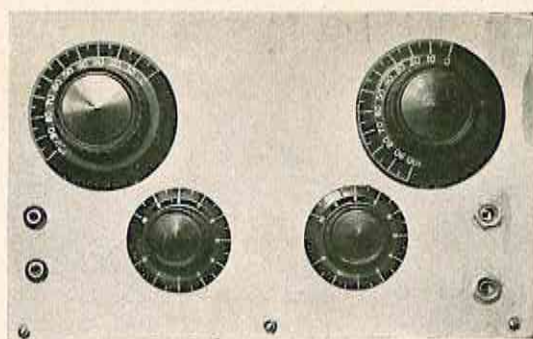
MIT MODELLBOGEN

VON **F. BÖDIGHEIMER**

VERLAG OTTO MAIER RAVENSBURG



a



b

DER NETZANSCHLUSSEMPFÄNGER

- a) von innen
- b) von außen

I.

DER MODERNE RADIOAMATEUR

Anleitung zum Bau
mod. Röhrenapparate
(auch für Netzanschluß)
und zum Bau der
Netzanschlußgeräte

Mit 2 Modellbogen
von
Ferdinand Bödigher

2. Auflage

Der Sammlung Spiel und Arbeit 116. Bändchen

OTTO MAIER VERLAG RAVENSBURG

Druck: J. Fuß, St. Georgen im Schwarzwald

Inhalt.

	Seite
Vormort	5
Einleitung	6
A. Neutrodyne-Empfänger	9
1. Zweck und Methoden der Neutralisation	9
2. Zweck und Wirkungsweise der Schirmung von Hochfrequenzkreisen	13
3. Abgegliche Spulensätze und Drehkondensatoren für Einknopfbedienung	17
4. Geschirmte Neutrodyne-Empfänger	27
a) nach Leithäuser-Heinze	27
b) nach Roberts (Solodyne)	27
c) Lautsprecher-Empfang der Kurzwellentelephonie europäischer und außereuropäischer Sender	40
B. 1. Schirmgitterröhren, ihre Eigenart, ihre Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten	46
2. Empfänger mit Schirmgitterröhren	47
a) Empfänger mit Hochfrequenzverstärkung	47
b) Empfänger mit Zwischenfrequenzverstärkung	48
C. Anordnungen zur Störfreiung	52
1. am Empfänger	52
a) Kreise zur Ausschaltung des Ortsenders, Leitkreis, Entzuehungskreis, Kompensationskreis	53
b) Anordnungen zur Erhöhung der Abstimmungsschärfe fertiger Empfangsgeräte	57
c) Vermeidung des Einflusses des Störeffangs durch die Lichtleitung (Neganschluß)	59
2. an der Störungsquelle	60
a) an störenden Motoren	60
b) an Hochfrequenz-Heißgeräten	62
D. Ladegeräte für Akkumulatoren	64
1. Ein Glühkathodengleichrichter zur Ladung von Heiz- und Anodenbatterie	65
2. Ein elektrolytischer Gleichrichter zur Ladung der Anodenbatterie (Aluminiumzelle)	68

	Seite
3. Ein elektrolytischer Gleichrichter zur Ladung von Heizbatterien (Santakelle)	71
E. Nebenschlußgeräte	83
1. Nebenschluß für die Anodenspannung	83
2. Auch Nebenschluß für die Heizspannung? Die direkt und die indirekt geheizte Röhre	91
3. Empfänger für direkten Wechselstromanschluß	93
F. 1. Ein Wellenmesser für den Bereich der Rund- funk- und Kurzwellen	104
2. Das Eichverfahren	108
G. Für die Praxis des Amateurs wichtige Berech- nungen	114
1. Selbstinduktion, Kapazität, Schwingungskreis	114
a) Berechnung des Selbstinduktionskoeffizienten	114
b) Berechnung von Kapazitäten	118
c) Berechnung von Schwingungskreisen	118
2. Berechnung eisengeschlossener Transformatoren für Lade- und Nebenschlußgeräte und ähnliche Zwecke	121
a) Ein Transformator für ein Akkumulatoren-Ladegerät	124
b) Ein Transformator für ein Nebenschlußgerät	131

Vorwort.

Wenn das vorliegende Bändchen auch naturgemäß die Bestimmung hat, eine Fortsetzung des Bandes 98 der Sammlung Spiel und Arbeit, „Radio-Empfangsanlage des fortgeschrittenen Amateurs“, zu sein, so ist doch durch Auswahl und Gestaltung des Inhalts Sorge getragen, daß es für sich selbst bestehen kann und dem fortgeschrittenen Amateur Anregung und Hilfe zum weiteren Ausbau und zur Vervollkommenung seiner Anlage bietet. Die Lektüre des Bandes 98 ist zum Verständnis dieses Bandes für den fortgeschrittenen Amateur nicht erforderlich, wenngleich auch der geübte und erfahrene Bastler in jenem Bande wertvolle Ratschläge finden wird, die ihm beim Selbstbau seiner Geräte sehr zustatten kommen und ihn vor manchen Enttäuschungen bewahren werden.

Da das vorliegende Bändchen den Amateur ganz auf die Höhe der Zeit führt (Ergänzungen werden von Zeit zu Zeit vorgenommen werden), so hoffe ich, in der Gesamtheit der Bände 120, 98 und 116 ein Werk für die Hand des selbstbauenden Funkfreundes geschaffen zu haben, das ihm in allen für ihn wichtigen Fragen der Theorie und Praxis ein treuer Helfer ist.

Der Verfasser.

Einleitung.

Im Bande 98 wurden eine Reihe sehr vollkommener Geräte beschrieben, die an Lautstärke und Selektivität nichts zu wünschen übrig lassen und geeignet sind, in unveränderter Form dem Amateur als Gebrauchsgeräte zu dienen. Im Blute des rechten Bastlers liegt es aber, wirkliche Neuerungen, mögen sie nun die Steigerung der Leistungen im Verhältnis zum Aufwand oder die Vereinfachung des Aufbaues und der Bedienung bezwecken, auszuprobieren.

Zweifellos ist es bestechend, ein Mehrröhrengerät höchster Leistungsfähigkeit mit einem einzigen Drehgriff bedienen zu können, und eben ein solches Gerät auf einen wesentlich kleineren Raum als früher zusammenbauen zu können. Zu diesem Fortschritt hat die Verbesserung der Neutrodyne-Empfänger durch Einführung besserer Neutralisierungsmethoden und durch Abschirmung der einzelnen Kreise geführt. Jetzt erst hat das Prinzip der Neutralisation für die Praxis seinen vollen Wert erlangt, weshalb der Neutrodyne-Empfänger in diesem Bande die gebührende Berücksichtigung erfährt. Der Umstand, daß einige Stationen sowohl in Europa als auch in Amerika nunmehr gute Rundfunkdarbietungen auf kurzen Wellen senden, macht es erforderlich, die Neutrodynegeräte so einzurichten, daß mit ihnen unter Abschaltung der Hochfrequenzstufen auch Lautsprecherempfang der Kurzwellentelephonie erzielt werden kann, zu geeigneter Zeit selbst aus Amerika.

Da auch die Radioröhren-Industrie nicht müßig war und ganz außerordentlich vervollkommnete Röhren (Schirmgitterröhren) herausgebracht hat, ist es notwendig geworden, die Spezialanordnungen zu beschreiben, in denen solche Röhren am besten arbeiten. Die Leistungen dieser Röhren in den entsprechenden Schaltungen sind so außerordentlich groß, daß die Zahl der Hoch- bzw. Niederfrequenzstufen gegenüber den Hochleistungsgeräten unter

Verwendung normaler Röhren ohne Leistungsverminderung herabgesetzt werden kann. Zweifellos besteht hierin ein großer Fortschritt.

Gerade diese Spezialanordnungen und die Herabsetzung der Stufenzahl erschweren aber die Ausschaltung starker nahegelegener Störsender, so daß das Problem der Aussiebung solcher Störwellen wieder besondere Bedeutung gewinnt, nachdem es durch die Anwendung von Empfängern mit mehreren Abstimmkreisen stark in den Hintergrund getreten war. Die beschriebenen Anordnungen zur Ausschaltung der Störsender werden auch dem Besizhereinfacherer Geräte aus Band 120 und 98 eine willkommene Ergänzung sein, zumal sie mit geringen Kosten verbunden sind.

In ähnlicher Weise wie bei Empfängern an offener Antenne gelingt mit den neuen Röhren auch eine Leistungssteigerung der Rahmenempfänger (Überlagerungsempfänger) bei gleichzeitiger Vereinfachung des Aufbaues.

Eine Aufgabe des vorliegenden Buches ist es auch, den Amateur in den Stand zu setzen, alle Zubehörgeräte, die für die Empfangsanlage notwendig oder nützlich sind, selbst herzustellen. Es besteht zweifellos bei jedem Amateur der Wunsch, Akkumulatoren selbst laden zu können, seien sie nun für die Röhrenheizung oder für die Anodenspannung bestimmt. Noch weiter geht die Forderung, von allen Batterien durchaus unabhängig zu sein, den Heiz- und den Anodenstrom also dem Lichtnetz entnehmen zu können. Mit den hier beschriebenen Lade- und Netzanschlußgeräten wird ein sicherer und in jeder Weise befriedigender Erfolg erreicht. In diesem Zusammenhang sei auch auf die Berücksichtigung der neuen indirekt geheizten Wechselstromröhre hingewiesen.

Auf einem Gebiet gibt es noch kein Allheilmittel, nämlich gegen die atmosphärischen Störungen sowie Störungen durch Hochfrequenzapparate und elektrische Motoren. Es sollen aber Anordnungen beschrieben werden, die in der Regel zum Erfolge führen. Auf dem Gebiete der atmosphärischen Störungen natürlich nur teilweise.

Ein Gerät, das der Funkfreund manchmal sehr vermisst, ist der Wellenmesser. Es erscheint in Anbetracht der Einfachheit

eines solchen Geräts verwunderlich, daß es so wenig benutzt wird. Die Schwierigkeit liegt zweifellos darin, den Wellenmesser zuverlässig zu eichen. Für die Rundfunkwellen ist diese Schwierigkeit weniger groß, während die Eichung für die auch für den Rundfunkfreund an Bedeutung immer mehr gewinnenden kurzen Wellen schon schwieriger ist. Die Beschreibung eines zuverlässigen Wellenmessers und einer auf praktischer Versucharbeit beruhenden Eichmethode durfte daher in diesem Buche nicht fehlen.

Endlich soll noch eine Lücke ausgefüllt werden, die von vielen selbstbauenden Amateuren schmerzlich empfunden wird. Ein ausführliches Kapitel soll die Dimensionierung von Spulen und Transformatoren behandeln. Es nützt bekanntlich wenig, zu wissen, daß eine Spule von x Windungen bei einem Durchmesser von y cm und einer Drahtstärke z für einen bestimmten Wellenbereich die richtige ist, wenn man Material von allen anderen Maßen vorrätig hat, nur das gerade bezeichnete nicht. Ebenso werden alle Windungsangaben für Transformatoren für Nebenschluß- und Ladezwecke illusorisch, wenn man die gleichen Eisenkerne nicht erhalten kann.

Der allmähliche Ausbau der Empfangsanlage an Hand dieses Büchleins verleiht dem Amateur eine immer größer werdende Unabhängigkeit und Selbständigkeit und erhöht durch die wachsende Betriebssicherheit die Freude am Rundfunk und an der Funktechnik überhaupt.

A. Neutrodyne-Empfänger.

1. Zweck und Methode der Neutralisation.

Eine der Aufgaben, an denen insbesondere seit Beginn des Rundfunks lebhaft und auch mit Erfolg gearbeitet wurde, ist die Konstruktion brauchbarer Hochfrequenzverstärker gewesen. Die drahtlose Telephonie fordert gebieterisch die Anwendung der Hochfrequenzverstärkung, da die Niederfrequenzverstärkung wegen der auftretenden Verzerrungen bei Anwendung von 2 Stufen schon ihre Grenzen hat, sofern man Transformatoren zur Kopplung verwendet. Auch bei Anwendung der widerstandsgekoppelten Verstärker dürfte es nicht ratsam sein, über 3 Stufen hinauszugehen. Aber auch einer wirklich wirksamen und einwandfreien Hochfrequenzverstärkung stellen sich erhebliche Widerstände entgegen. Bekanntlich ist das Vorschalten einer einzigen Hochfrequenzstufe schon an die Bedingungen gebunden, daß einmal eine geeignete Verstärkerröhre ausgewählt wird, richtige, einigermaßen kritische Betriebsspannungen angelegt werden und zum andern ein sehr sauberer Aufbau besonders in der Hinsicht stattfindet, daß die Schwingkreise der Hochfrequenzstufe und des Audions sich nicht gegenseitig beeinflussen. Die für solche Schaltungen maßgebenden Gesichtspunkte sind im Band 98 (Spiel und Arbeit) ausführlich behandelt worden.

Kommen für besonders leistungsfähige Empfänger gar 2 oder 3 Hochfrequenzstufen vor dem Audion zur Verwendung, so besteht insbesondere die Gefahr, daß die ganze Anordnung sich selbst erregt, ins Schwingen gerät, wofür die Ursache in der innerhalb der Röhre bestehenden Kapazität zwischen Anode und Gitter und deren Zuleitungen zu suchen ist, sofern nicht ein ungewöhnlicher Aufbau schon die Schuld trägt. Die Abb. 1 stellt gebräuchliche Hochfrequenzverstärkeranordnungen dar, von denen insbesondere das Schema b häufig angewandt wird. Die innere Röhrenkapazität ist durch den punktiert gezeichneten Kondensator Cr veranschaulicht. Wenn die beiden Schwingkreise am Gitter und an der Anode (a) bzw. am Gitter der darauf folgenden Röhre (b) auf ein und dieselbe Welle abgestimmt sind, wie dies für den Empfang Bedingung ist, so entstehen an der Anode Wechselspannungen, die durch die Kapazität Anode-Gitter (Cr) auf das Gitter übertragen werden. In den in Abb. 1a und b gezeichneten Anordnungen sind die Vorbedingungen dafür vorhanden, daß die zurückübertragenen

Spannungsschwankungen mit den im Gitterkreis vorhandenen in Phase sind, d. h. den Gitterkreis immer genau in den Momenten anstoßen, daß die in diesem Kreis schon vorhandenen Schwingungen verstärkt werden. So findet also eine kapazitive Rückkopplung statt. Selbst wenn im Gitterkreis keine Schwingungen vorhanden sind, kann durch irgend-

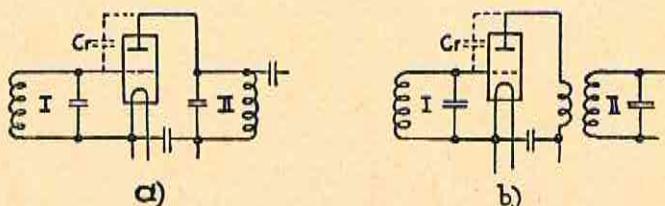


Abb. 1. Unerwünschte Kopplung durch die innere Röhrenkapazität.

einen Anstoß, zum Beispiel das Einschalten der Batterie, der Anodenkreis in seiner Eigenschwingung erregt und durch die kapazitive Rückkopplung über C_g der Gitterkreis ebenfalls angestoßen werden, dessen Schwingungen wieder verstärkt im Anodenkreis erscheinen, zurückübertragen werden, wieder verstärkt werden und so fort, bis ein in seiner Stärke durch die Röhrensättigung begrenzter kontinuierlicher Schwingungsvorgang stattfindet: die Anordnung hat sich selbst erregt. Dieser Zustand vereitelt den Empfang von Telephonie. Das Schema 1b mit dem induktiv angekoppelten nachfolgenden Gitterkreis entspricht insofern dem Schema a als die Schwingungen dieses angekoppelten Gitterkreises auf die Anodenkreispule zurückübertragen werden, so daß auch hier über die Anode Wechselspannungen auf den ersten Gitterkreis zurückübertragen werden können. Die Bedingungen für die Selbsterregung nach Abb. 1b sind um so eher gegeben, je fester der Anodenkreis mit dem nachfolgenden Gitterkreis gekoppelt ist.

Für die Aufgabe, die Hochfrequenzverstärkeranordnung zu stabilisieren, hat die Zeit verschiedene Lösungen gebracht, die durchweg auf dem Prinzip beruhen, von der Anode auf das Gitter zurückübertragene Spannungsschwankungen durch ebenso große, genau entgegengesetzte Spannungsschwankungen aufzuheben und somit die schädliche Wirkung der inneren Röhrenkapazität zu neutralisieren. Teilweise haben sich diese Lösungen nicht bewährt, weil sie nicht für alle Frequenzen, also nicht für den ganzen Bereich der Abstimmung gleichmäßig funktionierten. Andere Lösungen, die an sich gut sind, erfordern einen großen Aufwand von Material und machen somit auch den Aufbau verwickelter (Brüdenschaltungen von Scott Taggart). Hier sollen daher nur einfache, von der Frequenz unabhängig wirkende Neutralisationsmethoden beschrieben werden.

Die Neutralisationsschaltungen nach Abb. 2a und b beruhen auf dem gleichen Prinzip. Die Anordnung 2b stammt von Roberts und liegt dem sehr bekannten Solodvne-Empfänger zugrunde. Älteren Datums ist die wahrscheinlich zuerst vom Verfasser angegebene Anordnung nach Abb. 2a. Die der Anodenwechselspannung entgegengesetzt gleiche Neutralisationsspannung wird in der in gleichem Sinne mit gleicher Windungszahl mit der Anodenschwingkreis-spule auf den-

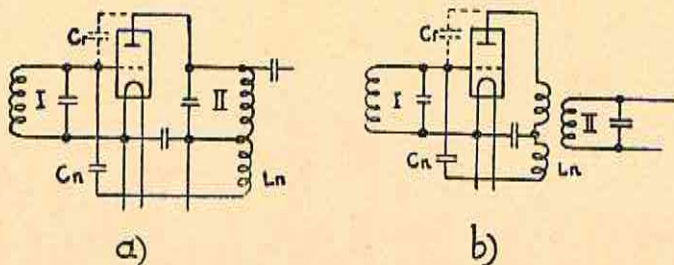


Abb. 2. Neutralisation der inneren Röhrenkapazität.
a) eine Methode des Verfassers. b) Methode nach Roberts (Solodvne).

selben Körper gewickelten Spule L_n induktiv erzeugt und durch den kleinen Kondensator C_n auf das Gitter übertragen. Hier werden die über die innere Röhrenkapazität C_r zurückübertragenen Spannungsschwankungen aufgehoben. Im Schema 2b ist in ähnlicher Weise wie bei 2a die Anodenkreis-spule durch die Neutralisations-spule L_n fortgesetzt. Beide Spulen sind also gleichsinnig und mit gleicher Windungszahl auf denselben Körper gewickelt. Die sich hierdurch ergebende Gesamtspule wird von dem schwingenden Gitterkreis induziert. Die Wechselspannungen an den beiden Spulenenden sind entgegengesetzt gleich und werden über die innere Röhrenkapazität C_r bzw. über die Neutralisationskapazität C_n auf das Gitter übertragen, müssen sich also an dieser Stelle aufheben. Bedingung für das Zustandekommen dieser Wirkung ist unter den gemachten Voraussetzungen, daß C_n gleich der inneren Röhrenkapazität gemacht wird. Für C_n wird ein kleiner variabler Kondensator von maximal 30 oder höchstens 50 cm und sehr kleiner Anfangskapazität verwendet, der zum Zwecke der Neutralisierung entsprechend eingestellt wird. Wie im einzelnen die Neutralisation erfolgt, ist weiter unten beschrieben.

Von den Neutralisationskondensatoren, auch *Neutrodome* genannt, ist außer einer kleinen Anfangskapazität noch zu fordern, daß sie mechanisch einwandfrei sind, so daß die einmal eingestellte Kapazität auch durch Erschütterungen sich nicht ändert, und daß sie möglichst Luft

als Dielektrikum haben. Einwandfreie Neutrodome sind in der Abb. 3 dargestellt

Die Abb. 4 stellt eine Neutralisationsanordnung dar, die von Leithäuser und Heintze stammt. Sie arbeitet in ähnlicher Weise wie die Rückkopplung nach Leithäuser. Die dem Elektronenstrom überlagerten Hochfrequenzschwingungen verzweigen sich an der Anode und gehen teilweise durch die Anodenkreis-spule und über den Batterieüberbrückungs-

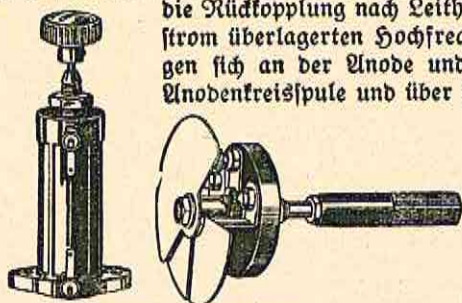


Abb. 3. Neutrodome.

kondensator, teilweise über den Kondensator C_n und die Spule L_n zur Kathode zurück. Wie die Anodenkreis-spule mit dem Gitterkreis II gekoppelt ist, ist L_n mit dem Gitterkreis I gekoppelt, und zwar haben

L_n und die Spule des Gitterkreises I den gleichen Widelssinn. Die Anodenkreis-spule stößt den Gitterkreis II an und überträgt somit die durch die Röhre verstärkten Schwingungen des Kreises I auf den Gitterkreis II. Der im Kreise $C_n L_n$ fließende Hochfrequenzstrom ist abhängig von der Größe C_n . Wenn man C_n groß macht, wird der Strom über $C_n L_n$ groß und induziert entsprechend große Spannungen in der Gitterkreis-spule I. Wird C_n klein gemacht, so wächst sein Widerstand entsprechend, und der Strom im Kreise $C_n L_n$ und somit auch die in I induzierte Spannung ist in diesem Verhältnis kleiner. Die an den Punkten a und e auftretenden Wechselspannungen sind unter der Voraussetzung des gleichen Widelssinnes und der im Schema gezeichneten Anschlußweise der Spulen einander

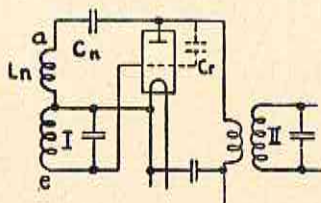


Abb. 4. Neutralisation nach Leithäuser-Heintze.

entgegengesetzt. Die bei a auftretenden und die über die innere Röhrenkapazität C_r auf das Gitter übertragenen Wechselspannungen aber sind gleichsinnig. Somit sind die von e aus ans Gitter gelangenden Spannungen den über C_r dorthin übertragenen entgegengesetzt. Damit diese entgegengesetzten Spannungen der Größe nach gleich werden und sich aufheben, wird durch Veränderung der Größe von C_n der Hoch-

frequenzstrom in der Spule L_n und somit die Einwirkung auf die Gitterkreis-spule I entsprechend einreguliert.

Solcher neutralisierten Stufen kann man 2, 3 oder auch 4 in Kaskade hintereinander schalten, ohne daß eine Selbsterregung zu

befürchten ist, die auf die Wirkung der inneren Röhrenkapazität zurückzuführen wäre. Es kann natürlich durch direkte Einwirkung der Spulensätze aufeinander sowie auch durch eine nicht zweckentsprechende Leitungsführung die Neutralisation illusorisch gemacht werden.

2. Zweck und Wirkungsweise der Schirmung von Hochfrequenzkreisen.

Die Schirmung hat den Zweck, die Übertragung von Schwingungsenergie von Stufe zu Stufe infolge unbeabsichtigter Kopplungen der Spulen verschiedener Stufen zu verhindern, damit nicht Selbsterregung eintritt. Ferner soll vermieden werden, daß starke Sender, insbesondere aber ein naher Ortssender, auf die Spulen direkt einwirken, wodurch eine, wenn auch meistens nicht bedeutende Verschlechterung der Selektivität eintreten würde. Es hat sich gezeigt, daß die Abschirmung der Spulen bzw. Hochfrequenztransformatoren allein genügt, und daß durch vollständige Abschirmung der ganzen Stufen keine merkliche Verbesserung erreicht wird. Man kann beide Methoden als praktisch gleichwertig ansehen.

Über die Wirkungsweise der Abschirmung bei Hochfrequenzkreisen herrscht vielfach Unklarheit. Beiläufige Bemerkungen über die Wirkung der Schirmung und Baubeschreibungen für geschirmte Empfänger haben hier große Verwirrung angerichtet. Zum besseren Verständnis sei auf die mehr bekannte elektrostatische und auf die magnetische Abschirmung zurückgegriffen. Die elektrische Schirmung besteht darin, daß man einen Leiter oder ein elektrisches Feld mit einem allseitig geschlossenen leitenden Schirm umgibt, der geerdet, also auf das Potential 0 gebracht wird. Dann ist der Leiter bzw. das Feld im Innern des Schirmes allen elektrischen Einflüssen von außen entzogen. Noch bekannter dürfte die magnetische Abschirmung sein. Eine Hülle aus magnetischem Material, zum Beispiel Eisen, umgibt von allen Seiten eine Spule oder ein magnetisches Feld, um es der Einwirkung äußerer magnetischer Felder zu entziehen bzw. innerhalb der Schirmung vorhandene magnetische Felder nicht nach außen wirksam werden zu lassen. Die Eisenhülle saugt eben, wenn sie stark genug ist, die von innen oder außen kommenden Kraftlinien in sich hinein. Bei der Schirmung von Hochfrequenzkreisen verwendet man Gehäuse bzw. Kapseln aus gut leitendem Metall, Kupfer oder Aluminium, die man erdet, um statische Aufladungen zu verhindern. Die dadurch erzielte elektrostatische Abschirmung der Kreise bzw. Spulensätze ist nicht der Hauptzweck, da die elektrostatische Einwirkung etwa störender Sender auf die Spulen recht gering ist. Eine magnetische Abschirmung in dem Sinne, wie oben angedeutet, wird durch Kapselung in Kupfer oder Aluminium naturgemäß nicht erreicht, da Kupfer oder Aluminium keine magnetischen Materialien sind. Die Wir-

tung dieser Abschirmung ist im Wesen anders. Sie soll durch die Abbildungen 5 bis 9 verständlich gemacht werden.

Bringt man in das Feld eines Elektromagneten eine Metallscheibe, wie Abb. 5 zeigt, so wird diese Scheibe durch die magnetischen Kraftlinien geschnitten, so oft das magnetische Feld sich infolge des Stromflusses aufbaut und so oft es durch Öffnen des Stromkreises verschwindet.

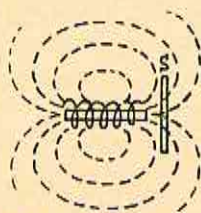


Abb. 5. Metallschirm
im Kraftfeld einer
Spule

Wird der Elektromagnet durch einen Wechselstrom erregt, so entsteht und vergeht das magnetische Feld fortwährend, und zwar baut es sich entsprechend der wechselnden Richtung des Stromes immer abwechselnd mit umgekehrter Polarität auf. Auch hierbei wird also die Metallscheibe S ständig von den sich aufbauenden und verschwindenden Kraftlinien geschnitten. In jedem Leiter, gleich welcher Form, werden durch Kraftlinien, die ihn schneiden, elektromotorische Kräfte hervorgerufen, induziert, die Ströme im Gefolge haben, wenn der

Leiter geschlossen ist. Von geschlossenen Drahtwindungen her (Induktionsapparate) ist diese Wirkung wohl allgemein bekannt. In einer massiven metallenen Scheibe findet aber schließlich jede der durchgehenden Kraftlinien gewissermaßen eine um sie geschlossene Bahn vor, in der die induzierte elektromotorische Kraft einen Strom verursachen kann. Abb. 6, die die Scheibe in der Aufsicht zeigt, versinnbildet diese um die Kraftlinien kreisenden Ströme, die ihrer Eigenart gemäß Wirbelströme heißen. Sie verursachen entsprechend ihrer Stärke und dem Widerstand des Metalls Verluste an Energie, die natürlich dem Felde entzogen werden. Durchdringt also ein wechselndes magnetisches Feld zum Beispiel eine Schirmkapsel, so wird ihm Energie entzogen, es wird geschwächt und zwar in um so stärkerem Maße, je öfter die

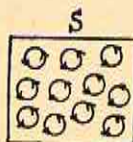


Abb. 6.
Wirbel-
ströme.

Kraftlinien die Schirmkapseln schneiden, je größer also die Periodenzahl des Wechselfeldes ist. Für Hochfrequenz ist also die schwächende oder, wie man sich ausdrückt, dämpfende Wirkung der Kapsel besonders stark. Eine Spule im Inneren der Kapsel wird also vor magnetischen Einflüssen von außen her weitgehend geschützt, „abgeschirmt“.

Da aber in einem Empfänger die in der Kapsel befindliche Spule ebenfalls ein hochfrequentes magnetisches Feld hat, das auch die Kapselwand durchdringt, wird auch dieses geschwächt. Das ist im Interesse der Einwirkung auf eine benachbarte Kapsel auch erwünscht. Unangenehm ist aber, daß die in der Schirmung vernichtete Energie dem an die Spule angeschlossenen Schwingkreis entzogen wird. Das bedeutet geringere Selekt.

tivität und kleinere am Gitter der dazu gehörenden Röhre wirksame Resonanzspannung.

Nun sind die Verluste in der Schirmwand, wie schon erwähnt, von der Zahl der pro Sekunde geschnittenen Kraftlinien abhängig. Nach Abb. 7 nimmt aber diese Zahl mit der Entfernung der Schirmwand von der Spule ab, insbesondere an den Stirnseiten der Spule. Der Schirm a wird von bedeutend mehr Kraftlinien geschnitten als der Schirm b. Dagegen hat der Schirm b gegen ein von außen kommendes Feld keine geringere Schirmwirkung als der Schirm a. Die Verluste im Verhältnis zur Entfernung der Schirmwand von der Spule, in ein rechtwinkliges Achsenkreuz eingetragen, ergeben das Schaubild der Abb. 8. Die Verluste fallen demnach mit zunehmender Entfernung in der Nähe der Spule sehr stark ab, während sie von einer gewissen Entfernung an nur noch wenig abnehmen, so daß es keinen Zweck hätte, die Schirmwand noch weiter zu entfernen. Dieser Abstand ist durch die Linie A gekennzeichnet. Er bezieht sich auf die Stirnwand

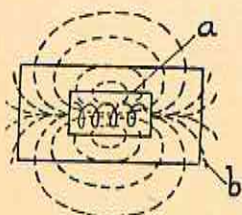


Abb. 7
Verluste in enger und
weiter Schirmkapsel.

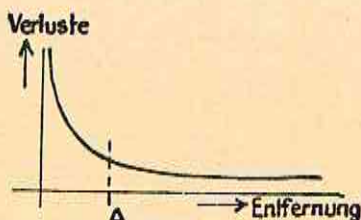


Abb. 8
Abhängigkeit der Dämpfung vom Ab-
stand des Schirmes von der Spule.

der Spule und beträgt etwa $2\frac{1}{2}$ cm. Man wird also die Abmessungen der Kapsel so wählen, daß insbesondere an den Stirnwänden dieser Abstand eingehalten wird. An den Seitenwänden ist der dämpfende Einfluß der Schirmwand, wie aus Abb. 7 hervorgeht, wesentlich geringer, und Entfernungen von 15 mm sind im allgemeinen zureichend, um die Dämpfung nicht zu groß werden zu lassen. Hieraus geht also hervor, daß die gewollte Schirmwirkung auf den Energieverlust in der leitenden Schirmwand zurückzuführen ist, und daß auch bei gut dimensionierten Schirmgehäusen gewisse Verluste nicht zu vermeiden sind, jedoch in erträglichen Grenzen gehalten werden können. Jedenfalls können sie so klein gehalten werden, daß die Selektivität praktisch nicht, die Lautstärke aber nicht bedeutend beeinträchtigt wird. Andererseits ist eben mit der Schirmung der schon erwähnte Vorteil einer leichteren Neutralisierung, ferner der möglichen gedrängteren Bauweise und

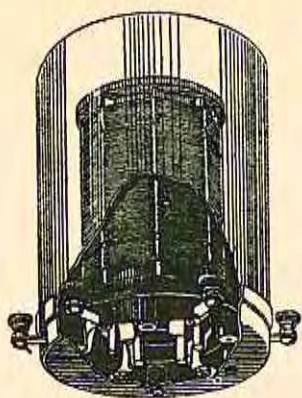


Abb. 9a. Geschirmter
Hochfrequenztransformator
(Fabrikat Braun).

der Verbesserung der Selektivität dadurch verbunden, daß die Spulen der direkten Einwirkung naher Störsender weitgehend entzogen sind.

Eine weitere Begleitererscheinung tritt aber bei der Schirmung auf, die man bei der Berechnung der Spulen für die Schwingkreise in Betracht ziehen muß. Da die Schirmung gewissermaßen die in sich geschlossene Sekundärseite eines Transformators darstellt, dessen Primärseite durch die Spule gebildet wird, so tritt auch die aus dem Transforma-

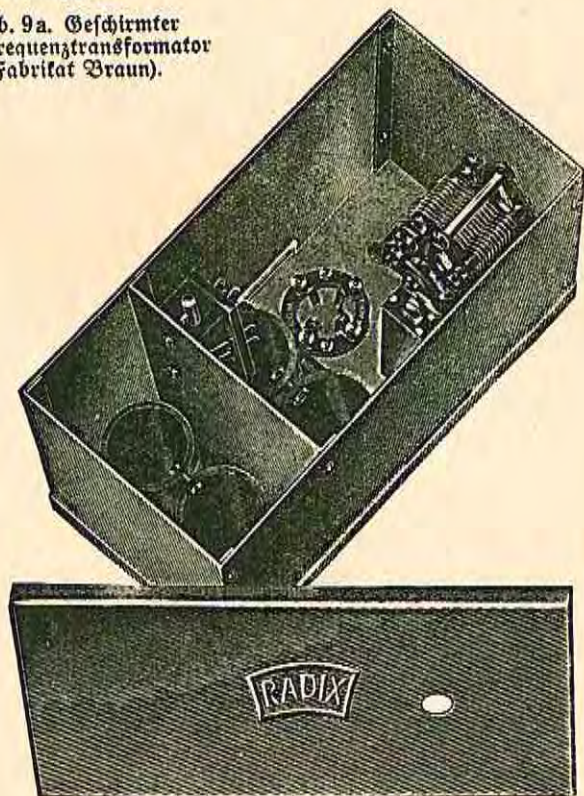


Abb. 9b. Geschirmte Hochfrequenzstufe (Radix).

torprinzip erklärliche Verminderung der primärseitigen Induktivität (Selbstinduktion) durch die sekundärseitige Belastung auf Stimmt man also eine ungekapselte Spule auf einen bestimmten Sender ab und kapselt sie nachher, so ist der betreffende Sender verschwunden. Man kann ihn durch Weitereindrehen des Drehkondensators wieder einstellen. Dieser Umstand kann also von vornherein bei der Bemessung des Schwingkreises für einen bestimmten Wellenbereich berücksichtigt werden. Er stellt also keinen Nachteil dar.

In der Abb. 9 sind eine gekapselte Spule bzw. ein Transformator und ein vollständig gekapselter Empfangskreis dargestellt. Es muß sorgfältig darauf geachtet werden, daß die aus der Kapsel heraus tretenden Anschlüsse keine schädliche Kapazität gegen die Schirmwand haben. Die hier vorgesehenen Ausparungen dürfen also nicht allzu eng sein. Herausführende Leitungen sollen rundum 2 bis 3 mm Luft haben. Die Kapselwände und -deckel müssen miteinander guten Kontakt machen.

3. Abgeglicheene Spulensätze und Drehkondensatoren für Eintnopfsbedienung.

Das beliebteste Empfangsgerät wird stets jenes sein, das mit hoher Leistung größte Einfachheit in Aufbau und Bedienung verknüpft. Aus diesem Grunde hat nicht allein der Laie, sondern vielfach auch der geschulte Bastler davon Abstand genommen, ein Gerät mit mehr als 2 zu bedienenden Abstimmkreisen zum Gebrauchsgerät zu erwählen. Seiner Leistung nach unter allen nur denkbaren Verhältnissen ist aber der Neutrodyne-Empfänger mit 2 Hochfrequenzstufen vor dem Audion, also mit 3 abgestimmten Kreisen, schwerlich zu übertreffen, soweit Empfang an offener Antenne in Frage kommt. Die Schwierigkeit liegt in der Bedienung von 3 Drehkondensatoren, zu dem sich als 4. der die Klinkkopplung regulierende Kondensator gesellt.

Es lag ja sehr nahe, gerade beim Neutrodyne-Empfänger mit seinen ganz symmetrisch gebauten Stufen, eine gemeinsame Einstellung der Drehkondensatoren von einem Antrieb aus zu versuchen. Bedingung für die Möglichkeit einer solchen Eintnopfsbedienung ist die Verwendung genau untereinander abgeglicherener Spulen und Drehkondensatoren. Beide Bedingungen können erfüllt werden.

Am allerwichtigsten ist die Übereinstimmung der Spulen untereinander, da die nachträgliche Korrektur der Spulen die größten

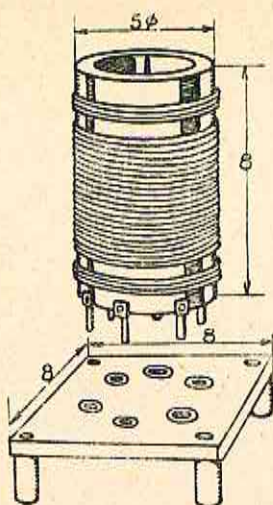


Abb. 10
Hochfrequenztransformator mit Fassung
(selbsthergestellt).

Schwierigkeiten macht. Diese Übereinstimmung ist nicht so schwierig zu erreichen, wie es zunächst aussehen mag. Zu verworfen sind natürlich von vornherein alle körperlosen Windungen. Die elektrisch sowie günstigste Spulenform, die einlagige Zylinderspule, ist für unseren Zweck zugleich die praktischste Form. Als Wickelkörper kann Pertinaxrohr von etwa 2 mm Wandstärke, 5 cm äußerem Durchmesser und etwa 8 cm Länge benutzt werden. Diese Spulenkörper reichen auch für den hohen Wellenbereich noch aus. Sollen die Spulen austauschbar sein, wie wohl in den meisten Fällen, so bringt man am unteren Rande des Spulenkörpers, gleichmäßig auf den Umfang verteilt, Kontaktstifte, möglichst mit Bananensendern, von 4 mm und 3 mm Durchmesser, an, die im Handel erhältlich sind. Die Herstellung der Fassung für diese Spulen versteht sich von selbst. Es werden gewöhnliche Stederbuchsen auf einem kreisförmigen oder quadratischen Brettchen aus Isoliermaterial angeordnet, das noch Füsse von genügender Höhe erhält, damit die Buchsen nicht auf dem Montagebrett aufstehen und die Leitungen bequem herausgeführt werden können. Diese Anordnung zeigt die Abb. 10. Es werden 3 nebeneinander liegende Buchsen und Steder mit 4 mm, die andern mit 3 mm Durchmesser genommen oder die Buchsen- und Stederabstände ungleichmäßig gemacht, daß ein falsches Einstecken der Spulen unmöglich ist. Auch die Verwendung von Buchsen mit Isolierlapppe ist anzuraten, damit die Steder auch keine falschen Buchsen berühren können. Der Verwendung von Papprohr muß dringend widerraten werden, da es zumal bei austauschbaren Spulen seine Form schwerlich behält. Geringe Formveränderungen können aber bedeutende Abweichungen in der Selbstinduktion der Spulen verursachen.

Sehr empfehlenswert sind für den manuell weniger geübten Amateur die handelsüblichen Trolitspulenkörper „Okto“, die bereits mit Steltern versehen sind, zu denen es auch vorzüglichen Kontakt gewährende Fassungen gibt. Spule und Fassung sind in Abb. 11 wiedergegeben. Die Windung kommt bei diesen Spulenkörpern auf acht

¹ Hersteller Max Braun, Frankfurt a. M., Idsteinerstr. 91.

genügend hohe Leitern zu liegen, so daß die gewickelte Spule in elektrischer Hinsicht einer körperlosen so gut wie gleichwertig ist und der Wicklung auf einem Pertinazyylinder gegenüber noch vorteilhafter ist (vergleiche Tafel II, oberes Bild, IV und V).

Für die weiter unten beschriebenen Neutrodyne-Schaltungen sind die Spulen für die Hochfrequenzstufen gleich zu wickeln. Lediglich für den Solodyne-Empfänger kommt eine andere Spule vor dem Audion in Betracht. Während die erstgenannten Spulen 3 Wicklungen erhalten, kommt bei der besonderen Spule für das Audion im Solodyne-Empfänger noch eine 4. Wicklung auf einem in den Spulenkörper hineinpassenden Pappzylinder hinzu. Die 3 Wicklungen sind in Abb. 10 und 11 unterscheidbar. Der eigentliche Hochfrequenztransformator besteht aus der oben liegenden kleinen Primärwicklung und der dann folgenden Gitterwicklung. Die untere

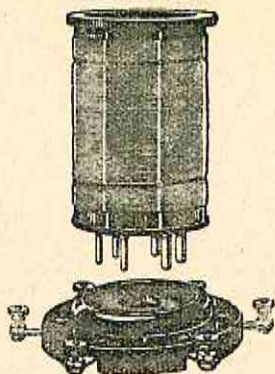


Abb. 11
Hochfrequenztransformator mit Fassung
(Fabritat Braun).

Wicklung dient als Neutralisations- bzw. Rückkopplungswicklung. Bei der Spezialspule für den Solodyne ist die Rückkopplungswicklung auf dem inneren Zylinder untergebracht. Die Drahtstärke ist nicht kritisch. Man wählt sie besonders für den unteren Rundfunkbereich von etwa 200 bis 700 m möglichst stark. Jedoch ist es außerordentlich vorteilhaft, die Windungen auf Abstand zu wickeln, also einen etwas kleineren Drahtdurchmesser zu wählen, als es bei den Dimensionen der Wicklungen an sich möglich wäre. Dadurch sinkt die Spulenkapazität und wächst die Verlustfreiheit. Im übrigen ergeben sich die Wickeldaten aus der nachfolgenden Tabelle. Die Drahtstärken sind 0,35 mm und 0,20 mm. Sofern jedoch keine Drehbank oder Wickelmaschine zur Verfügung steht, worauf die Steigung einzustellen ist, gestaltet sich die Wicklung am einfachsten, wenn man für den niedrigen Bereich 0,45 mm starken Draht einmal mit Seide umspinnen nimmt und für den hohen Bereich 0,2 mm bis 0,22 mm einmal mit Seide umspinnen oder 0,15 mm einmal mit Baumwolle umspinnen. Dann ergeben sich die Wickungsdimensionen der Tabelle von selbst. Der Abstand zwischen den Spulen auf dem äußeren Zylinder beträgt 2 mm. Für den hohen Wellenbereich müssen die beiden kleinen Spulen ebenfalls auf einen in den Spulenkörper einzusteckenden Pappzylinder gewickelt werden. In der Tabelle ist der von dem normalen abweichende Audiontransformator mit „Solodyne“ bezeichnet.

Tabelle der Windungszahlen und Steigungen.

Transformator	Wellenlänge ca.	außen			innen		
		oben	mitten	unten	oben	mitten	unten
Normal . . .	220—700	20 0,5 Steig.	90 0,5 Steig.	20 0,5 Steig.	—	—	—
	800—1900	—	300 0,25 Steig.	—	50 0,25 Steig.	—	50 0,25 Steig.
Solobync . . .	220—700	20 0,5 Steig.	90 0,5 Steig.	20 0,5 Steig.	—	15 0,25 Steig.	—
	600—1900	—	300 0,25 Steig.	—	50 0,25 Steig.	35 0,25 Steig.	50 0,25 Steig.

Die Befestigung der Wicklungen erfolgt auf einfache Weise dadurch, daß man Wicklungsanfang und -ende durch zwei in der Spulenwand dicht beieinander angebrachte Löcher zweimal hindurchführt. Die Spulen werden nicht lackiert, sondern bei Verwendung von Pertinaxzylindern an 3 oder 4 gleichmäßig auf den Umfang verteilten Stellen mit Azetonlitt befestigt. Den Azetonlitt stellt man her, indem man so viel geschabtes Zelluloid in Azeton löst, als notwendig ist, um eine noch leicht flüssige, stark klebende Masse zu erhalten. Mit einem in diesen Kitt getauchten Pinsel oder Hölzchen führt man quer über die Wicklung parallel zur Spulennachse 3 bis 4 schmale Striche, die nach dem Trocknen gegen Verrutschen vollaufsichern. Bei Verwendung der handelsüblichen „Otto“-Körper legt man die Wicklung an den Auflagestellen längs der Rippen mit einem ähnlichen Kitt fest, der nur statt Zelluloid Trolitpulver (Säge- oder Feilspäne) gelöst enthält, eventuell auch eine Spur Zelluloid. Hier kann der Kitt noch leichtflüssiger sein als bei der Pertinaxspule. Das Trocknen erfolgt sehr schnell. Alle Anschlüsse werden im Innern der Spule heruntergeführt und an die Steder geschraubt bzw. gelötet (Lötösen). Zur Verhütung von Kurzschluß zwischen der inneren Wicklung und den Zuführungen zur äußeren wählt man den inneren Pappzylinder im Durchmesser so viel kleiner, daß man noch eine Ölpapier- oder Zelluloidfolie zwischen die beiden Spulenträger legen kann.

Die Anschlußstifte und Buchsen bezeichnet man der Reihe nach mit den Ziffern 1 bis 6. Bei den erwähnten „Otto“-Körpern und Fassungen sind die Bezeichnungen bereits vorhanden. Die Anschlüsse erfolgen dann in der Weise, daß man beim Normaltransformator den Spulenanfang, d. h. das obere Ende der oberen kleinen Wicklung an 1 legt, deren Ende an 2, den Anfang der Gitterspule an 3, deren Ende an 4, den Anfang der unteren kleinen Spule an 5 und deren Ende, also das unterste Wicklungsende des ganzen Transformators

an 6, wie Abb. 12a es zeigt. Beim Solodyne-Transformator kommt der Anfang, d. h. das obere Ende der oberen kleinen Spule an 1, das Ende dieser Spule und der Anfang der unteren kleinen Spule zusammen an 2 und das Ende der unteren kleinen Spule an 3. Der

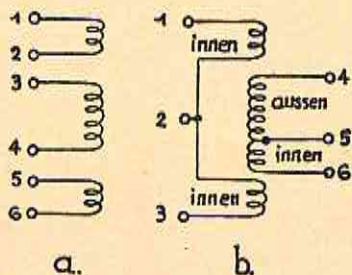


Abb. 12. Spulen und Anschlüsse.
a) des Normaltransformators,
b) des Solodynetransformators.

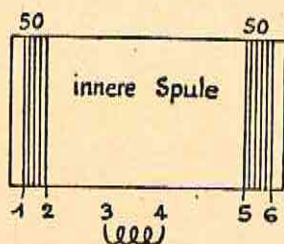


Abb. 13. Innenspule des
Normaltransformators
600—1900 m.

Anfang, also das obere Ende der Gitterkreis-spule, kommt an 4, das Ende dieser Spule sowie der Anfang (oberes Ende) der kleineren Spule in der Mitte des inneren Pappzylinders an 5, das Ende dieser Spule an 6, wie es Abb. 12b zeigt. Zuletzt wird der innere Papp-

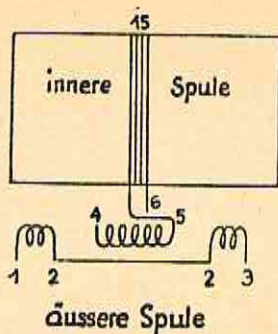


Abb. 14. Innenspule des
Solodyne-Transformators
220—700 m.

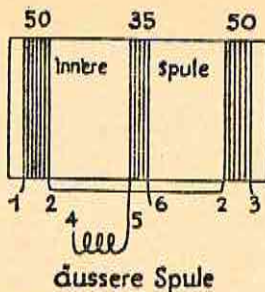


Abb. 15. Innenspule des
Solodyne-Transformators
600—1900 m.

zylinder mit dem Pertinax- oder Erolitkörper durch einen Tropfen etwas dickeren Azetonfitts am oberen Rande verbunden, so daß Verschiebung und damit Gefährdung der Anschlüsse nicht eintreten kann.

Die Abb. 13 bis 15 zeigen die Anordnung der Spulen auf dem inneren Zylinder. Abb. 13 stellt die innere Spule eines

normalen Transformators für lange Wellen dar. Sie erhält 2 mm vom Rande beginnend 2 mal 50 Windungen mit 0,25 mm Steigung. Abb. 14 zeigt den inneren Zylinder einer Solodyne-Spule für den Wellenbereich von zirka 220 bis 700 m. In der Mitte befinden sich 15 Windungen von 0,25 mm Steigung. Entsprechend Abb. 13 und 14 erhält der Langwellen-Solodyne-Transformator auf dem inneren Pappzylinder 3 Windungen, wie Abb. 15 zeigt, 2 mal 50 Windungen wie in Abb. 13 und in der Mitte noch 35 Windungen für die Rückkopplung. Die Anschlüsse und auch die beim Solodyne notwendigen Verbindungen mit der äußeren Spule sind in den Abbildungen gekennzeichnet.

Wenn auf genaue Einhaltung der Windungszahl geachtet wird, gleichen sich die Spulen auf's Haar. Es ist nur nötig, der Sicherheit halber die Bitterspule zu vergleichen. Diesem Zwecke dient eine einfache Messanordnung, die provi-

sorisch auf Holz montiert werden kann, jedoch unveränderlich verlegte Leitungen und verlötete oder verschraubte Verbindungen aufweisen muß. Abb. 16 zeigt die Anordnung. G stellt einen kleinen Sender dar und M das Meßgerät. Als Spulen erhält der Sender einen der normalen Hochfrequenztransformatoren, dessen Fassung entsprechend den eingeschriebenen Zahlen anzuschließen ist. Anschluß 1 und 2 bleiben also frei. Der Drehkondensator kann ein für das etwa zu bauende Gerät bestimmter 500-cm-Kondensator sein. Der Blockkondensator zwischen den Anschlüssen 4 und 5 hat 500 bis 2000 cm. Als Röhre wird zweckmäßig eine Lautsprecher-type verwendet. Die Anodenspannung beträgt 80 bis 100 Volt.

Das Meßgerät M gleicht der Schaltung nach einem Audion ohne Rückkopplung, nur daß an Stelle des Telephons ein empfindliches Milliamperemeter angeschlossen wird. Von der Spulenfassung werden die Kontakte 3 und 4 an den Drehkondensator von 500 cm angeschlossen, während die übrigen frei bleiben. Lediglich beim Solodyne-Transformator ist die Klemme 3 mit 5 durch einen Draht zu verbinden.

Die Messung geht folgendermaßen vor sich. Die Entfernung zwischen beiden Geräten wird 20 bis 50 cm betragen können. Nach

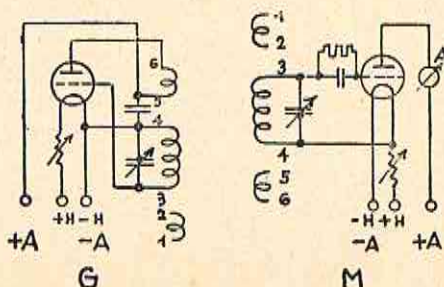


Abb. 16. Messanordnung zum Vergleich von Selbstinduktionen.

dem Anlegen der Spannungen wird die Röhre des Meßinstrumentes M, eine normale Empfangsröhre, eingeschaltet. Dann zeigt das Milliampereometer A den Anodenstrom an. Wenn bei normaler Heizung der Anodenstrom des Instruments noch sehr gering ist, so ist die Anodenspannung etwas hinaufzusehen, bis ein der Röhre angemessener Anodenstrom fließt, nämlich 2 bis 10 Milliampere. Alsdann wird der Oszillator G in Betrieb gesetzt. Bei normaler Heizung muß er unbedingt schwingen, was daran zu erkennen ist, daß beim langsamen Durchdrehen eines der beiden Drehkondensatoren der Ausschlag im Milliampereometer A an einer Stelle zurückgeht. Die Ursache für diesen Rückgang des Ausschlages ist die Erregung des Schwingungskreises in M, wodurch der Gitterblockkondensator durch Elektronen, die während der positiven Amplituden auf Gitter treten, negativ aufgeladen wird. Die Folge davon ist eine Verminderung des Anodenstroms. Bei geeignet gewählter Entfernung zwischen G und M ist die Verminderung des Anodenstroms recht bedeutend und die Resonanz äußerst scharf. Es ist überhaupt für eine genaue Messung bei M eine Feinselektala nötig, die ja für den Bau eines der später beschriebenen Empfänger sowieso gebraucht wird. Man nimmt die Abgleichung ungefähr beim Teilstrich 60 der 100teiligen Skala vor. Der Hochfrequenztransformator bei M wird dann gegen einen der gleichen Art ausgetauscht, bei dem dann bei derselben Skala-Einstellung Resonanz herrschen muß. So könnten noch beliebig viele gleichartige Transformatoren verglichen werden. Schließlich wird der am Oszillator G verwendete Transformator gegen einen der bereits gemessenen vertauscht. Es darf dabei an der Einstellung bei G nichts geändert werden und bei M muß sich die alte Einstellung wieder ergeben, dann sind die Transformatoren alle unter sich gleich. Abweichungen bis zu $\frac{1}{2}$ Grad der 100teiligen Skala fallen nicht ins Gewicht, sie können später bequem ausgeglichen werden. Erwähnt werden muß noch, daß der Solodyne-Transformator infolge seiner abweichenden Schaltung bei der Gitterkreis-spule etwas höhere Induktivität aufweist, so daß die Einstellung beim Kondensator des Meßgeräts etwas tiefer liegt (etwa 1,5 Grad der 100teiligen Skala). Man kann diese Abweichung korrigieren, indem man in gleichem Maße von beiden Enden der Gitterkreis-spule Windungen wegnimmt. Es sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, daß auch diese Ungenauigkeit immer noch leicht korrigierbar ist, und daß es durchaus nicht notwendig ist, eine Reduzierung der Windungszahl vorzunehmen, zumal durch die Änderung in der Einstellung des Rückkopplungskondensators sowieso eine geringe Verstimmung des Audionkreises eintritt, die durch eine Korrektur am Drehkondensator des Audionkreises behoben wird. Wer ganz peinlich sein will, mag von vornherein bei der Gitterwicklung des Solodyne-Transformators 2 Windungen weniger aufbringen.

Unbedingt notwendig ist die oben beschriebene Kontrolle auf Gleichheit der Transformatoren nicht, wenn man sich an die Widelraten, die Widelränge und die Abstände hält.

Wenn die Spulen genau gearbeitet sind und so eine hinreichende Gleichmäßigkeit erzielt wurde, ist die Abstimmung mit gekoppelten Drehkondensatoren nicht schwierig. Nun noch auftretende Unterschiede in der Einstellung der Drehkondensatoren bei Einzelabstimmung könnten ja nur noch auf die Ungleichmäßigkeit der Drehkondensatoren unter sich zurückzuführen sein. Gute Fabrikate sind aber außerordentlich gleichmäßig. Wenn man überhaupt von Abweichungen reden kann, sind sie so gering, daß man unter Umständen sogar auf die Korrektur verzichten kann. Durch die Schaltung und die Anwendung der Teile selbst aber werden Kapazitätsungleichheiten bedingt. Man wird also immer gut tun, die Möglichkeit einer Korrektur der Kapazitätswerte vorzusehen.

Die Kuppelung der Kondensatoren kann auf verschiedene Weise erfolgen. Kondensatoren, die durchgehende Achsen haben, können hintereinander, also so aufgestellt werden, daß ihre Achsen in einer geraden Linie stehen. Die Kuppelung wird dann bei beispielsweise 3 Kondensatoren durch 2 Kuppelungsmuffen, die die Achsen miteinander verbinden, bewerkstelligt. Da bei dieser Anordnung Bedingung ist, daß die Achsen ganz genau in einer Linie stehen, weder nach der Seite, noch nach oben und unten um ein Geringes verschoben sind, ist ihre Anwendung sehr schwierig. Meist tritt an der Achse sehr starkes Zwängen ein. Es gibt im Handel federnde Kuppelungsmuffen, die die Auswirkung dieses Uebelstandes etwas verringern. Auch das Format von Empfängern mit hintereinander aufgestellten Drehkondensatoren wird ungewohnt und unhandlich.

Die günstigste Anordnung scheint mir nach wie vor die Nebeneinander-Aufstellung der Kondensatoren zu sein. Sehr einfach gestaltet sich die Kuppelung durch Seilzug. Entweder hinter der Vorderwand des Apparats oder bei durchgehenden Achsen am äußersten hinteren Ende wird auf jeder Achse ein Schnurrad von 4 bis 5 cm Durchmesser nach Abb. 17 befestigt. Die Ausführung des Schnurrades selber zeigen Mod. Bg. Fig. 1 und 2. Fig. 2 ist das Rad für den mittleren von beispielsweise 3 Drehkondensatoren, über das 2 Schnüre laufen. Als Material für die Rädchen nimmt man Trolit, damit die einzelnen Kondensatoren bei Verwendung eines Metalldrahtes als Seilzug voneinander unabhängig bleiben. Man kann auch die Scheibe aus Metall, Messing oder Aluminium, fertigen und lediglich die innere Blöcke aus Trolit. Blöcke und Drahtscheibe müssen streng ineinander passen. Es empfiehlt sich sowohl bei der Herstellung aus Metall und Trolit als auch nur aus Trolit, die Teile mit Azetonfett zu verkitten.

Für den Seilzug findet am besten eine *Stahlsait*e Verwendung. Auch harter Bronzedraht ist geeignet. Die Befestigung der Saite auf dem Rade geschieht bei den äußeren Rädern durch ein mit der Saite gemäß Abb. 18 verlötetes 0,5 mm starkes Blech, das in den in Mod.

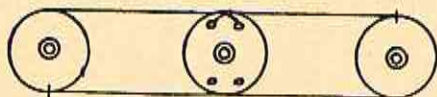


Abb. 17. Seilzug zur Kupplung von Drehkondensatoren.



Abb. 18
Auf die Stahlsait
(Seilzug) aufgelöte-
tes Metallplättchen.

Bogen Fig. 1 gezeichneten Schlitz gleicher Stärke streng hineinpast. Auf dem mittleren Rade mit 2 Schnurlaufrillen wird die Saite durch je 2 in den Rand gebrochene Öffnungen seitlich herausgeführt und unter den Kopf von kleinen Schraubchen gelegt, die in die quer durch die Scheiben gehenden Gewindelöcher passen, vgl. Fig. 2 des Modellbogens. Die Führung der Saite deutet Abb. 19 an. Die Befestigungspunkte müssen bei der Montage der Rädchen auf die Achsen an Stellen zu liegen kommen, von denen sich die Saite bei der Drehung von 180 Grad niemals abhebt, vgl. Abb. 17. Die Saite ist ziemlich straff zu spannen, damit kein toter Gang entsteht. Wenn der Gang der Kondensatoren leicht genug ist, ist ein Dehnen des Seilzuges nicht zu befürchten. Ein solcher einfacher Seilzug hat bei einem Apparat des Verfassers lange Zeit befriedigend gearbeitet.

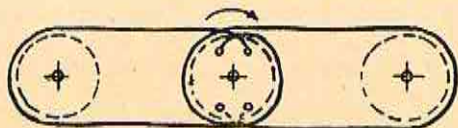


Abb. 19. Seilführung.

Es gibt auch im Handel gekuppelte Transformator in Sähen zu 2 und 3, die sehr gut arbeiten. Diese Systeme benutzen ein

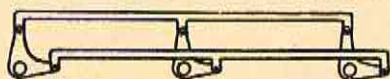


Abb. 20. Parallelantrieb für gekuppelte Drehkondensatoren

Parallelgestänge nach der Abb. 20. Dieses greift an Winkelhebeln an, die auf den Achsen der Drehkondensatoren sitzen. Der tote Punkt tritt niemals bei beiden Führungsstangen zugleich ein, so daß ein zuverlässiger Gang des Sazes gewährleistet ist. Die Kondensatoren werden dadurch elektrisch unabhängig voneinander gehalten, daß entweder in die Schienen Isolierstücke eingesetzt werden oder die Winkelhebel aus Isoliermaterial bestehen oder auf ähnliche Art. Durch Verwendung geeigneten Metalls ist dafür gesorgt, daß sich die Gelenke nicht ausreiben, wodurch toter Gang entstehen würde. Solche handelsüblichen Sähe sind bereits sehr preiswert zu haben, so daß der be-

queme Bastler der Schwierigkeit der Selbstherstellung überhoben ist. Die Abb. 21 zeigt gekuppelte Kondensatorsätze des Handels der Firmen Jörg, München und Braun, Frankfurt a. M.

In der Regel wird aus Symmetriegründen von dreien der mittlere Kondensator von außen angetrieben, während die beiden äußeren zwangsläufig folgen. Vom elektrischen Standpunkt aus wäre es richtiger, stets den dritten Kondensator von außen anzutreiben und den ersten und zweiten zwangsläufig folgen zu lassen. Das hat seinen Grund darin, daß auf diese Weise die Ungleichheiten in der Kapazität bequemer korrigiert werden können. Zumal, wenn diese Korrekturen auch dazu dienen sollen, etwaige Unstimmigkeiten in den Spulen aus-

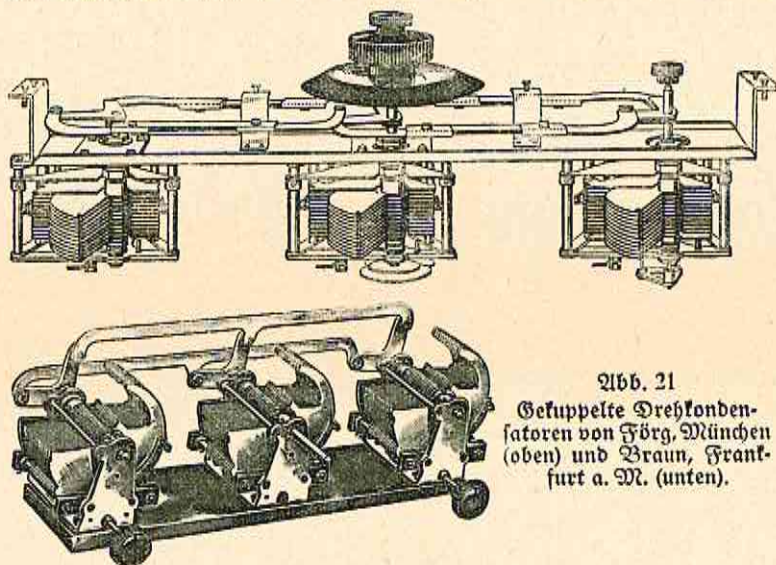


Abb. 21
Gekuppelte Drehkonden-
satoren von Jörg, München
(oben) und Braun, Frank-
furt a. M. (unten).

zugleichen. Eine Station wird beim Durchdrehen des Kondensators stets immer dann hörbar werden, wenn der letzte Kondensator die Stellung einnimmt, bei der der letzte Kreis auf die zu empfangende Welle genau abgestimmt ist. Die Korrekturen auf größte Lautstärke müssen beim zweiten und ersten Kondensator erfolgen. Die handelsüblichen gekuppelten Sätze sind jedoch meist so eingerichtet, daß der mittlere Kondensator angetrieben wird und nicht mehr von außen korrigierbar ist. Die Korrekturen werden am ersten und dritten Kondensator vorgenommen. In der Praxis zeigt sich aber, daß man auch auf diese Weise ganz leicht zum Ziele kommt, so daß die Wahrung der äußeren Symmetrie dem Empfänger nicht zum Schaden gereicht. Man kann natürlich auch den mittleren Kondensator an den Gitter

kreis des Audions legen und den dritten an den zweiten Hochfrequenzkreis und ist dann auf alle Fälle etwaigen Schwierigkeiten aus dem Wege gegangen. Die etwas längeren Leitungen verschlechtern den Empfänger nicht, wenn sie entsprechend verlegt sind.

Bei den handelsüblichen gekuppelten Kondensatoren werden die Korrekturen in der Regel durch Ausgleichsplatten bewerkstelligt, die eine Kapazitätsänderung von etwa 30 cm bei einem 500-cm-Kondensator ermöglichen. Diese Ausgleichplatte besitzt auch der nicht zu korrigierende, also meist der mittlere Kondensator, nur daß sie ein für allemal so eingestellt wird, daß die Kapazität des Kondensators um ungefähr die Hälfte des Betrages zunimmt, um den die anderen beiden Kondensatoren verändert werden können. Diese Stellung ist beim ersten Empfangsversuch leicht zu finden.

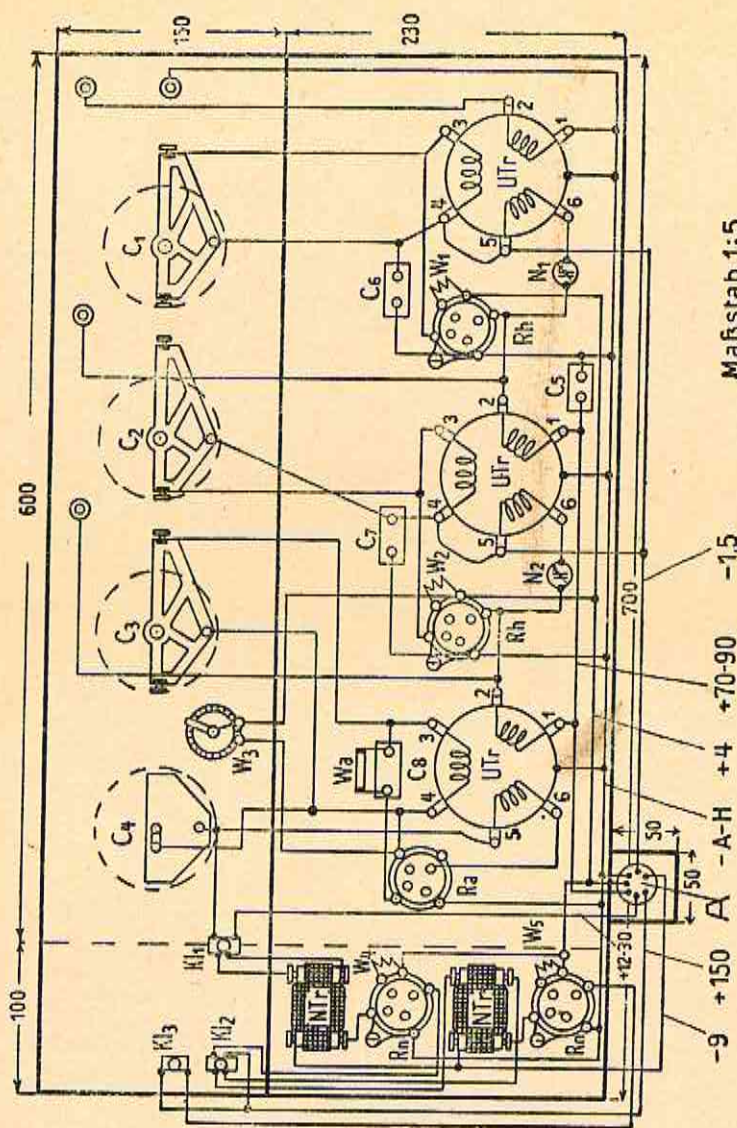
Bei Kondensatorensähen mit selbstgefertigter Kupplung oder bei solchen käuflichen Sähen, die keine Korrekturmöglichkeit besitzen, muß man jedem Kondensator einen kleinen veränderlichen Kondensator parallel schalten. Man bringt zu diesem Zwecke in unmittelbarer Nähe jedes Kondensators einen Neutro-Kondensator, Maximalwert meistens 30 oder höchstens 50 cm, an. Der eine Ausgleichskondensator, am besten der dritte, wird auf einen mittleren Wert eingestellt und unverändert gelassen. Die anderen dienen zur Korrektur der Kapazitätswerte im ersten und zweiten Kreis. Wenn die Spulen genau aufeinander abgeglichen sind, ist überhaupt nur eine einmalige Abgleichung der Kondensatoren auf eine Station, die etwa in der Mitte der Skala liegt, erforderlich. Andernfalls ist bei jeder Station, die hörbar wird, durch Betätigung der Korrektionskondensatoren auf größte Lautstärke einzustellen.

Der Fortschritt bei derartigen Anordnungen liegt darin, daß man beim bloßen Durchdrehen der Kondensatoren durch die Betätigung eines einzigen Knopfes die gesuchten Stationen auf alle Fälle hört, so daß es ein Leichtes ist, durch Nachstellen an den Ausgleichskondensatoren die höchste Leistung hervorzurufen. Da sich beim Regulieren der Ausgleichskondensatoren die Gesamtkapazität nur um ein geringes ändert, ist die Einstellung durchaus nicht kritisch und daher viel leichter als die Einstellung dreier getrennter Kondensatoren. Ein Gerät, das mit dieser Art Einknopfbedienung ausgerüstet ist, kann wirklich von jedermann bedient werden, während die Bedienung dreier getrennter Kreise doch immerhin noch einige Geschicklichkeit erfordert, die nur durch Übung erworben werden kann.

4. Geschirmte Neutrodyne-Empfänger.

a) nach Leithäuser-Heinze, b) nach Roberts.

Für die Ausföhrung mit gekuppelten Drehkondensatoren und abgeglichenen Hochfrequenz-Transformatoren eignen sich gut die



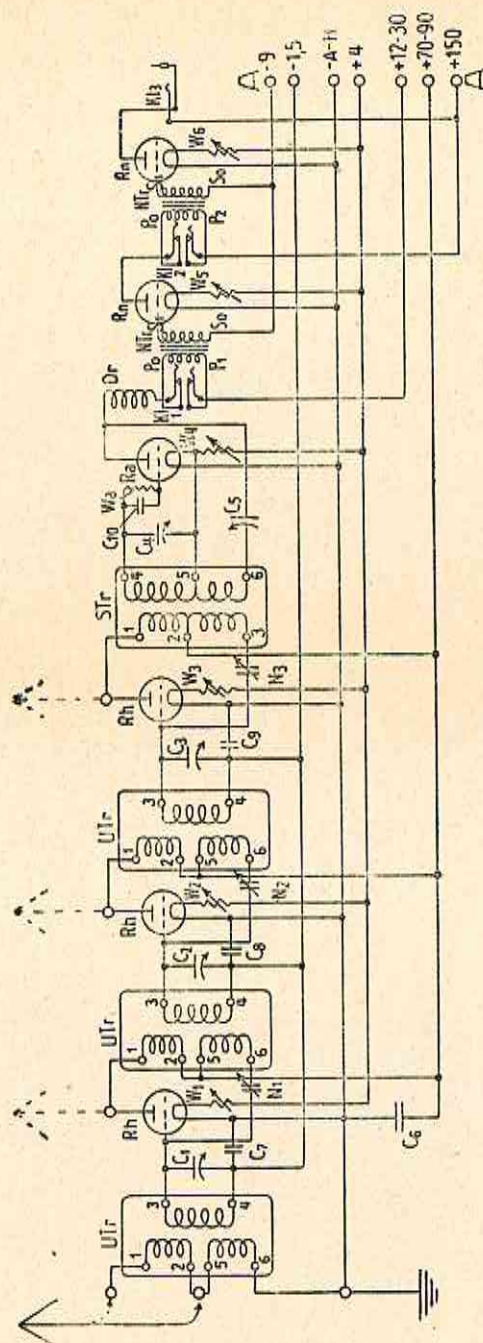


Abb. 24. Neutrodyne-Empfänger nach Roberts (Solodyne). STTr Solodyntransformator. Die übrigen Bezeichnungen gelten
hingemäß wie für Abb. 22.

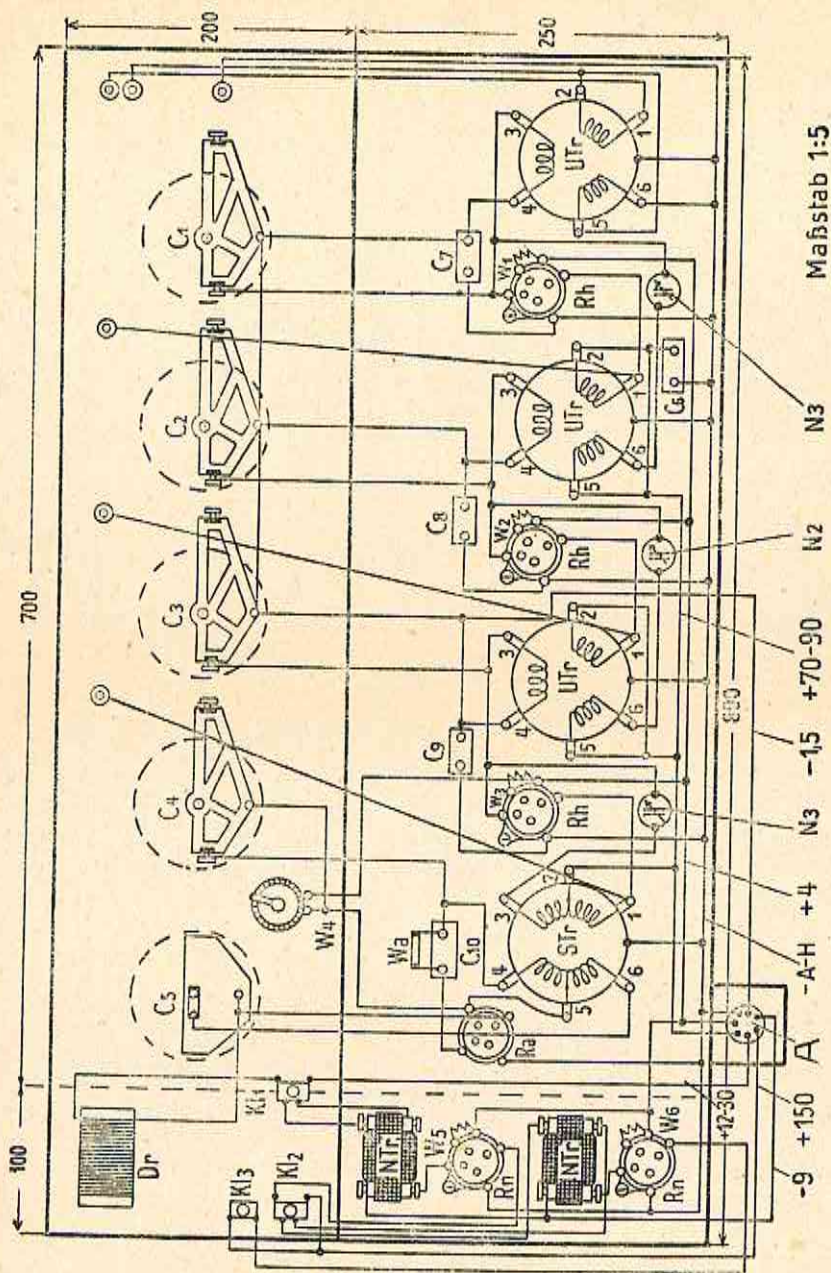


Abb. 25. Montageplan für den Solodyne-Empfänger nach Abb. 24 (natürl. Größe siehe Modellbogen Fig. 4).

Neutrodyne-Schaltungen nach Leithäuser-Heinze und nach Roberts. Die von Roberts angegebene Schaltung liegt auch dem sehr bekannt gewordenen Solodyne-Empfänger zugrunde. Beide erwähnten Schaltungen haben sich hervorragend bewährt. Man kann nicht sagen, daß sie in irgendeinem Punkte nicht befriedigen. Nach beiden Schaltungen ist vollkommene Neutralisation der Kreise möglich, was bei anderen Arten von Neutrodyne-Schaltungen nicht immer behauptet werden kann.

Die nach beiden Schaltungen gebauten Empfänger können als Universal-Geräte angesprochen werden, da sie jede nur mögliche Kombination in bezug auf Stufenzahl und -art gestatten. Dies hat seinen Grund in dem durchaus gleichartigen Aufbau der einzelnen Stufen. Hoch- und Niederfrequenz-Stufen sind abschaltbar ohne umständlichen Schaltmechanismus. Die Hochfrequenzstufen werden durch Umstecken der Antenne zu- oder abgeschaltet, die Niederfrequenzstufen durch Umstecken des Kopfhörers bzw. Lautsprecheranschlusses. Die Anwendung von Klinkenschaltern nebst den entsprechenden Steckern, wie bereits in Band 98 beschrieben, kann gelegentlichst empfohlen werden. Man kann sogar abweichend von der Darstellung in Abb. 22 und 24 Klinkenschalter verwenden, die auch der Abschaltung der Heizung dienen. Die Schaltung zeigt Abbildung 26.

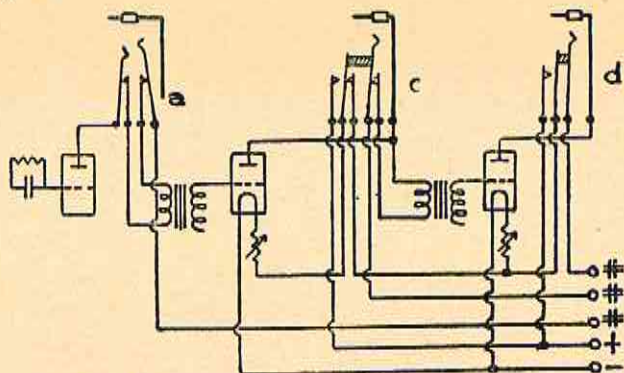
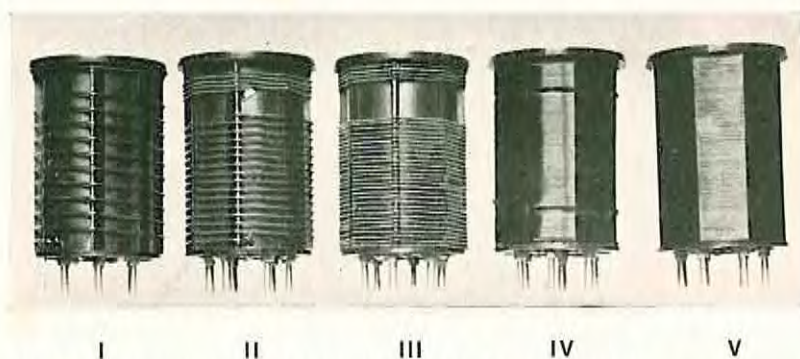


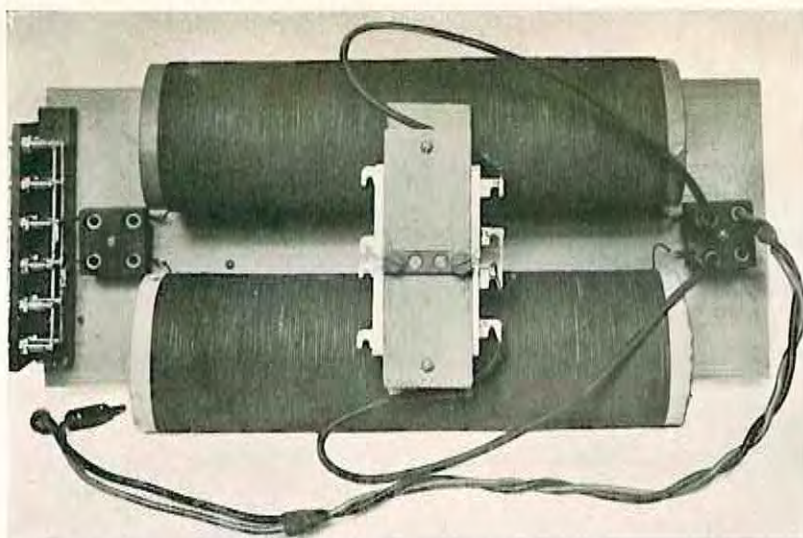
Abb. 26. Abschaltung der Heizung mittels Klinkenschalter.

Beide Geräte werden mit Rückkopplung gebaut, da ohne diese die Leistungsfähigkeit eines Empfängers stark herabgesetzt ist. Die Rückkopplung wird im Interesse eines reinen und von atmosphärischen Störungen möglichst unbeeinflussten Empfanges immer nur in dem Maße benutzt, wie sie zur Erzielung einer ausreichenden Lautstärke notwendig ist. Auch die Rückkopplungsart ist an sich gleichgültig.



a) **SPULEN** auf verlustarmen Körpern („Braun, Okto“).

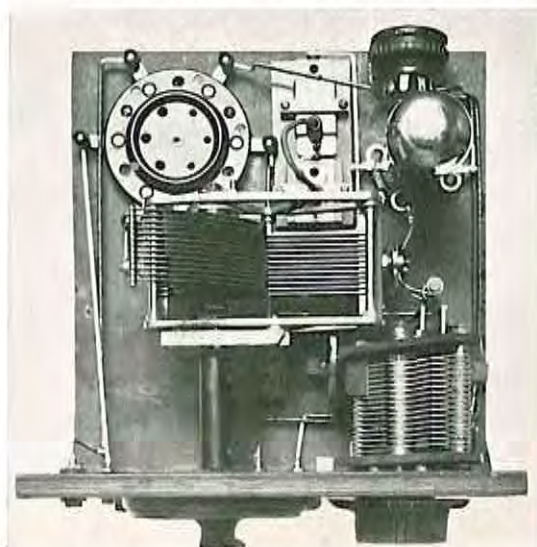
I 12—25 m, II 20—50 m, III 40—140 m, IV 220—700 m, V 600—1900 m



b) Anordnung des

DROSSEL-KONDENSATOR-AGGREGATES

II.



a



b

Der fertige **KURZWELLENEMPFÄNGER**

a) von oben

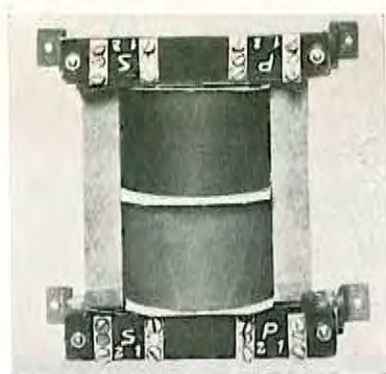
b) von vorn

c) (Tafel IV) von hinten.

III.



c

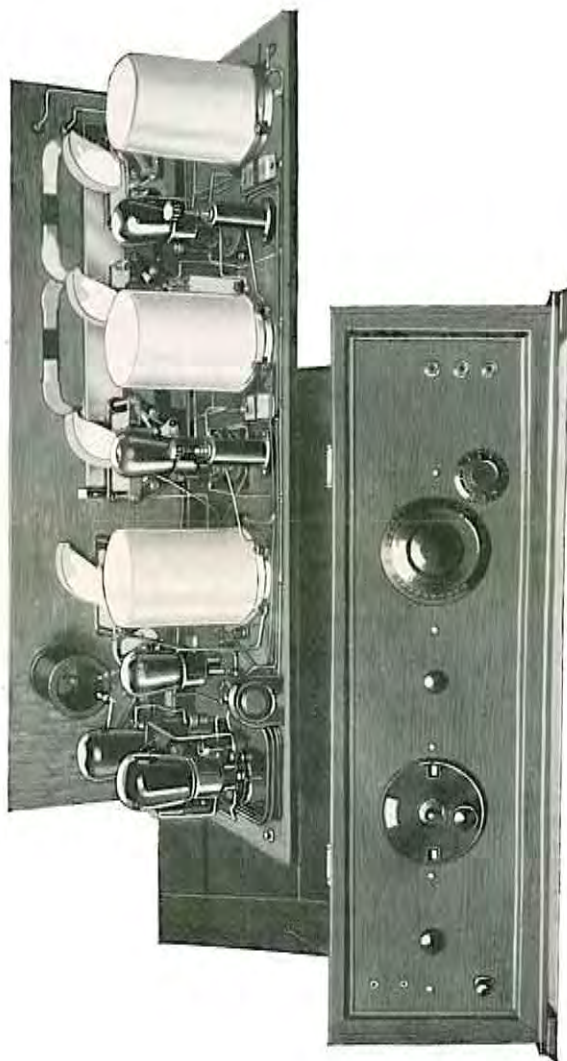


Ein Transformator für

LADE- UND NETZANSCHLUSSZWECKE.

IV.

V.



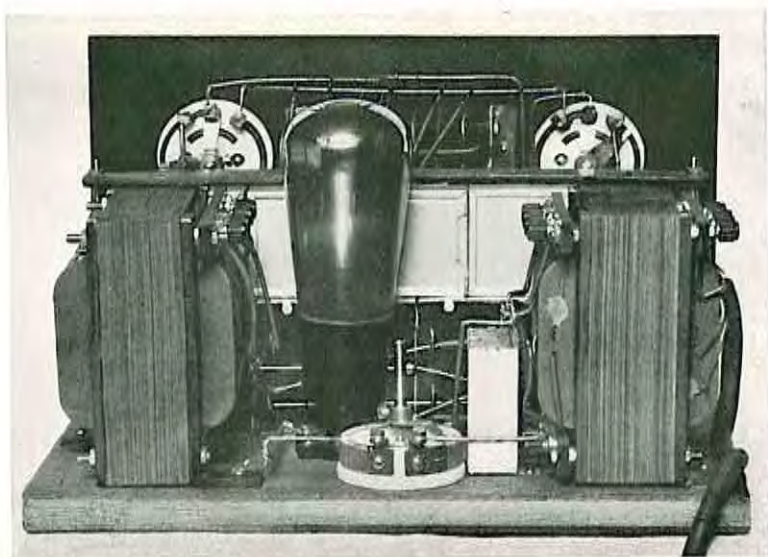
5-RÖHREN-SOLODYNE-EMPFÄNGER
von aussen und innen



Ausgeführter betriebssicherer

TANTALVOLLWEG-GLEICHRICHTER

VI.



a



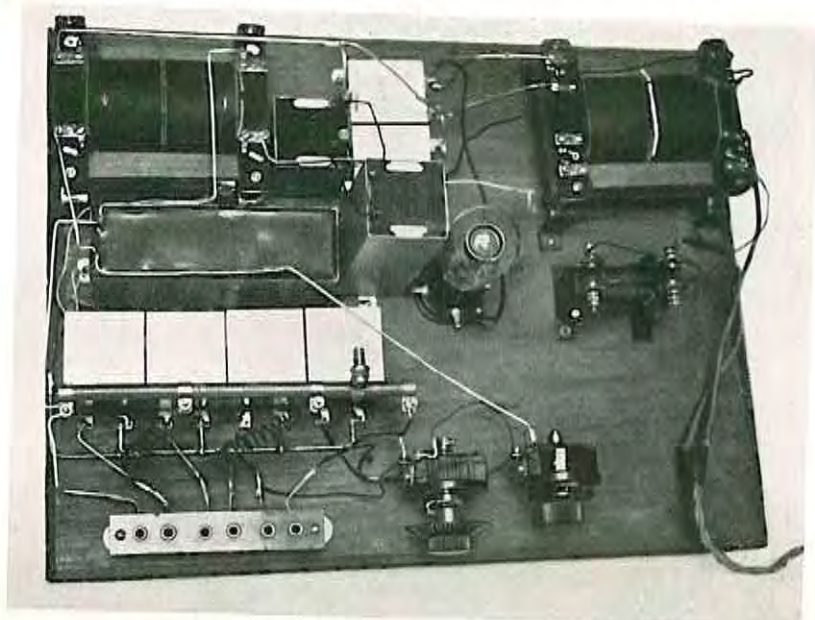
b

Ansicht eines fertig zusammen- und eingebauten
NETZANSCHLUSSGERÄTES

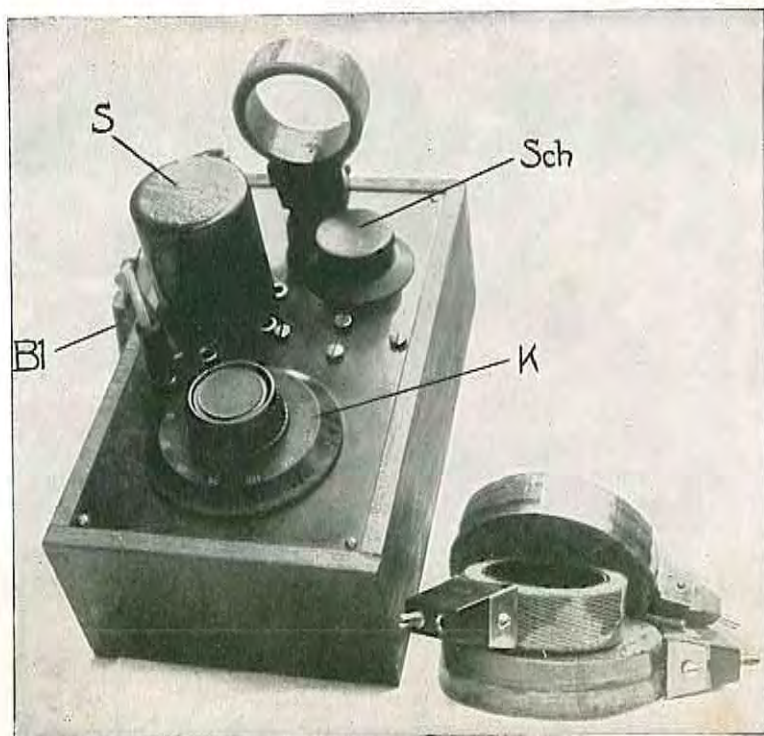
a) von innen

b) von aussen

VII

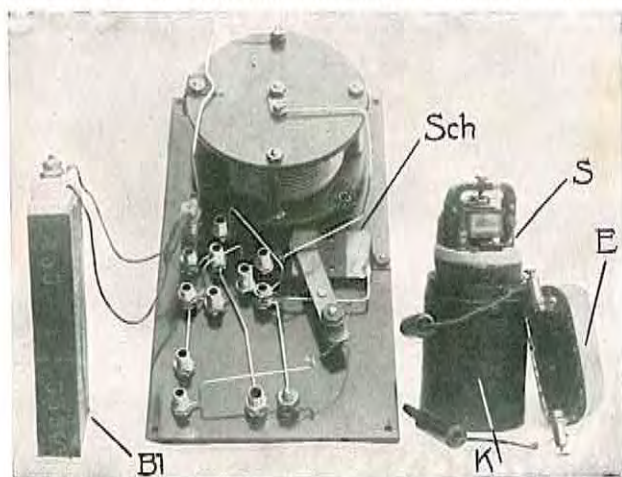


Offen aufgebautes **NETZANSCHLUSSGERÄT**



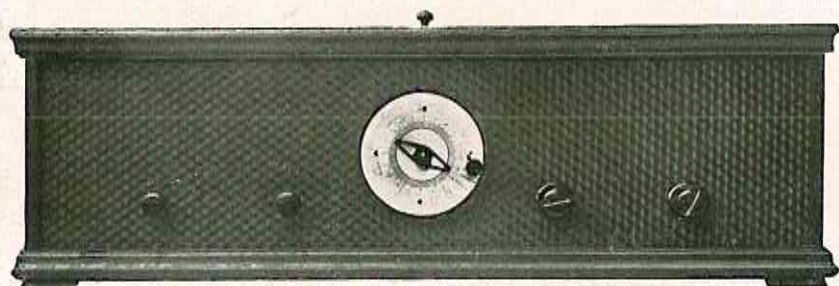
Aussenansicht des Wellenmessers.

S-Summer, Sch-Schalter, K-Drehkondensator mit Skale, Bl-Taschenlampenbatterie



IX.

Die aus dem Gehäuse herausgehobene und umgelegte Deckplatte.
K-Summerkappe, S-Summer, E-Taschenlampenbatterie,
Bl-Block-Kondensator.



5-RÖHREN-NETZANSCHLUSS-EMPFÄNGER (SOLODYNE)
 OBEN: Innenansicht
 UNTEN: Außenansicht

X

Da aber der Kopplungsgrad zwischen den Spulen bei den für Einknopfbedienung erforderlichen festen Hochfrequenztransformatoren nicht geändert werden kann, bleibt nur die Einstellung durch einen Drehkondensator übrig. Es wird also induktive Rückkopplung angewandt, deren Intensität durch einen Drehkondensator geregelt wird, wie es bei den Rückkopplungsmethoden von Leithäuser oder einer ebenfalls viel benutzten Methode nach Angabe des Verfassers der Fall ist.

In Abb. 22 ist diese letzte Rückkopplungsart eingezeichnet. Die Leithäuser'sche Rückkopplung zeigt Abb. 27. Auch in Abb. 23 ist Rückkopplung nach Leithäuser angewandt.

Bei der Leithäuser'schen Rückkopplung werden sofort an der Anode Hoch- und Niederfrequenzwege geschieden. Die Hochfrequenz fließt über einen Drehkondensator und die Rückkopplungsspule zur Kathode, während die Niederfrequenz und der Gleichstrom über eine Hochfrequenzdrossel Dr fließen und über den Kopfhörer bzw. Transformator, da der

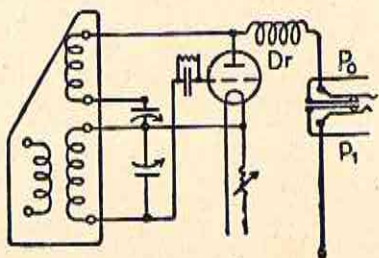


Abb. 27.
Leithäuser'sche Rückkoppelung.

über den Hochfrequenzkreis versperren. Bei der Methode des Verfassers werden Hoch- und Niederfrequenz erst geschieden, wenn sie beide die Rückkopplungsspule durchflossen haben. In Abb. 22 fließt die Hochfrequenz nach dem Durchfließen der Rückkopplungsspule über C_1 ab, da sie hier den geringeren Widerstand findet und wird durch die Variation von C_1 in ihrer Stärke und somit in ihrer Wirksamkeit auf die Gitterkreis-spule geregelt. Niederfrequenz und Gleichstrom gehen ebenfalls durch die Rückkopplungsspule und dann über Telephon bzw. Transformator. Die Einschaltung einer Drossel vor dem Telephon ist meist nicht nötig, zum mindesten aber kann sie klein sein und braucht nicht sehr sorgfältig hergestellt zu sein. Bei der Leithäuser'schen Rückkopplung kommt es auf die Güte der Hochfrequenzdrossel sehr an, da die Gefahr besteht, daß ein Teil der Hochfrequenzenergie über eine schlechte Drossel abfließt und für die Rückkopplung verloren geht. Es ist dann nicht immer zu erreichen, daß beim Drehen des Rückkopplungskondensators die Schwingung einsetzt. Bei der Methode des Verfassers muß die Hochfrequenzenergie zunächst über die Rückkopplungsspule fließen. Wenn nun ein geringerer Teil statt über den Regel-Kondensator über den Nebenweg abfließt, so ist dies nicht von Schaden, sofern nicht der Hochfrequenzwiderstand dieses Nebenweges über Telephon oder Niederfrequenztransformator

aus irgendeinem Grunde zu klein wird. Dies würde sich dadurch zeigen, daß das Gerät fast immer im Schwingzustande ist und der Regelkondensator kaum einen Einfluß hat. In diesem Falle müßte eine kleine Drossel in die Verbindungsleitung zwischen C₄ und dem Klinkenschalter in Abb. 22 eingefügt werden. Während nun im Wellenbereich des Rundfunks die erwähnten Unterschiede, abgesehen von der Einfachheit, ohne besonderen Belang sind, fallen sie wohl ins Gewicht bei Wellen unter 100 m, wo an die Güte der Drossel bei Anwendung der Leithäuser'schen Schaltung hohe Anforderungen zu stellen sind, wenn wirklich eine leichte und einwandfreie Regelung der Rückkopplung erzielt werden soll (Telephonieempfang).

Infolge der Gleichartigkeit aller Stufen ist es möglich, einen Empfänger sowohl nach Abb. 22 und 23 als auch nach Abb. 24 und 25 zunächst mit ein oder zwei Stufen zu bauen und später allmählich zu ergänzen, bis die vorgesehene Stufenzahl erreicht ist. Mit 2 Hochfrequenzstufen, Audion und 2 Niederfrequenzstufen dürfte, wenigstens bei Benutzung einer offenen Antenne, und sei es auch einer Behelfsantenne, die für alle Fälle nötige Empfindlichkeit erreicht sein. Die in Abb. 24 und 25 beispielsweise gezeichneten 6 Stufen sind nur anzuraten, wenn das Gerät auch am Rahmen Gutes leisten soll. Wenn von vornherein weniger Stufen verwendet werden sollen, so können die zwischen den punktierten Linien in Abb. 22 und 24 eingeschlossenen Schaltelemente weggelassen werden. Wenn nur eine Niederfrequenzstufe angewandt werden soll, so wird die erste Stufe in Abb. 22 und 24 weggelassen. Die Klemme S₁ des ersten Niederfrequenztransformators führt dann zum Gitter der hier als zweite gezeichneten Niederfrequenzröhre, während sonst keine Änderung in der Schaltung eintritt. Die zu den Abb. 22 und 24 gehörenden Montagepläne zeigen die Abb. 23 und 25 im Maßstab 1 : 5. Auf Mod. Vg. Fig. 3 und 4 sind die Montagepläne für Empfänger nach Leithäuser-Heintze und Roberts mit je 5 Röhren in natürlicher Größe gezeichnet. Diese Anordnung wird für alle handelsüblichen Einzelteile oder auch die selbsthergestellten eingehalten werden können. Oberster Grundsatz ist, für die Hochfrequenzstufen und das Audion, also den eigentlichen Hochfrequenzteil des Empfängers, möglichst viel Platz zu gewinnen, während der Niederfrequenzverstärker gedrängt zusammengebaut werden kann, zumal wenn die Niederfrequenztransformatoren, wie dies sehr meist der Fall ist, gelapfelt sind.

Die Montage erfolgt vorteilhaft auf einem Winkelbrett, das in Abb. 28 von der Seite gesehen dargestellt ist. Wenn Wert darauf gelegt wird, daß alle Leitungen verdeckt geführt sind, so ist die Anordnung des Paneels nach Abb. 29 zu empfehlen. Drehkondensatoren, Heizwiderstand für das Audion, Klinkenschalter und Anschlüsse für Antenne und Erde kommen auf die Vorderwand des Paneels, wäh-

rend alle übrigen Teile, die für die Bedienung nicht zugänglich zu sein brauchen, auf die Grundplatte kommen. Dabei ist zu beachten, daß alle Schaltelemente und Leitungen, die Hochfrequenzspannung führen und somit gegen die Annäherung der Hand empfindlich sind, weitab von der Vorderplatte angeordnet werden. Die Spulen sind gegen die Annäherung der Hand unempfindlich, wenn sie geschirmt sind und die Schirmung geerdet ist. Die Erdung erfolgt, sofern keine besonderen Anschlüsse vorhanden sind, durch Unterflemmen eines Stüchchens



Abb. 28. Winkelbrett für einfachen Schaltungsaufbau.

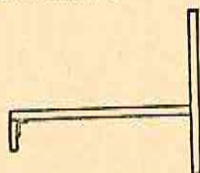


Abb. 29. Winkelbrett für verdeckte Leitungsführung.

dünnen Kupfer- oder Messingblech oder eines plattgeschlagenen blanken Kupferdrahts. Bei der Anordnung nach Abb. 29 kommen alle Teile, die nicht jederzeit erreichbar oder auswechselbar sein müssen, sowie sämtliche Leitungen unter die Grundplatte. Im Raume über der Grundplatte befinden sich nur die auswechselbaren Hochfrequenztransformatoren, die Drehknöpfe der Heizwiderstände für Hoch- und Niederfrequenzstufen, die Einstellknöpfe für die Neutrodome, die Röhrenfassungen und Drehkondensatoren. Die Klinkenschalter können auch abweichend von der hier gewählten Darstellung in einer Reihe neben- oder untereinander angeordnet werden. Das Paneel wird nach Fertigstellung des Aufbaues und der Schaltung in ein dazu passendes Gehäuse geschoben, das einen aufklappbaren Deckel besitzt. Einen auf diese Weise gebauten fertigen Empfänger zeigt Tafel V.

Für den Aufbau von mehrstufigen Empfängern hat die Industrie erfreulicherweise Teile geschaffen, die durch zweckentsprechende Kombination und Anordnung den Raumbedarf stark herabsetzen. So eignen sich für den Einbau in die beschriebenen Empfänger sehr gut Röhrenfassungen, die den Heizwiderstand gleich enthalten. Solch eine moderne Röhrenfassung (Fabrikat Max Braun, Frankfurt a. M.) zeigt die Abb. 30. Diese Heizwiderstände werden einmal bei der ersten Inbetriebnahme des Geräts eingestellt und unverändert stehen gelassen. Für die Hoch- und Niederfrequenzstufen können ungefederte Fassungen dieser Art verwendet werden, während die Audionfassung gefedert sein soll. Es ist ganz bequem, einen Audionheizwiderstand an der Vorderplatte zu haben, so daß für die Audionröhre nur eine gewöhnliche federnde Fassung in Frage kommt. Da

aber auch eine Regulierung der Audionheizung verhältnismäßig selten notwendig ist, ist es auch nicht nachteilig, für das Audion eine federnde Fassung mit Heizwiderstand zu verwenden und dafür den Heizwiderstand auf der Vorderplatte wegzulassen.

Die lange übliche Art des Batterieanschlusses an den Empfänger birgt gewisse Gefahren in sich. Wenn nicht vor Abschalten des Empfängers von den Batterieleitungen die Kontakte an den Batterien selbst abgelegt werden, kann leicht Kurzschluß entstehen, der, abgesehen von der Brandgefahr, zur Zerstörung der Batterien führt. Diese Gefahr besteht, wenn auch in etwas vermindertem Maße, selbst dann, wenn für den Anschluß eine sogenannte Kontaktleiste verwendet wird, bei der eine Anzahl Steder in den erforderlichen

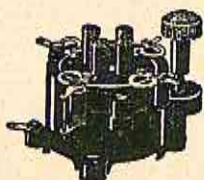


Abb. 30
Röhrenfassung mit
Heizwiderstand.

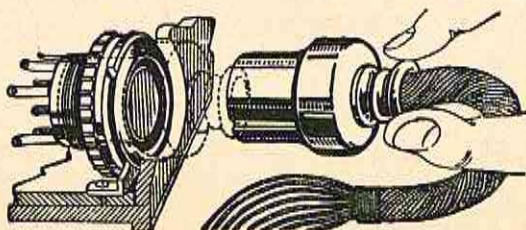


Abb. 31
Praktischer und kurzschlußsicherer Batterieanschluß.

Abständen angeordnet sind. Der einzig richtige Batterieanschluß für Empfangsgeräte hat nach Art der Starkstromanschlüsse zu erfolgen. Spannung führende Teile dürfen nicht blank liegen. Nach dem Vorschlage des Verfassers wird ein derartiger Batterieanschluß hergestellt. Die mit den Batterien in Verbindung stehenden Kontaktfedern sind gegen Kurzschluß unbedingt geschützt, da sie tief in der Höhlung des Steders liegen. Ein falsches Einsteden des Steders wird durch eine vorgesehene Führung verhindert. Es sind 7 Kontakte vorhanden, die selbst für die kompliziertesten Schaltungen genügen dürften. Zum Anlöten der Lötenden an die Kontaktfedern wird die obere Kappe des Anschlußsteders abgeschraubt. Die Befestigung des ganzen Batterieanschlusses geschieht durch einen Gewindering. Die Anschlüsse sind numeriert, so daß Verwechslungen so leicht nicht vorkommen können. Ein solcher Batterieanschluß (Fabrikat Braun, Frankfurt a. M.) ist in Abb. 31 dargestellt. Jedoch sind bereits verschiedene Ausführungen solcher Anschlüsse im Handel. Durch das Abziehen dieses Anschlußsteders vom Gerät werden alle Spannungen abgeschaltet. Wenn ein solcher Anschlußsteder nicht benutzt wird, empfiehlt sich der Einbau eines Ausschalters in die negative Heizleitung. Abb. 32 zeigt Ausschalter mit und ohne Widerstand. Es läßt

sich schwerlich sagen, ob das plötzliche Ein- und Ausschalten der Röhrenheizungen für den Heizfaden schädlich ist. Jedenfalls findet eine Überheizung des Fadens im Augenblick des Einschaltens niemals statt, ob das Einschalten nun über einen Widerstand erfolgt oder nicht. Es fragt sich nur, ob der rasche Temperaturanstieg den Heizfäden weniger zuträglich ist als ein normaler. Bei der thermischen Trägheit der Heizfäden der modernen Röhren dürfte diesem Umstande aber gar keine Bedeutung mehr zukommen.

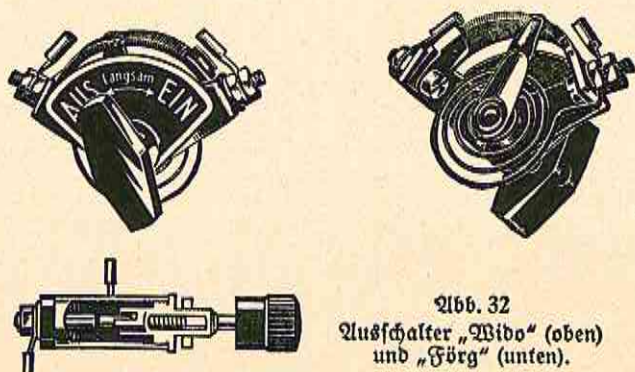


Abb. 32
Ausschalter „Wido“ (oben)
und „Förg“ (unten).

Das Aussehen des fertigen Apparats wird sehr gehoben, wenn die Skalen der Drehkondensatoren und die verschiedenen Buchsen möglichst symmetrisch angeordnet sind. Die Tafel V gibt ein Beispiel hierfür. Es sind gekuppelte Drehkondensatoren angewandt, deren mittlerer durch die Feinstellskala angetrieben wird. Für die Rückkopplung hat eine Feinstellskala wenig Sinn; es ist daher eine normale Skalenscheibe von gleicher Größe verwendet worden. Der kleine Knopf rechts unter dem Rückkopplungskondensator gehört zum Heizwiderstand für das Audion. Dieser kann, wie schon erwähnt, ebenfalls im Innern des Apparats untergebracht werden. Die noch sichtbaren kleinen Knöpfe in der Mittellinie des Apparats sind die Korrekturknöpfe für den ersten und dritten Kondensator. Links unten befindet sich der Ausschalter für den Heizstrom. Darüber sind die Anschlußbuchsen für Antenne und Erde. Die Möglichkeit einer Umschaltung der Antenne auf die zweite und dritte Stufe ist bei diesem Gerät nicht vorhanden. Ganz rechts befinden sich die Klinkenschalter, in die ein besonderer Stecker paßt. Durch Abziehen dieses Steckers wird die Benutzung des Geräts durch Unbefugte unmöglich gemacht. Im aufgeklappten Deckel ist die Eichkurve für den Bereich der Rundfunkwellen befestigt. Wenn an Stelle der gekuppelten Drehkondensatoren Einzelkondensatoren verwendet werden, so sind Feinstellskalen nur für den zweiten und dritten Kon-

densator nötig. Der erste Kondensator und der Rückkopplungskondensator erhalten gewöhnliche Stufen. Auch so ergibt sich ein leidlich symmetrisches Bild.

Abb. 33 zeigt noch eine andere Art des Aufbaues, die sich besonders bei Verwendung von nur 4 Röhren, also nur einer Hochfrequenzstufe

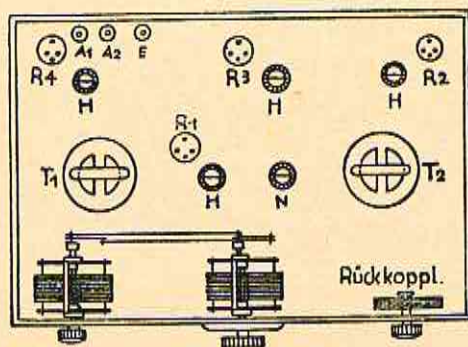


Abb. 33. Anordnung der Teile bei einem 4-Röhren-Solodnyne-Empfänger

vor dem Audion, empfiehlt. Hierbei sind die Hochfrequenztransformatoren so weit auseinandergesetzt (35 cm), daß eine Schirmung nicht unbedingt erforderlich ist. Der Niederfrequenzverstärker liegt hinten statt an der rechten Seite, wodurch eine durchaus gleichmäßige Einteilung der Vorderplatte möglich ist.

Nachfolgende Stücklisten ergeben eine Übersicht über die benötigten Einzelteile.

Stückliste zum Neutrodyne-Empfänger nach Leithäuser-Heinze,
2 HF, A, 2 NF.

UTr	3 normale Hochfrequenztransformatoren
NTr	2 Niederfrequenztransformatoren, 1 : 5 und 1 : 3
C ₁ —C ₃	3 Drehkondensatoren 500 cm bzw. 1 Dreifachdrehkondensator
C ₄	1 Drehkondensator 250 bis 500 cm
C ₅	1 Blockkondensator 1 Mikrofarad
C _{6,7}	2 Blockkondensatoren 2000 cm
C ₈	1 Blockkondensator 300 bis 500 cm
N _{1,2}	2 Neutrokondensatoren (Maximalkapazität zirka 150 cm), kleine Drehkondensatoren
Wa	1 Hochohmwidderstand 1 bis 5 Megohm
Rh	2 Hochfrequenzverstärkerröhren (Durchgriff höchstens 10%)
Ra	1 Audionröhre (Durchgriff zirka 15%)

- Rn 2 Niederfrequenzverstärkerröhren (Durchgriff 15 bis 20%)
(Lautsprechertype)
4 Röhrenfassungen mit Heizwiderstand
1 federnde Röhrenfassung
W₃ 1 Heizwiderstand
Kl_{1,2} 2 Klinkenumschalter } eventuell mit Heizungsabschaltung
Kl₃ 1 Klinkenausshalter }
1 Klinkenfeder
A 1 Batterieanschluß
4 Klemmen oder Buchsen (4 mm)
eventuell 1 Ausshalter für den Heizstrom.

Stückliste zum Roberts-Empfänger (Solodyne),
3 HF, A, 2 NF.

- UTr 3 normale Hochfrequenztransformatoren
STr 1 Solodyne-Hochfrequenztransformator
NTr 2 Niederfrequenztransformatoren, 1 : 5 und 1 : 3
C₁—C₄ 4 Drehkondensatoren 500 cm oder 1 Dreifachkondensator und
1 einzelner Kondensator
C₅ 1 Drehkondensator 250 bis 500 cm
C₆ 1 Blotkondensator 1 Mikrofarad
C₇—C₈ 3 Blotkondensatoren 2000 cm
C₁₀ 1 Blotkondensator 300 bis 500 cm
N₁—N₂ 1 Neutrokondensator (Maximalkapaz. 30 bis 50 cm)
Wa 1 Hochohmwiderstand 1 bis 5 Megohm
Rh 3 Hochfrequenzverstärkerröhren (Durchgriff höchstens 10%)
Ra 1 Audionröhre (Durchgriff zirka 15%)
Rn 2 Niederfrequenzverstärkerröhren (Durchgriff 15 bis 20 %)
(Lautsprechertype)
5 Röhrenfassungen mit Heizwiderstand
1 federnde Röhrenfassung
W₄ 1 Heizwiderstand
Kl_{1,2} 2 Klinkenumschalter } eventuell mit Heizungsabschaltung
Kl₃ 1 Klinkenausshalter }
1 Klinkenfeder
A 1 Batterieanschluß
6 Klemmen oder Buchsen (4 mm)
Dr 1 Drosselspule (eventuell Honigwabenspule von 200 bis 300
Windungen)
eventuell 1 Ausshalter für den Heizstrom.

Soll der Solodyne-Empfänger, wie das für halbwegs normale Empfangsverhältnisse durchaus zu empfehlen ist, nur 5 Stufen erhalten, so entfallen aus der Stückliste

- 1 normaler Hochfrequenztransformator
- 1 Drehkondensator von 500 cm
- 1 Hochfrequenzverstärkerröhre
- die dazu gehörige Fassung mit Heizwiderstand
- der Blotkondensator C_8 von 2000 cm
- 1 Neutrokondensator und eine Buchse (4 mm).

c) Lautsprecherempfang der Kurzwellentelephonie europäischer und außereuropäischer Sender.

Immer mehr tauchen auf den kurzen Wellen, die lange Zeit nur das Betätigungsfeld der Kurzwellenamateure bildeten, auch behördliche Stationen auf. In großer Zahl sind bereits Telegraphiestationen vorhanden, die regelmäßig nach Übersee arbeiten. Aber auch behördliche und private Telephoniestationen mehrten sich, und so erregt der Bereich der kurzen Wellen unter 100 m auch die Aufmerksamkeit derjenigen Funkfreude, die an der Amateurtelegraphie kein Interesse haben.

Die beiden beschriebenen Typen von Neutrodyne-Empfängern (Leithäuser und Roberts) eignen sich beide für den Kurzwellenempfang. Man hat lediglich an Stelle der Langwellenspule eine geeignete Kurzwellenspule, die in gleicher Weise hergestellt wird, einzusetzen. Es geht natürlich nicht an, die kurzen Wellen mit 3 abgestimmten Kreisen zu empfangen. Selbst die Bedienung zweier Abstimmkondensatoren hat noch ihre Schwierigkeiten, geht aber für den noch an, der lediglich Telephonie empfangen will. Für den Amateur-sender kommt aber nur ein Gerät mit einem abgestimmten Kreis in Betracht, da sich die Abstimmung äußerst rasch vollziehen muß und er sich schnell den verschiedensten Anforderungen anpassen muß. Bei den beschriebenen Geräten kann man ja nach Bedarf Stufen abschalten, so daß sich keinerlei Schwierigkeiten für den Kurzwellenempfang ergeben. Die Abstimmung muß viel, viel sorgfältiger vorgenommen werden als beim Empfang der Rundfunkwellen, sonst überdreht man die Station ohne weiteres, zumal wenn 2 Abstimmkreise benutzt werden. Die Abstimmkondensatoren von 500 cm sind für den Empfang der Wellen unter 40 m ja etwas groß. Bei Verwendung einer guten Feinstellung jedoch kommt man sehr gut zurecht. Nur muß man beachten, daß man beim Empfang von Wellen unter 100 m den Abstimmkondensator möglichst nur bis etwa 250 cm und bei Wellen unter 40 m nur bis etwa 125 cm variiert. Die Kapazitätsänderungen pro Grad sind bei einem Frequenz- oder Mittellinienkondensator am Anfang der Drehung ja klein, was die Abstimmung erleichtert. Bei einem Kreislplattenkondensator würde man natürlich viel größere Schwierigkeiten haben. Man kann sich auch helfen, indem man mit dem Abstimmkondensator des Audions noch 2 Blotkonden-

faktoren von 500 und 250 cm, die durch Stecker kurzgeschlossen werden können, in Serie schaltet, wie es in dem weiter unten beschriebenen Kurzwellenempfänger geschehen und in Abb. 34 dargestellt ist. Schließt man beide Kondensatoren kurz, so ist die maximale Kapazität des Abstimmkreises nach wie vor 500 cm. Schließt man nur den Kondensator von 250 cm kurz, so beträgt die resultierende Maximalkapazität 250 cm. Bei Wegnahme der Brücke überhaupt, wenn also beide Kondensatoren eingeschaltet sind, beträgt die gesamte regelbare Kapazität 125 cm.

Die Kurzwellenspule ist sowohl für den Leithäuser- wie den Roberts-Empfänger nach dem Muster der Spule für den Rundfunkbereich herzustellen. Die wichtigsten sind die Spulen für die Bereiche von etwa 12 bis 25 m (I) und etwa 20 bis 50 m (II). Aber auch mit einer Spule für den Bereich von 45 bis 140 m (III) ist gelegentlich Telephonie zu hören. Die Wellenbereiche gelten für eine Abstimmkapazität von maximal 125 cm bei I, 250 cm bei II und 500 cm bei III. Die Spule I bekommt 10 Windungen blanken Kupferdrahtes von 0,8 mm Dicke mit einem Windungsabstand von 6 mm. Vorausgesetzt ist hierbei der verlustarme Spulentkörper „Braun-Otto“, der hier besonders zu empfehlen ist. Wenn jedoch ein runder Spulentkörper ohne Rippen vom gleichen Durchmesser (5 cm) benutzt werden soll, wie für die Spulen des Rundfunkbereichs, so ist isolierter Draht zu empfehlen. Die Spule wird in der Mitte unterbrochen. Die Durchführungslöcher befinden sich also in Abständen von 3 cm. Möglichst nahe am oberen Rande des Spulentkörpers, also zirka 10 mm vom oberen Rande der Gitterspule entfernt, befinden sich 1 oder 2 Windungen dünnen isolierten Drahtes als Antennenspule. Die Verbindungen der Spulenden mit den Stiften sind in der gleichen Weise auszuführen wie bei den Rundfunkspulen, also in der Reihenfolge von oben nach unten für den Normaltransformator:

- | | |
|---------------------|--------------------|
| Antennenspule: | oberes Ende an 1 |
| | unteres Ende an 2 |
| Gitterkreisspule: | oberes Ende an 3 |
| | unteres Ende an 4 |
| Rückkopplungsspule: | oberes Ende an 5 |
| | unteres Ende an 6. |

Beim Solodynnetransformator braucht die Wicklung von 10 Windungen nicht unterbrochen zu werden. Es wird lediglich in der Mitte eine Anzapfung vorgesehen. Die Anschlüsse sind dann von oben nach unten:

- | | |
|----------------|--------------------|
| Antennenspule: | oberes Ende an 1 |
| | unteres Ende an 2 |
| Hauptwicklung: | oberes Ende an 4 |
| | Anzapfung an 5 |
| | unteres Ende an 6. |

Hierbei fehlt also die sonst bei der Solodynespule vorgesehene vierte Windung, weil für den Empfang nur mit Audion und nachfolgenden Verstärkerstufen Neutralisation nicht in Betracht kommt. Wird diese aber gewünscht bei Anwendung einer Hochfrequenzstufe, so muß die Neutralisationswindung ebenfalls aufgebracht werden. Es empfiehlt sich dann, einen Pappzylinder einzustechen, wie bei der Solodynespule für den Rundfunkbereich und je 1 bis 2 Windungen in gleichem Sinne am oberen und unteren Ende des Pappzylinders aufzubringen, die Hauptwindung aber genau in der Mitte des äußeren Zylinders anzuordnen. Für die Hochfrequenzstufe besteht der Hochfrequenztransformator nur aus 1 oder 2 Antennenwindungen und einer Hauptwindung von lediglich 5 Windungen im Windungsabstand von 6 mm, die bei 3 und 4 anzuschließen ist. Hierbei würden 5 und 6 freibleiben.

Bei der Spule II hat die Hauptwindung 15 Windungen im Abstand von etwa $3\frac{1}{2}$ mm, so daß die Befestigungslöcher für die Spulenden 5 cm Abstand haben; Unterbrechung bzw. Anzapfung genau in der Mitte bei $7\frac{1}{2}$ Windungen, Verbindungen wie oben. Die Antennenspule besteht aus 2 bis 3 Windungen in 10 bis 15 mm Abstand von der Hauptwindung. Die Windung für Empfang mit Hochfrequenzstufe und Audion ist in derselben Weise wie oben geschildert aufzubringen.

Spule III wird wegen des geringen Windungsabstandes ganz aus isoliertem Draht, eventuell Emaille, oder aus umspinnener Hochfrequenzlitze gewickelt, Stärke 0,5 bis 0,6 mm. Auf eine Spulenlänge von wiederum 5 cm werden 28 Windungen verteilt Unterbrechung bzw. Anzapfung wiederum in der Mitte. Antennenspule 3 bis 4 Windungen in 10 bis 15 mm Abstand von der Hauptwindung.

Tafel II, Bild a (I, II, III) zeigt die Kurzwellenspulen auf Braun-Oktos. Sie haben sich in elektrischer Hinsicht so gut bewährt wie die freitragenden Spulen und haben diesen unbedingte Festigkeit voraus. Es sei allerdings empfohlen, die Windungen längs der Leisten mit dünnflüssigem Zelluloidfitt (Zelluloid/Azetol) festzulegen.

Die von den deutschen Amateuren wohl meist benutzte Schaltung für kurze Wellen ist das Rückkopplungsaudion nach Angabe des Verfassers, wie es auch in Abb 22 angewandt ist. Jedoch läßt sich auch die Leithäuser-Schaltung nach Abb 24 und 27 mit Erfolg verwenden. Für den nachfolgend beschriebenen Spezialkurzwellenempfänger kann aus den in Kapitel A, 4a und b, schon genannten Gründen das vom Verfasser angegebene Rückkopplungsaudion, wie es in Abb. 34 nochmals gezeichnet ist, empfohlen werden. Der Bau eines gesonderten Kurzwellenempfängers kommt besonders für den Kurzwellenamateurland in Betracht, der im Sinne des Deutschen Amateurlandendienstes arbeitet, unbedingt aber für den Amateurland, der ein einfaches und schnelles

zu bedienendes Gerät im Wechselverkehr unbedingt braucht. Cz sind die Zusatzkondensatoren von 500 und 250 cm zu dem Abstimmkondensator Ca von maximal 500 cm. Die Maximalkapazität kann also nach Bedarf herabgesetzt werden. Für den Empfang höherer Wellen, also auch Rundfunkwellen, ist die Größe von 500 cm für Ca erwünscht, um einen größeren Wellenbereich bestreichen zu können. Für Cr kann ebenfalls ein variabler Kondensator verwendet werden, tunlichst ein Kreislplattenkondensator von 500 cm. Der Blockkondensator mit Ableitwiderstand vor dem Gitter hat die übliche Größe. Das Verhältnis zwischen Kapazität und Widerstand ist so zu wählen, daß der Schwingungseinsatz bei einer Anodenspannung von 20 bis 50 Volt weich ist. Hiervon hängt gerade für den Telephonieempfang

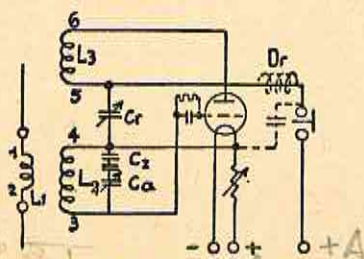


Abb. 34. Schaltung eines Rückkopplungsaudions nach Angabe des Verfassers für den Kurzwellenempfang.

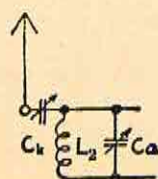


Abb. 35. Kapazitive Antennenkopplung der Antenne.

alles ab. Die Empfindlichkeit des Geräts wird dadurch bestimmt. Die Drossel Dr ist nicht unbedingt erforderlich. Jedoch verhindert sie eine manchmal auftretende Kapazitätsempfindlichkeit des Kopfhörers und der Anschlußsnüre. Hiergegen zeigt sich wirksam auch das Einschalten eines Blockkondensators von 2000 bis 5000 cm, strichliert angegeben. Jedoch darf dieser Block nur eingeschaltet werden, wenn die Drossel vorhanden ist. Eine gute Drossel für diesen Zweck hat etwa 100 Windungen aus 0,2 mm Emaille Draht bei einem Windungsabstand von 0,5 mm

Gute Feinstellung für Ca ist unerlässlich. Für Cr ist sie nicht nur überflüssig, sondern sogar hinderlich. Bei sehr kurzen Wellen, zum Beispiel im Bereiche I, ist eine geringe Erhöhung der Anodenspannung meistens erforderlich, um die Schwingung zum Einsetzen zu bringen. 50 Volt dürften aber wohl die obere Grenze sein, während für die höheren Bereiche gerade die Wahl einer besonders niedrigen Anodenspannung den weichen Schwingungseinsatz begünstigt (bis zu 20 Volt herab).

Beim Durchdrehen des Kondensators Ca wird es bei allen Empfängerarten vorkommen, daß auf kurzen Wellen an bestimmten Stellen der Skala die Schwingung aussetzt. Das ist bei Telegraphieempfang hinderlich. Das Aussehen der Schwingung tritt immer dann ein, wenn der Kreis L_2/Ca auf eine Harmonische der Antennengrundschwingung abgestimmt ist. Die Antenne strahlt dann diese Schwingungen in verstärktem Maße aus, entzieht dem Kreis L_2/Ca also Energie, mit anderen Worten sie dämpft ihn. Loseres Koppeln der Antennenspule ist bei unseren Hochfrequenztransformatoren nicht möglich. Man kann sich durch Einschalten eines variablen Kondensators in die Antenne helfen, weil man dadurch die Grundschwingung der Antenne ändern kann. Setzt die Schwingung aus, so verdreht man einfach diesen Kondensator. Auch Weglassung der Erdung hilft. In diesem Falle ist die Antenne durch die Kapazität zwischen der Antennenspule und der Spule L_2 an den Kreis L_2/Ca angekoppelt. Diese Kopplung genügt vollauf für den Kurzwellenempfang überhaupt. Es tritt zum mindesten keine wesentliche Verminderung der Lautstärke ein. An Stelle der kapazitiven Ankopplung über die Antennenspule kann schließlich auch die Kopplung über einen kleinen Neutrokondensator treten. Die Antenne wird dann nach Abb. 35 angekoppelt, worin C_k ein Neutrodon darstellt. Welche Antennenkopplung man nun vorteilhaft verwendet, hängt sehr von den zufällig vorhandenen Antennenverhältnissen ab. Die Wahl der Kopplung ist aber im allgemeinen durchaus nicht kritisch.

Bild a bis c auf Tafel III und IV stellen den auf einem Winkelbrett aufgebauten Kurzwellenempfänger dar, der in ein passendes Gehäuse eingeschoben werden kann. In der Ansicht von hinten sieht in der Mitte der Drehkondensator Ca, davor befinden sich die Zusatzblöcke, rechts ist der Kurzwellentransformator, der natürlich hier nicht geschirmt wird wegen der auftretenden hohen Verluste. Der Ortsender schlägt ohnehin nicht durch, es sei denn auf seinen Harmonischen, auf denen er auch bei einem geschirmten Empfänger durchkommen würde (bei einem Empfänger nach den Abb. 22 bis 25 nimmt man vorteilhaft die Schirmkapsel ab). Er sitzt links oben. Die Drossel befindet sich darunter. Von oben sieht man, daß der Abstimmkondensator ein Stück von der Vorderplatte abgerückt ist, sonst läßt sich Handempfindlichkeit nicht vermeiden. Die Verbindung zwischen der Achse des Kondensators und der Achse der Feinstellskala wird durch ein etwa 50 bis 60 mm langes dickwandiges Hartgummirohr, das mittels Madenschrauben festgeklemmt wird, hergestellt. Aus Metall darf das Verbindungsrohr nicht sein, da sonst wiederum die Gefahr der Handempfindlichkeit besteht. Dünnwandiges Rohr verursacht wegen der Torsionsfähigkeit toten Gang. Man kann zur sicheren Vermeidung der Handempfindlichkeit außerdem die Rückseite der Vorderplatte mit

einer Metallfolie, Kupfer, Aluminium oder Zink, belegen, die mit dem negativen Pol der Heizleitung und, wenn es sein muß, auch mit der Erdflechte verbunden wird. Man muß dann aber dafür sorgen, daß der mit der Anode der Röhre verbundene Teil des Rückkopplungskondensators Or dieser Schirmplatte nicht zu nahe kommt, da sonst Rückkopplungsenergie über die hier bestehende Kapazität zur Erde fließt.

Ein Verzeichnis der auf kurzen Wellen arbeitenden Rundfunkstationen enthalten die maßgebenden Fach- und Programmzeitschriften. Hier sei auf ihre Angabe verzichtet, weil die benützten Wellenlängen oft geändert werden. Außer den offiziellen Rundfunkstationen sind auf kurzen Wellen gelegentlich Versuche von Amateuren und behördlichen Stationen zu beobachten. Wenn der eine oder andere Funkfreund durch den Besitz eines Kurzwellenempfängers zur Beteiligung an den Bestrebungen des Deutschen Amateur-Sende- und Empfangsdienstes angeregt wird, so wäre dies dem Verfasser eine besondere Freude¹.

¹ Einrichtung und Bau einer vollständigen Kurzwellenstation beschreibt Band 106 der Sammlung „Spiel und Arbeit“: „Radio-Amateur-Station für kurze Wellen“ von F. Bödigheimer.

B. Schirmgitterröhren.

1. Ihre Eigenart, ihre Vorteile und Verwendungsmöglichkeit.

Die erst kürzlich auf dem Markt erschienenen Schirmgitterröhren sind Doppelgitterröhren besonderer Art. Bei ihnen ist das Steuer-gitter gegen die Anode durch ein zweites Gitter geeigneter Form vollständig abgescrimt, so daß die Anodenrückwirkung auf den-bar geringstes Maß herabgemindert wird. Die innere Röhrenkapazität ist auf die außerordentlich geringe Größe von 0,05 cm herabgesetzt, gegenüber einigen Zentimetern bei normalen Röhren. Die Vorteile liegen auf der Hand. Die störende Schwingneigung von Hochfrequenzverstärkern in der sonst so leistungsfähigen Anoden-Sperre-kreis-Schaltung ist bei Verwendung der Schirmgitterröhren fast ganz behoben, ohne daß irgendwelche Neutralisationsanordnungen notwendig sind. Der sehr kleine Durchgriff von 0,6 Prozent bei der erheblichen Steilheit von 1 mA/mV pro Volt bedingt eine außerordentlich große Verstärkermwirkung. Es ist ohne Schwierigkeit die zehnfache Verstärkermwirkung als mit normalen Röhren zu erreichen. Infolge des hohen inneren Widerstandes, bedingt durch den kleinen Durchgriff, ist die Röhre allerdings nur dann voll auszunutzen, wenn sie auf einen entsprechend hohen äußeren Widerstand arbeitet. Ein solcher ist nur durch die schon erwähnte Sperrkreis-Kopplung der Verstärkerstufen zu erreichen. Jedoch sind auch, wenn-gleich mit etwas geringerem Erfolge, sehr fest gekoppelte Hochfrequenz-transformatoren anwendbar. Lose gekoppelte Hochfrequenztransfor-matoren sind nicht geeignet.

Auch für die Niederfrequenzverstärkung sind Schirm-gitterröhren auf dem Markte (Valvo), mit denen ebenfalls etwa zehnfache Verstärkermwirkung als normalerweise zu erreichen ist. Dabei besteht die Gefahr der Übersteuerung bei ihnen ebensowenig wie bei normalen guten Endröhren.

Bei den Schirmgitterhochfrequenzröhren ist der Anodenan-schluss oben auf dem Glasbolben angebracht, während der sonst dafür vorgesehene Stederstift mit dem Schirmgitter in Verbin-dung steht. Bei den Niederfrequenz-Schirmgitterröhren von Valvo führt das Schirmgitter an eine seitliche Schraube, während die Anode wie bei normalen Röhren an dem entsprechenden Stederstift liegt. Bei den Hochfrequenzröhren erhält das Schirmgitter etwa die halbe

Spannung wie die Anode, wogegen bei der Niederfrequenzröhre das Schirmgitter mit der für die Röhre gewählten Anodenspannung direkt zu verbinden ist. Schirmgitterröhren arbeiten am besten mit hohen Anodenspannungen, also 120 bis 150 Volt.

2. Empfänger mit Schirmgitterröhren.

a) Empfänger mit Hochfrequenzverstärkung.

Es ist naheliegend, den normalen Neutrodyneempfänger zur Verwendung von Schirmgitterröhren im Hochfrequenzverstärker umgestalten zu wollen, indem man an die Stelle der Transformatorenkopplung Sperrkreis Kopplung setzt. Nach den Erfahrungen des Verfassers ist es aber trotz der kaum in Betracht kommenden inneren Röhrenkapazität selbst bei sorgfältiger Abschirmung der Stufen nicht möglich, zwei sperrkreisgekoppelte Hochfrequenzstufen zu verwenden, ohne daß erhebliche Schwingneigung auftritt. Es ist wohl erreichbar, durch Verminderung der Heizung und der Anodenspannung¹ diese Schwingneigung zu beheben. Man begibt sich aber auf diese Weise eines so erheblichen Teils der Verstärkermwirkung, daß von einer den Aufwand rechtfertigenden Überlegenheit gegenüber dem normalen Neutrodyne-Empfänger mit 2 Hochfrequenzstufen nicht mehr die Rede sein kann. Hingegen läßt sich eine Stufe Schirmgitter-Hochfrequenzverstärkung vor dem Audion in Sperrkreis Kopplung mit Leichtigkeit und mit gutem Erfolg anwenden. Nimmt man auch im Niederfrequenzverstärker die hierfür in Betracht kommende Schirmgitterröhre, so erreicht man in bezug auf Lautstärke wohl ungefähr das gleiche wie mit einem normalen Fünfzröhren-Neutrodyne-Empfänger. Die Spulen sind dabei natürlich sorgfältig abzuschirmen. Es ist aber nicht nötig, auch sämtliche Leitungen mit einzulapseln, sofern bei der Leitungsführung die selbstverständliche Sorgfalt obwaltet, die auch beim normalen Neutrodyne-Empfänger allein den Erfolg garantiert. Es muß jede Möglichkeit einer Induktion von Leitungen des Anodenkreises auf vorangehende Gitterleitungen ausgeschlossen sein. Auch etwa möglichen Widerstandskopplungen in den Leitungen ist durch Überbrückung mit großen Kondensatoren vorzubeugen.

Die Selektivität eines solchen Dreiröhren-Empfängers ist natürlich insbesondere dem Ortsender gegenüber außerordentlich gering. Denn einmal ist ein Abstimmkreis weniger vorhanden als beim Neutrodyne-Empfänger mit zwei Hochfrequenzstufen, zum andern ist durch die Sperrkreis Kopplung an sich schon eine geringere Selektivität bedingt, als durch eine lose Transformatorenkopplung. Die Selektivität im allgemeinen wird durch recht lose Kopplung der Antenne und möglichste Herabsetzung der Eigenwelle der Antenne, also kleine Antennenspule, gesteigert. Zur Ausschaltung des Ortsenders wird außerdem ein Saugkreis nach

¹ oder durch Drosselkopplung

Abb. 38 in die Antenne eingeschaltet. Man baut ihn, wenn man das Gerät am Sendeort verwenden will, gleich mit in das Gehäuse ein. Die Leistung eines so geschalteten Dreistufen-Schirmgitterröhren-Empfängers, wie ihn Abb. 36 zeigt, kommt der eines normalen Fünf-Röhren-Neutrodyne-Empfängers recht nahe, insbesondere bezüglich der Lautstärke.

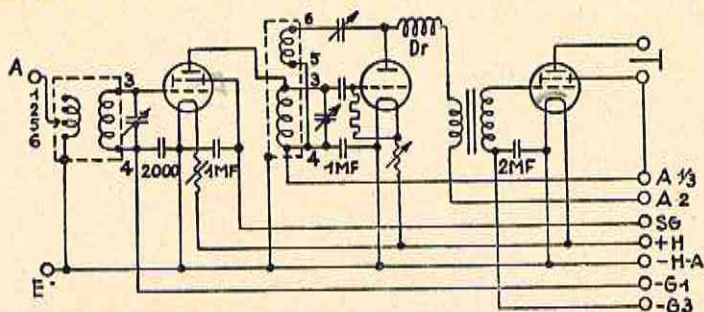


Abb. 36. Schirmgitter-Dreiröhrenempfänger.

Vor der Hochfrequenzröhre wird der normale Hochfrequenztransformator mit der Maßgabe verwandt, daß die eine kleine Wicklung, die gewöhnlich als Neutralisationswicklung benutzt wird, wegfällt, während die andere, die Antennenspule, Unterteilungen bei 5 und 10 Windungen erhält. Der Anodenkreis wird durch die normale Gitterkreisspule und Parallelschaltung mit dem üblichen Drehkondensator von 500 cm gebildet. Er entspricht also dem Gitterkreis der Hochfrequenzröhre. Es kann also auch hier die mittlere Wicklung eines Normaltransformators für die beschriebenen Neutrodyne-Empfänger benutzt werden, während die beiden kleinen Wicklungen wegfallen. Schirmung und Überbrückungskondensatoren sind in der Abb. 36 eingezeichnet. In der Bedienung gleicht der Empfänger natürlich durchaus einem normalen Empfänger mit zwei abgestimmten Kreisen, nur daß es nicht ratsam ist, die Kondensatoren der Abstimmkreise miteinander zu koppeln.

b) Empfänger mit Zwischenfrequenzverstärkung.

Wie schon gesagt, tut die Schirmgitterröhre da am besten ihre Dienste, wo sie allein oder abwechselnd mit normalen Verstärker-Röhren verwendet wird. Es ist dann leicht mit ihr umzugehen. So hat sie sich auch im Überlagerungsempfänger ihren Platz bereits erobert. Ohne weiteres kann man die Hochfrequenz-Schirmgitterröhre im Zwischenfrequenzverstärker verwenden, selbst wenn man die normalen Zwischenfrequenztransformatoren benutzt. Aller-

dinge muß man die Zahl der Verstärkerstufen von drei oder zwei auf eine herabsetzen. Die Schirmgitterröhre soll ja auch 2 Stufen ersetzen. Für den Niederfrequenzverstärker kommt selbstverständlich auch eine Schirmgitterröhre in Frage. Statt der häufig angewandten 2 Stufen genügt eine, wie auch in dem Schirmgitter-Empfänger nach Abb. 36, wodurch die Wiedergabe nur gewinnt. Auch ist die Schirmgitterröhre bereits als Oszillatorröhre in Überlagerungsempfängern benutzt worden. Jedoch scheint sie mir hier nicht am richtigen Platz zu sein.

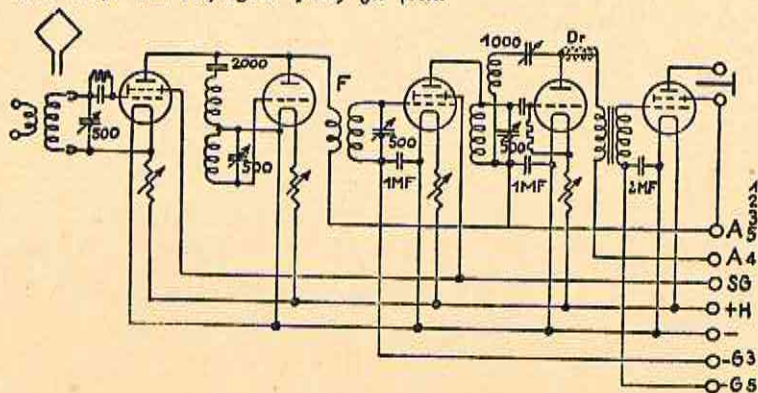
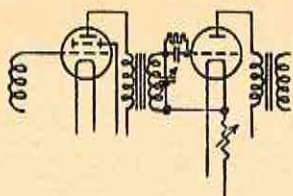


Abb. 37
Schirmgitter-Überlagerungsempfänger
(Eingangsschaltung von Dr. Heinze und
Hasenberg).



Dagegen haben Dr. Heinze und Hasenberg von der Arbeitsgemeinschaft am Sender Schlachtensee die Schirmgitterröhre in einer neuen Eingangsschaltung für den Zwischenfrequenzempfänger mit Erfolg angewendet. Die Überlegungen, die zu ihrer Anwendung geführt haben, sind leicht nachzudenken. Es kommt beim Überlagerungsempfänger darauf an, eine starke Überlagerungsschwingung zu erhalten, den Oszillator also fest mit dem ersten Audion zu koppeln. Dem Grad dieser Kopplung aber ist eine Grenze gesetzt dadurch, daß infolge der Gitter-Anodenkapazität des Audions der Oszillatorkreis und der Empfangskreis nicht mehr unabhängig voneinander arbeiten. Dadurch wird die Bedienung ungemein erschwert. Zugunsten einer bequemen Bedienung muß man die Kopplung also loser gestalten und dadurch auf das Optimum der Leistung von vornherein verzichten. Hieran mag es gelegen haben, daß der Überlagerungsempfänger doch nicht in

solcher Beliebtheit stand, wie man angesichts der vielen bestehenden Punkte, die für den Überlagerungsempfänger sprechen, hätte erwarten sollen. Heinze und Hasenberg verwendeten zur Verminderung der Anodenrückwirkung eine Schirmgitterröhre als erstes Audion und machten somit selbst bei stärkster Kopplung (gemeinsamem Anodenkreis) den Empfangs- und den Oszillatorkreis in solchem Maße voneinander unabhängig, wie es bisher durch keine Eingangsschaltung erreicht wurde. Die in Abb. 37 gezeichnete Überlagerungsschaltung von Heinze und Hasenberg (bis einschließlich Röhre 2) arbeitet in jeder Hinsicht hervorragend.

Als Empfangskreis dient wieder der normale Hochfrequenztransformator oder aber der Rahmen in Verbindung mit einem Drehkondensator von 500 cm. Das Audionaggregat aus Blockkondensator und Ableitwiderstand hat normale Größe. Audionröhre ist die schon erwähnte Schirmgitter-Hochfrequenz-Verstärkerröhre. Den Versuchen des Verfassers diente die Valvo H 406 D. Sie bekommt die gleiche Anodenspannung wie die darauffolgende Oszillatorröhre (Valvo A 408 oder entsprechende Röhren anderer Herkunft), nämlich etwa 150 Volt; desgleichen die Niederfrequenzverstärkerröhre (Valvo L 415 D). Die Oszillatorschaltung ist dem Prinzip nach die gleiche wie beim Leithäuser'schen Rückkopplungsaudion. Die Primärspule des Filters F wirkt für die hohe Frequenz der Oszillatorschwingungen als Drossel, so daß ein Blockkondensator von 500 cm bereits hinreicht, um genügende Hochfrequenzenergie über die Rückkopplungsspule zu führen. Jedoch kann man sicherheitshalber einen Block von 1000 bis 2000 cm einschalten. Als Spule kann man wieder den Normaltransformator verwenden. Die beiden kleinen Spulen schaltet man als Rückkopplungsspule in Serie. Die Intensität der Oszillatorschwingung kann man mit Hilfe des Heizwiderstandes in gewissen Grenzen regeln.

Vor dem Zwischenfrequenzverstärker wird ein normales Filter verwendet. Für eine Zwischenfrequenz um 5000 m wickelt man also beispielsweise auf einen Körper von 5 cm Durchmesser und 65 bis 70 mm Länge 900 bis 1000 Sekundärwindungen und 400 bis 500 Primärwindungen, und zwar beide Wicklungen in Scheiben von je 180 bis 200 Windungen bei der Sekundärspule und 100 bis 125 Windungen bei der Primärspule. Sekundär- und Primärscheiben liegen abwechselnd, so daß die beiden äußersten Scheiben der Sekundärwicklung angehören. Als Draht genügt 0,2 mm Emaille. Parallel zur Sekundärspule wird ein Glimmerdrehkondensator von 500 cm geschaltet.

Die Zwischenfrequenzverstärkerröhre ist also wieder eine Schirmgitterhochfrequenzverstärkerröhre wie das erste Audion. Sie bekommt die gleiche Anodenspannung und auch die gleiche Schirmgitterspannung wie die Schirmgitterröhre im Empfangskreis. Die Spannung am

Schirmgitter beträgt etwa die Hälfte der Anodenspannung, also etwa 75 Volt. Eine kleine negative Vorspannung ist angebracht. Die Batterieleitung wird mit einem Blockkondensator von 1 MF überbrückt.

Zur Kopplung der Zwischenfrequenzverstärkerstufe mit dem zweiten Audion kann unter Verwendung des gleichen Spulenaggregats wie für das Filter ein Sperrkreis benutzt werden, der durch Rückkopplung entdämpft wird, oder ein normaler Zwischenfrequenztransformator mit Eisen. Bei einem solchen Zwischenfrequenztransformator mit Eisen ist die Kopplung fest genug, so daß vom abgestimmten Sekundärkreis Widerstand auf die Primärseite „transformiert“ wird, womit die Bedingung eines hohen Anodenkreiswiderstandes für die Schirmgitterröhre ebenfalls erfüllt ist. Im ersten Falle wird die sonst als Primärspule dienende Windung von 400 bis 500 Windungen als Rückkopplungsspule benutzt, wobei der Grad der Rückkopplung durch einen Glimmerdrehkondensator von möglichst 1000 cm maximaler Kapazität geregelt wird. Unter Umständen ist vor dem Niederfrequenztransformator eine große Drossel nötig, nämlich dann, wenn ein Rückkopplungseffekt nicht erzielbar ist. Aber die Niederfrequenzstufe ist nichts besonderes zu sagen.

Bei allen Röhren außer der Niederfrequenzstufe empfiehlt sich die Verwendung von Heizwiderständen, die natürlich am besten im Inneren des Geräts eingebaut werden, wenn nicht Röhrenfassungen nach Abb. 30 verwendet werden. Wie bei allen Überlagerungsempfängern hängt die Leistungsfähigkeit des Geräts sehr stark von der Güte des Zwischenfrequenzverstärkers ab. Es ist daher ganz besonderes Augenmerk darauf zu richten, diesen auf die größte Leistungsfähigkeit zu bringen. Bei der Verwendung der Rückkopplungsschaltung für das 2. Audion ist natürlich auf richtigen Anschluß der Rückkopplungsspule zu achten. Wenn man beide Spulen sich als eine einzige von gleichem Wertsinn denkt, so ist das eine Ende mit dem Gitter, das andere mit der Anode zu verbinden, während die Verbindungsstelle beider Spulen zur Kathode führt (vgl. auch Schaltung der Spule beim Oszillator, Röhre 2). Wenn alle Stufen richtig funktionieren, muß etwa die gleiche Leistung zu erzielen sein, wie mit einem Empfänger mit zwei Zwischenfrequenzstufen und 2 Niederfrequenzstufen mit dem Unterschied, daß die Bedienung bei weitem leichter ist. Es sind also auf jeden Fall 2 Röhren gegenüber einer Normalüberlagerungsschaltung gespart. Bemerkt sei noch, daß eine dritte Zwischenfrequenzröhre gegenüber zwei Zwischenfrequenzröhren bzw. einer Schirmgitter-Zwischenfrequenzröhre keinen erheblichen Vorteil bringt, weil es selten zutrifft, daß 3 Röhren trotz sorgfältiger Auswahl ganz gleichmäßig anspringen. Der Zustand kurz vor der Selbsterregung ist aber für die Leistung einer Zwischenfrequenzstufe normaler Art

von größter Bedeutung. Durch Anwendung des Tropadpne-Prinzips könnte man zwar noch eine Röhre sparen, hätte dann aber alle Nachteile einer unzulänglichen Eingangsschaltung wieder in Kauf zu nehmen.

C. Anordnungen zur Störfreiung.

1. Am Empfänger.

Gerade der Besitzer für den Fernempfang geeigneter, lautstarker Apparate hat unter mannigfachen Störungen zu leiden, die am einfachen Detektorempfänger beim Ortsempfang nicht in Erscheinung treten. Quellen solcher Störungen sind sowohl der Ortsender als auch die starken fernen Sender, die auf der Wellenskala dicht benachbart sind. Abhilfe kann geschaffen werden durch die Erhöhung der Selektivität der Geräte. Empfänger mit 2 oder gar 3 abgestimmten Kreisen genügen im allgemeinen immer, um die fernen Stationen zu trennen, sofern ihre Frequenzen wenigstens einen Unterschied aufweisen, der für ein ungestörtes Nebeneinanderarbeiten überhaupt unerlässlich ist, die also wenigstens einen Frequenzabstand von 10 000 Herz haben. Leider genügt ein Blick auf das Stationsverzeichnis, um festzustellen, daß zahlreiche Sender von einer für den Empfang in Vier- und Fünfröhrengeräten bei weitem ausreichenden Senderstärke nur einen bedeutend geringeren Frequenzunterschied aufweisen. Die Seitenbänder solcher Stationen überlagern sich natürlich dann von vornherein, so daß auch der selektivste Empfänger sie nicht zu trennen vermag, sondern stets ein Interferenzton hörbar ist, der je nach dem Unterschied in der Frequenz von der Art eines tiefen Brummens bis zu einem hohen, kaum hörbaren Pfeifton sein kann. Unter manchen Verhältnissen ist auch eine Trennung dieser Stationen möglich, nämlich dann, wenn die Empfangslautstärke der beiden sich störenden Stationen einen wesentlichen Unterschied aufweist, oder bei Rahmenempfang, wenn die Stationen in verschiedenen Richtungen zum Empfänger liegen. Im ersten Falle vermindert man die Empfindlichkeit des Geräts entweder durch leichtes Verstimmen, besser aber durch möglichst loses Koppeln (siehe Abschnitt b dieses Kapitels), bis die Empfangsintensität des schwächeren Senders nicht mehr hinreicht, den lautstarken zu stören. Natürlich sinkt dann auch die Lautstärke der noch zu hörenden Station, was aber durch scharfes Abstimmen teilweise wieder verbessert werden kann. Bei Rahmenempfang ist es unter Umständen leicht, durch Drehen des Rahmens den einen Sender zum Verschwinden zu bringen.

a) Kreise zur Ausschaltung des Ortssenders.

Weniger einfach ist es, den Ortssender auszuschalten. Je nach der Größe der Antenne und der Größe der Kopplungen zwischen den einzelnen Stufen des Empfängers schlägt der Ortssender auf einem mehr oder weniger großen Wellenbereich durch und macht den Fernempfang in diesem Bereich unmöglich oder wenig genutzbar. In Band 98 dieser Sammlung ist schon darauf hingewiesen, daß es bei den dort stets angewandten veränderlichen Kopplungen der Kreise möglich ist, bereits bei Wellenunterschieden von 5%, ja sogar bis herab zu 3% von der Wellenlänge des Ortssenders ungestörten Fernempfang zu erzielen. Solche veränderlichen Kopplungen sind naturgemäß nicht immer anwendbar, vor allen Dingen nicht beim Neutrodyneempfänger. Die Kopplungen zwischen den Kreisen müssen unveränderlich sein und werden daher ein für allemal so gewählt, daß ein Kompromiß zwischen guter Lautstärke und hinreichender Selektivität geschlossen ist. In diesem

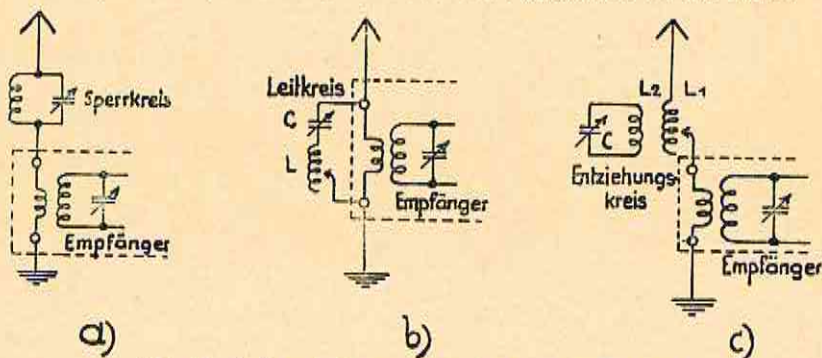


Abb. 38. a) Sperrkreis, b) Leitkreis, c) Entziehungskreis zur Ausschaltung des Ortssenders.

Fälle müssen andere Mittel zur Ausschaltung des störenden Ortssenders angewendet werden. Solche sind in Gestalt von Sperr-, Leit- und Entziehungskreisen bereits allgemein bekannt. Die prinzipiellen Anordnungen zeigt Abb. 38 a bis c.

Am wenigsten aussichtsreich ist die Sperrkreisordnung nach Abb. 38 a. Selbst bei sehr verlustarmem Aufbau des Kreises, auf den es natürlich auch bei diesen Anordnungen ankommt, ist das gesperrte Wellenband verhältnismäßig breit. Außer dem Ortssender werden auch noch mehr oder weniger benachbarte Sender ausgesperrt. Die Anordnung soll daher hier nicht weiter betrachtet werden.

Eine recht gute Anordnung stellt bereits Abb. 38 b dar. Für die meisten Fälle dürfte dieser sogenannte Leitkreis genügen, um den

Ortsender auszuschalten und dicht daneben kommende Sender zu empfangen. Die Wirkungsweise ist leicht verständlich. Der Kreis OL überbrückt die Eingangsklemmen zum Empfänger. Wenn er auf die Frequenz des Ortsenders abgestimmt wird, steht er dieser Frequenz keinerlei induktiven oder kapazitiven Widerstand entgegen, sondern lediglich den rein Ohmschen, also den Drahtwiderstand, der im Vergleich zu dem induktiven Widerstand der Antennenspule vernachlässigbar gering ist. Daher wird die Störfrequenz ihren Weg über OL statt über den Empfänger nehmen. Der Ortsender ist also ausgeschaltet. Natürlich muß die Spule L so aufgestellt sein, daß sie nicht auf den Empfänger induzierend wirkt. Die Spule kann eine Zylinder- oder auch eine Honigwabenspule sein. Von beiden ist natürlich die einlagige Zylinderpule die bessere. Ihre Größe wird so genommen, wie man sie beim beabsichtigten Empfang des Störsenders mit einem

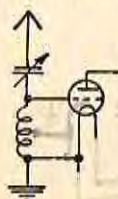


Abb. 39.

Primärkreis nach Abb. 39 wählen würde. Das wären bei Voraussetzung der für den Neutrodyne-Empfänger empfohlenen zylindrischen Spulenkörper für den niederen Wellenbereich 70 bis 100 Windungen und für den hohen Wellenbereich 300 Windungen. Bei Anwendung von Honigwabenspulen sind die entsprechenden Windungszahlen 75 und 250 bis 300. Es empfiehlt sich sehr, zur Ermittlung des Optimums die Spule abgreifbar zu machen. Jedoch ist es nicht ratsam, für hohen und niederen Wellenbereich ein und dieselbe Spule mit

Anzapfungen zu nehmen. Der Drehkondensator C kann in allen Fällen eine Maximalkapazität von 500 cm haben.

Wenn auch der Leitkreis nicht induzierend auf den Empfänger wirken darf, so darf andererseits seine Aufstellung vom Empfänger nicht in so großer Entfernung erfolgen, daß die Zuleitung wieder als Empfangsantenne für den Ortsender wirken kann. Um eine möglichst dichte Aufstellung am Empfänger zu gestatten, kann der Leitkreis in ein Aluminiumgehäuse eingebaut werden, dessen Wände von der Spule besonders an den Stirnseiten, den gleichen oder einen größeren Abstand haben als bei den gekoppelten Hochfrequenztransformatoren für geschirmte Empfänger.

Entschieden die besten Resultate sind mit dem **Entziehungs-kreis** nach Abb. 38 c zu erzielen. In die Antenne ist außerhalb des Empfängers eine Spule eingeschaltet, mit der ein Schwingungskreis gekoppelt ist, der auf die Störwelle abstimmbare ist. Auf diese Weise wird der Antenne der weitaus größte Teil der durch den Störsender induzierten Energie entzogen und im geschlossenen Kreis verbraucht. Für die Wirkung maßgebend ist die **Kopplung** zwischen den Spulen L_1 und L_2 . Sie ist je nach der Größe der Antenne bzw. der aufgenommenen Energie verschieden. Man stellt sie mit Hilfe einer ab-

greifbaren Spule so ein, daß in dem auf den Ortsender abgestimmten Empfänger ein möglichst gutes und scharfes Minimum eintritt, wenn der Kreis CL_2 auf die Welle des Ortsenders abgestimmt wird. Kopplung des Entziehungskreises mit den Empfängerspulen ist zu vermeiden. Daher ist auch hier, wenn notwendig, Abschirmung am Platze.

Unter Voraussetzung der gleichen zylindrischen Spulenkörper wie bei den beschriebenen Neutrodyne-Empfängern beträgt für den niederen Rundfunkwellenbereich die Windungszahl von L_1 im ganzen 125; Anpassungen derart, daß Gruppen von 25, 25 und 75 Windungen entstehen. Diese Windung wird auf die innere Spule aufgebracht. Der äußere Körper trägt die Spule L_2 mit etwa 70 bis 90 Windungen, je nach Wellenlänge des auszuschaltenden Störsenders. Auch das Verhältnis L_2 zu C ist nicht ganz gleichgültig und wird durch den Versuch ermittelt. Abb. 40 zeigt den Entziehungs- oder Saugkreis gesondert. Man sieht, daß mit Hilfe der Antennen- und Empfängerzuleitungen die Windungszahlen 25, 50, 75, 100 und 125 abgegriffen werden können, so daß die Wahl einer passenden Kopplung nicht schwer fällt. Der Saugkreis kann natürlich auch mit Honigwaben-Spulen zusammengestellt werden, indem zu dem Drehkondensator C von maximal 500 cm als Spule L_2 eine solche von 50 bis 75 Windungen tritt, während für L_1 die Spulen von 25, 35, 50 und 75 ausprobiert werden. Auch kann man die Kopplung zwischen L_1 und L_2 variabel machen und kommt dann mit einer Spule von 50 Windungen an Stelle von L_1 für die meisten Zwecke aus.

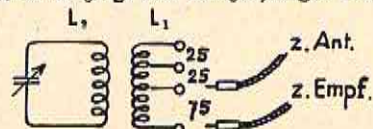


Abb. 40. Praktische Anordnung eines Entziehungs- (Saug-) kreises.

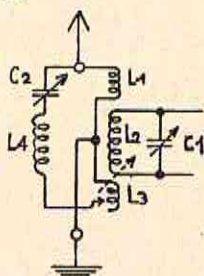


Abb. 41
Leitkompensationskreis.

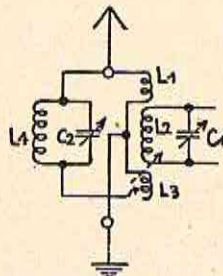


Abb. 42
Sperrkompensationskreis.

Die Abb. 41 und 42 stellen Kompensationskreise dar, von denen der erste vom Verfasser, der zweite von der Lorenz-

U. - G angegeben wurde. Beide Kreise bezwecken die Ausschaltung von Störsendern und die gleichzeitige Herabsetzung anderer, auch atmosphärischer Störungen. L_2C_1 stellt bei beiden den Gitterkreis der ersten Empfängerröhre dar. L_1 ist die Antennenkopplungsspule, L_2 eine Gegenkopplungsspule. L_1 , L_2 , L_3 sind im gleichen Sinne gewickelt. L_2 ist vorteilhaft anzapfbar oder für variable Kopplung eingerichtet. Der Nebenkreis C_2L_4 stellt bei Abb. 41 einen Leitkreis, dagegen bei Abb. 42 einen Sperrkreis dar. Er wird in Abb. 41 auf den Störjender und in Abb. 42 auf den zu empfangenden Sender abgestimmt. Bei Abb. 41 tritt dann bei extrem loser Kopplung von L_2 bzw. Anlegung des Abgriffs an den Erdbanschluß der Spule ein Minimum der Lautstärke des Störsenders ein, wenn der Kreis C_2L_4 auf ihn abgestimmt ist, denn der größte Teil der Störenergie wird jetzt über C_2L_4 abgeleitet. Jedoch fließt in der Kopplungsspule immer noch ein, wenn auch kleiner Teil der Störenergie. Dieser Rest wird mit Hilfe der Gegenkopplung L_2 aufgehoben. Zu diesem Zwecke ist die Windungszahl oder die Kopplung gegen L_2 so lange zu verändern, bis das Optimum der erstrebten Erscheinung, nämlich Ausschaltung des Störsenders unter steter Nachstellung von C_2 erreicht ist. L_4 und L_2 sind vor gegenseitiger Beeinflussung zu schützen. Mit dieser Anordnung sind die denkbar besten Resultate zu erzielen. Es muß natürlich immer dafür gesorgt sein, daß die Störenergie nicht auf anderem Wege als über L_1 in die Apparatur eindringt. Atmosphärische und lokale Störungen werden aus leicht einzusehenden Gründen erheblich herabgesetzt.

Die Abmessungen von L_1 und C_2 sind gemäß der Anordnung Abb. 38b zu wählen. L_1 und L_2 bestehen aus wenig Windungen. Die Kopplung von L_2 auf L_1 ist verhältnismäßig lose oder die Windungszahl kleiner als die von L_1 zu wählen.

Bei der Anordnung nach Abb. 42 wird der Kreis C_2L_4 auf die zu empfangende Welle, also nicht auf die Störwelle abgestimmt. Dies ist angenähert der Fall, wenn die Lautstärke desjenigen Senders ein Maximum wird, auf den Kreis C_1L_2 abgestimmt ist. Dann stellt der Kreis C_2L_4 einen fast unendlich hohen Widerstand (und zwar einen um so größeren, je dämpfungsricher er ist) für die Frequenz dar, auf die der Eingangskreis des Empfängers abgestimmt ist. Sie wird somit über L_1 gezwungen, während alle anderen Frequenzen über L_1C_2 und L_2 abfließen können. Die Kopplung zwischen L_2 und L_3 bzw. die Windungszahl von L_2 wird wiederum so eingestellt, daß die Störungen, die nun teils über L_1 , teils über C_2L_4 und L_2 fließen, durch die Gegenkopplung in ihrer Wirkung auf L_2 kompensiert werden. Die Kopplung ist hierbei fester bzw. die Windungszahl von L_2 größer als bei der Anordnung nach Abb. 41. Atmosphärische und Motorstörungen können auch hier ganz wesentlich vermindert werden.

Die Dimensionen von C_2 und L_2 entsprechen denen von L_1 und C in Abb. 38c. Windungszahl und Kopplung von L_2 sind wiederum auszubastieren. Die Änderung der Windungszahl bei L_2 bzw. die Kopplung von L_2 auf L_1 geschieht unter ständigem feinen Nachbastieren von C_2 , ähnlich wie bei der Anordnung Abb. 41. Wiederum ist eine Kopplung zwischen L_1 und L_2 zu verhüten, damit nicht auch die Störwellen auf den Kreis $L_2 C_2$ übertragen werden.

Entsprechend ihrer Eigenart können wir die Anordnung nach Abb. 41 als Leitkompensationskreis und die nach Abb. 42 als Sperrkompensationskreis bezeichnen. Den Leitkompensationskreis wende man an, wenn es sich um die Ausschaltung eines bestimmten starken Senders, zum Beispiel des Ortsenders, handelt, während der Sperrkompensationskreis dann den Vorzug verdient, wenn der Empfang durch eine größere Zahl gleichzeitig auftretender Störwellen oder anderer Störungen beeinträchtigt wird.

b) Anordnungen zur Erhöhung der Abstimmungsschärfe fertiger Empfangsapparate.

Da es bekanntlich leichter ist, mit Mehrrohrgeräten hohe Lautstärke zu erzielen als gute Selektivität, findet man bei vielen fabrikmäßig hergestellten Apparaten sogar eine unzureichende Abstimmschärfe gegenüber fernen Stationen. Um diesen Mangel abzustellen, kann man nicht mit den im vorherigen Abschnitt beschriebenen Mitteln arbeiten, da dann die Einstellung der Stationen doch recht kompliziert würde. Man kann sich auf andere, wesentlich einfachere Weise helfen und vermindert dabei gleichzeitig die Störung durch den Ortsender.

Zunächst ist wichtig, daß die Eigenschwingung der Empfangsantenne bedeutend tiefer liegt als die zu empfangende Welle. Man stimme daher die Antenne niemals ab. Die Abstimmung ist wegen der hohen Dämpfung in der Antenne stets sehr unscharf, so daß nicht nur der gewollte Sender, sondern auch etwa in der Wellenstufen benachbarte Sender die Antenne stark erregen und somit im Empfänger durchschlagen. Die sogenannte aperiodische Kopplung ist in bezug auf die Selektivität besser. In der Antenne liegt lediglich eine Spule zur Kopplung auf den Eingangskreis des Empfängers, wie beispielsweise in den Abb. 22 und 24 gezeichnet. Aber auch bei dieser Anordnung kann die Antenne eine Eigenschwingung haben, die ganz oder nahezu in den Bereich der niederen Rundfunkwellen fällt. Das ist der Fall, wenn die Windungszahl der Kopplungsspule zu groß oder die Antenne, schließlich auch die Erdleitung zu lang genommen wird. Statt einer langen Erdleitung ist besser ein Gegengewicht. Man darf auch ruhig im Interesse einer nicht zu großen Länge auf eine besonders hohe Antenne ver-

zichten, sofern Apparate mit 4 oder mehr Röhren benutzt werden. Eine Antennenlänge von 40 m dürfte in allen Fällen ausreichend sein, da in der Regel etwa 10 m für die Niederführung hinzukommen. Als Kopplungsspule genügen 15 bis 25 Windungen wohl allgemein. Statt im Interesse einer großen Lautstärke die Windungszahl der Kopplungsspule zu erhöhen, bringe man diese lieber näher an die Spule des Empfangskreises heran. Man erhöht auf diese Weise wenigstens die Eigenschwingung der Antenne nicht.

Bei einmal vorhandener langer Hochantenne kann eine wesentliche Verbesserung dadurch bewirkt werden, daß man einen Drehkondensator in ähnlicher Weise mit der Antenne in Serie schaltet, wie wenn man mit abgestimmter Antenne empfangen wollte. Die Kopplungsspule von der für aperiodische Kopplung angebrachten Größe von 15 bis 20 Windungen ist ja nicht ausreichend, um mit der durch den Serienkondensator auch noch verkleinerten Antennenkapazität eine

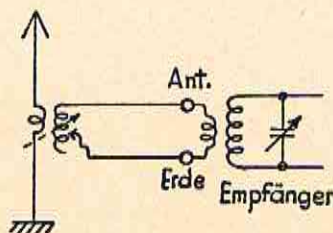


Abb. 43. Kopplungsschleife.

Eigenschwingung von der ungefähren Größe der Rundfunkwellen zu erzielen. Durch die mit dem Verkürzungskondensator mögliche Verminderung der Antennenkapazität läßt sich die Eigenwelle der Antenne beliebig weit herabsetzen und die Selektivität auf diese Weise steigern. Man hat die Antenne gewissermaßen verkürzt.

Schließlich kann man den genannten Zweck auch noch erreichen, indem man mit **Zimmerantenne** empfängt. Man hat dabei gleichzeitig den Vorteil, atmosphärische Störungen in geringerem Maße aufzunehmen als bei Verwendung einer Außenantenne.

Endlich stellt die **Kopplungsschleife** ein wirksames Mittel zur Erhöhung der Selektivität eines Gerätes dar. Sie ist in Abb. 43 gezeichnet. In die Antenne wird eine kleine Spule geschaltet, die mit einer zweiten abgreifbaren oder schwenkbaren Spule gekoppelt ist. Diese wiederum wird mit den Klemmen für Antenne und Erde am Empfänger verbunden. Den Kopplungsgrad kann man durch den Abgriff an der einen Spule der Kopplungsschleife regeln. Handelt es sich nur darum, gelegentlich einmal einen von einer anderen Station gestörten Sender mit noch annehmbarer Lautstärke allein zu empfangen, so kann man sich auch vorübergehend helfen, indem man die nur geerdete Antenne in der Nähe der Spule des Eingangskreises vorbeiführt. Diese Anordnung stellt nichts anderes als eine besonders lose Kopplung dar.

c) Vermeidung des Einflusses des Störimpfangs durch die Lichtleitung (bei Netzanschluß).

Bekanntlich kann die Lichtleitung unter Zwischenschaltung von durchschlagsfesten Kondensatoren oft als Antenne benutzt werden, zumal beim Empfang des Orts senders. Der Orts sender versucht mitunter das Lichtnetz geradezu mit Hochfrequenzschwingungen, so daß man sich nicht zu wundern braucht, wenn bei Benutzung eines Netzanschlußgeräts die ursprünglich ausgezeichnete Trennschärfe eines Geräts gegenüber dem Orts sender wesentlich herabgesetzt wird. Man muß den Übergang der im Netz vagabundierenden Hochfrequenzströme auf den Empfänger durch eine Drosselkette verhindern, indem

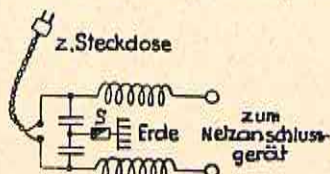


Abb. 44

Drossel-Kondensator-Aggregat zur Befreiung von Störungen infolge der Antennenwirkung des Lichtnetzes.

man in die Zuleitungen zum Netzanschlußgerät die in Abb. 44 schematisch dargestellte und in Bild b Taf. II im Photo gezeigte Anordnung einschaltet. Diese Anordnung wird insbesondere dann notwendig, wenn ein im gleichen Hause wohnender Funkfreund aus Bequemlichkeit den Orts sender mit Hilfe der Lichtantenne empfängt ohne Rücksicht darauf, daß er damit auch den Mitbewohnern des Hauses den Orts sender in den meist gerade zu seiner Ausschaltung gebauten Mehrkreisempfänger bringt. Gewöhnlich helfen die Bitten auf Herstellung einer ordnungsgemäßen Empfangsanlage nicht. Es mag daher dem sich mit der Anordnung nach Abb. 44 gegen das Eindringen der Störmelle wehrenden Amateur eine kleine Genugtuung sein, daß gleichzeitig mit der Ausmerzung der Störungen in vielen Fällen das Netz für den Empfang elektrischer Wellen ungeeignet gemacht wird, da es über die Blockkondensatoren geerdet ist. Es ist damit keine gegen das Funkgesetz verstößende und somit strafbare Handlung verbunden, da eine ordnungsgemäße Funkanlage durch diese Maßnahme ja nicht gestört wird und eine an das Lichtnetz angeschlossene Funkanlage als ordnungsgemäß keinesfalls angesehen werden kann. Auch ist der Zweck ja nicht die Störung der fremden Rundfunkanlage, sondern der Schutz der eigenen, die vom Nachbar gestört wird.

Die Größe der Drosseln ist nicht kritisch. Der Verfasser verwendet Drosseln von 8 cm Durchmesser, auf 25 cm Länge mit zirka 200 Windungen bewickelt. Die Stärke des Drahtes ist bei normalen Netzanschlußgeräten auch nicht von Bedeutung. Man wird sie ohnedies nicht unter 0,5 mm wählen. Die Blockkondensatoren werden zu 0,1 MF und einer Prüfspannung von mindestens 500 Volt Wechselstrom ge-

wählt. Wenn man zum erstenmal die Anordnung in der in Abb. 44 gezeichneten Weise mit der Erde verbindet, evtl. auch dauernd, schalte man in die Erdleitung eine Glühlampe oder Sicherung für kleine Stromstärken ein. Beim Aufbau der ganzen Anordnung ist Sorge zu tragen, daß die Klemmen bzw. Buchsen nicht blank liegen und überhaupt keine blanken Teile zugänglich sind. Man überdeckt die auf ein Grundbrett montierte Drosselkette mit einem gegen jegliche Berührung sichernden Deckel. Der Anschluß an das Netz darf nur mit Hilfe einer fest mit der Drosselkette verbundenen Liche erfolgen.

2. Anordnungen zur Störfreiung an der Störungsquelle.

a) An störenden Motoren.

Störende Motoren haben schon manchem Funkfreund die Lust am Fernempfang genommen. Die Übeltäter sind in der Regel Gleichstrommotoren. Fast allgemein werden Nebenschlußmotoren ver-

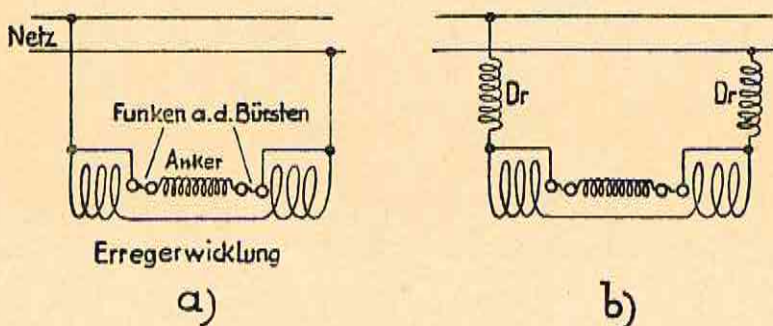


Abb. 45. a) Das Zustandekommen von Motorstörungen,
b) Drosseln in der Speiseleitung des Motors.

wendet, deren Erreger- und Ankerwicklung nach Abb. 45a geschaltet sind. An den Bürsten entstehen Funken, die die Selbstinduktion und Kapazität enthaltenden Wicklungen zu Schwingungen, und zwar stark gedämpften Schwingungen anstoßen, die durch die Verbindungsleitungen auf das Netz übertragen und von diesem wie von einer Antenne ausgestrahlt oder auch an ihm entlang fortgeführt werden. Gegen diese Störschwingungen, Knarrfunken schlimmster Art, nützen keine Sperr-, Saug- oder Leitkreise, da wegen der großen Dämpfung und wegen der sehr verschiedenen elektrischen Dimensionen der durch die Funken angestoßenen schwingungsfähigen Gebilde von einer bestimmten Frequenz oder Wellenlänge nicht gesprochen werden kann. Solche Motoren stören auf allen Wellen. Als Abhilfe

kommt eine ähnliche Maßnahme in Betracht wie zur Unterdrückung des Störeffangs durch die Lichtleitung bei Verwendung eines Nebenschlußgeräts (Kapitel C, 1c) (Abb. 44). Es werden in die Stromzuführungsleitungen, und zwar dicht am störenden Motor, zwei Drosseln nach Abb. 45 b eingeschaltet, die ungefähr die gleichen elektrischen Dimensionen haben können wie die in der Anordnung nach Abb. 44. Jedoch sind Spulen von genau denselben Abmessungen wie in dieser Anordnung nur bei sehr kleinen Motoren möglich. Für Motoren großer Leistungen muß der Draht stärker sein. Damit wächst aber die Länge der Spule und wir müssen den Durchmesser dementsprechend erhöhen, um die gleiche Selbstinduktion zu erhalten. Mit der Drahtstärke richtet man sich am besten nach den Vorschriften für die Dauerbelastung und Absicherung von isolierten Leitungen, worüber die nachfolgende Tabelle Aufschluß gibt

Stromstärke bis	Drahtquerschnitt qmm	Drahtdurchmesser mm
6 Am	1	1,13
10 "	1,5	1,38
15 "	2,5	1,78
20 "	4	2,26
25 "	6	2,77
35 "	10	3,57
60 "	16	4,52
80 "	25	7 × 2,13
100 "	35	19 × 1,53

150 bis 200 Windungen bei einem Durchmesser von 10 bis 15 cm genügen im allgemeinen, um eine hinlängliche Drosselwirkung zu erreichen. Als Material kommt Dynamodraht in Frage. Der Amateur wird wohl selten die Abdrosselung von Motoren von 60 bis 100 Am vornehmen, da dies sehr hohe Kosten machen würde. Die Angaben seien hier nur zur Orientierung gemacht, falls man etwa mit Vorschlägen an den Besitzer solcher Motoren herantreten muß. Da die bei den Motoren in Frage kommende Stromstärke nicht immer bekannt ist, sei hierüber eine zweite Tabelle (siehe Seite 62) für die gebräuchlichen Leistungen und Betriebsspannungen angegeben.

Die beschriebene Maßnahme ist als sicher wirkendes Hilfsmittel bekannt. Man muß natürlich vermeiden, grundlegende Fehler zu machen. Hochfrequenzdrosseln müssen kapazitätsarm sein. Die Baumwollummspinnung sorgt ja für einigen Abstand. Es kommen nur einlagige Spulen in Betracht. Die Montage der Spulen muß dicht am Motor erfolgen und zwar so, daß die Drosseln von parallel führenden Metallteilen einen gehörigen Abstand

haben. Bei allzu dichter Nachbarschaft werden die Spulen ganz oder teilweise durch die zwischen Spule und Metall vorhandene Kapazität überbrückt. Zum mindesten entsteht bei Hochfrequenz ein starker Nebenschluß, so daß die Drosseln unwirksam werden können. Es ist hier nicht nötig, wie bei der Anordnung nach Abb. 44, die Stromzuführungsleitungen über Kondensatoren zu erden, da das Motorgehäuse in der Regel geerdet ist und die Wicklungen gegen das Gehäuse eine hohe Kapazität aufweisen. Man muß den Besitzern von Motoren natürlich klarmachen, daß die Einschaltung solcher Drosseln für die Motoren weder Leistungsverminderung noch Gefahr oder höheren Stromverbrauch bedeutet.

PS	Strom bei einer Netzspannung von		
	110	220	440 Volt
$\frac{1}{8}$	1,5	0,75	
$\frac{1}{4}$	2,5	1,25	
$\frac{1}{2}$	3	1,5	
$\frac{1}{2}$	4,7	2,35	1,18
1	8,6	4,3	2,15
2	17,5	8,75	4,4
3	24,5	12,25	6,15
5	40	20	10

b) Störfreiheit bei Hochfrequenzheilgeräten.

Atmosphärische, Rückkopplungs- und Motorsstörungen sind jede für sich allein schlimm. Noch schlimmer sind zwei oder drei im Verein. Aber nichts sind sie zusammen gegen ein Hochfrequenz-„Heil“-Gerät allein. Der Funkfreund ist nun einmal nicht zu der Überzeugung zu bringen, daß solche Hochfrequenzgeräte die leidende Menschheit von ihren Äbeln befreien können. Mancherorts scheinen auch die maßgebenden Behörden eine nicht weit davon abweichende Auffassung zu haben, denn sie haben den Anschluß dieser infamen Störer an das Lichtnetz zuzeiten des Rundfunks verboten. Es wäre nur zu wünschen, daß alsbald generelle Verbote erlassen würden, oder wenigstens die Fabrikanten dieser „modernen“ Heilgeräte für den einen und Qualinstrumente für den andern gezwungen würden, die eben so einfachen wie wirksamen Schutzvorrichtungen anzubringen, die eine Übertragung der störenden Hochfrequenz, gegen die es wegen der Breite ihres Frequenzbandes auch keine Sperr- und Siebanordnungen vor dem Empfänger gibt, auf das Netz verhindern. Die Hochfrequenzheilgeräte sind im Grunde genommen vereinfachte Teslatransformatoren, wie sie vielen Radioamateuren aus der ersten Zeit ihrer Beschäftigung mit hochfrequenten Spannungen und Strömen bekannt sind. Es sind „Funk“-Stationen

im wahren Sinne des Worts. Die durch die Funken an ihrem Unterbrecher ausgelösten Schwingungsreihen werden vom Netz als Antenne ausgestrahlt oder fortgeführt, während der Apparat bzw. der menschliche Körper das Gegengewicht bildet.

Jede Antenne kann man aber unwirksam machen, wenn man sie mit Erde bzw. mit ihrem Gegengewicht kurzschließt. Diese Möglichkeit ist auch hier gegeben. Abb. 46 stellt schematisch den Hochfrequenzapparat und seinen Anschluß an das Netz dar. Es müßte also der menschliche Körper, das Gegengewicht, mit dem Netz verbunden werden. Dazu wird sich allerdings niemand bereit erklären. Die Sache wird aber sofort ungefährlich, wenn dies unter Zwischenschaltung eines durchschlagsfähigen Kondensators zwischen Netz und menschlichen Körper geschieht.

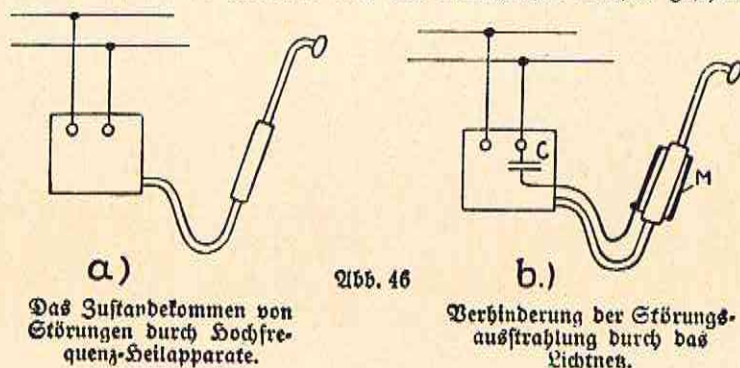


Abb. 46

a) Das Zustandekommen von Störungen durch Hochfrequenz-Heilapparate.

b.) Verhinderung der Störungsausstrahlung durch das Lichtnetz.

Abb. 46 b zeigt, in welcher Weise die Anordnung vorzunehmen ist. Die sich bestrahlende Person faßt ohnedies den Handgriff des Bestrahlungsapparates an, der aber isoliert ist. Um ihn herum legt man daher ein streng passendes Rohr aus Zink- oder Messingblech, an welches eine Litze angelötet wird, die mit der Zuführungsschnur vom Hochfrequenzgerät zum Handapparat verdrillt wird, und deren Ende zu einem durchschlagsfähigen Blockkondensator von 1000 V Wechselstrom-Prüfspannung und etwa 5000 cm Kapazität führt. Dieser Kondensator kann am Hochfrequenzgerät befestigt sein, und seine freie Klemme wird mit dem einen Stecker des Heilgeräts verbunden oder, wenn die Litze zur Stekdose mit dem Gerät fest verbunden ist, durch eine weitere Schnur mit der Stekdose. Man muß allerdings ausprobieren, mit welchem Steckerstift bzw. mit welcher Buchse an der Stekdose der Kondensator verbunden werden muß, um die gewünschte Wirkung, also Kurzschluß für die Hochfrequenzschwingungen, zu erzielen. Denn gewöhnlich ist der eine Leiter sowieso geerdet, während nur der andere strahlt.

Man muß natürlich auch hier ähnliche Vorsichtsmaßnahmen treffen, wie sie bei der Anordnung nach Abb. 44 empfohlen wurden. Blanke, direkt mit dem Netz verbundene Teile müssen so überdeckt werden, daß sie nicht berührt werden können. Also wird über den Überbrückungskondensator C ein Schutzkasten montiert. Der Mantel M um den Handapparat bleibt natürlich blank. Er steht ja nicht direkt mit dem Netz in Verbindung und führt daher nicht die Netzspannung.

D. Ladegeräte für Akkumulatoren.

So ideal es ist, beim Rundfunkempfang nicht von Batterien abhängig zu sein, so wird sich doch derjenige nicht zu ihrer Anschaffung und zum Ersatz durch komplette Netzanschlußgeräte entschließen, der im Besitz guter Akkumulatorenbatterien sowohl für die Heiz- als auch für die Anodenspannung ist. Die jederzeitige Empfangsbereitschaft kann auch schon dadurch gewährleistet werden, daß man die Ladung seiner Batterien selbst vornimmt und nicht vergißt, dauernd die Batterien auf den Ladungszustand zu kontrollieren.

Ladevorrichtungen für den Anschluß an Gleichstromnetze sollen hier nicht beschrieben werden, da dem Leser dieses Buches diese einfachen Anordnungen bekannt sein dürften. Einfach heißt hier nicht ungefährlich. Die Ladeanordnungen für Gleichstrom sind im Gegenteil gefährlich, da lediglich unter Zwischenschaltung der erforderlichen Widerstände die Spannung liefernden Klemmen direkt mit dem Netz verbunden werden.

Bei Ladegeräten für den Anschluß an Wechselstrom ist dagegen die Anwendung eines Transformators meist notwendig, auf alle Fälle immer möglich, so daß man sekundärseitig nicht in Gefahr kommt, durch Berührung blanker Stellen, mit dem Netz in direkte Verbindung zu geraten. Es ist auch hier nötig, den Anschluß der Primärseite an das Netz so zu gestalten, daß ungeschützte blanken Leitungen oder Klemmen nicht vorhanden sind. Dies geschieht genau in der gleichen Weise wie bei jedem Haushaltsapparat, der an das Lichtnetz anzuschließen ist (Bügeleisen, Staubsauger und dgl.). Es ist für den Anschluß an das Netz eine Lihe mit Doppelsteder vorzusehen, deren Verbindungsstellen mit den Eingangsklemmen des Transformators gegen Berührung geschützt werden (vgl. Abb. 44).

Gleichrichteranordnungen für Ladezwecke gibt es eine große Zahl. Es soll hier für den jeweiligen Zweck nur der Gleichrichtertyp be-

geschrieben werden, der sich für die Dauerbenutzung in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht bewährt hat.

1. Ein Glühkathodengleichrichter zur Ladung von Heiz- und Anodenbatterien.

Glühkathodengleichrichter sind für kleine Leistungen angebracht. Das Laden einer Anodenbatterie bedarf nur einer geringen Leistung, von Akkumulatoren bis 20 Amperestunden ebenfalls. Noch bis 30 Amperestunden können Batterien sehr wohl mit diesem Gleichrichter geladen werden. Größere Batterien würden unverhältnismäßig lange zur Aufladung brauchen, weshalb für besonders große Leistungen der im Abschnitt D, 3 beschriebene Tantalgleichrichter empfohlen wird.

Die Glühkathoden-Gleichrichter-Röhren beruhen auf dem gleichen Prinzip wie die Elektronenröhren für Empfangszwecke, nur fehlt bei ihnen das Gitter. Die im Handel befindlichen Röhren sind fast durchweg Vollweggleichrichter, d. h. sie nutzen beide Wechsel des Wechselstroms aus. Sie besitzen eine Kathode, die im glühenden Zustand Elektronen aussendet, und zwei Anoden, an die die Wechselspannung angelegt wird. Die Mitte der Sekundärwicklung des Transformators wird mit der Kathode verbunden. In diese Verbindungslleitung ist die zu ladende Batterie B zu schalten. Abb 47 stellt die Prinzipschaltung dar. Die Stromrichtung im hergebrachten Sinne ist dem Elektronenfluß entgegengesetzt, also wird die Kathode der Röhre zum Pluspol und die Mittelanzapfung des Transformators zum Minuspol.

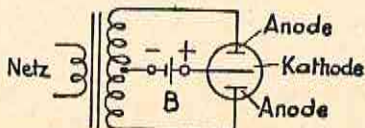


Abb. 47. Prinzipschaltung eines Glühkathodengleichrichters.

Im Prinzip sind die Anordnungen sowohl für die Ladung der Heiz- als auch für die Ladung der Anodenbatterie gleich. Der einzige Unterschied ist, daß wir zur Ladung der Heizbatterie einen starken Strom verhältnismäßig niedriger Spannung benötigen und für die Anodenbatterie einen viel schwächeren Strom von hoher Spannung. Es gibt nun Glühkathoden-Gleichrichter-Röhren, die für beide Zwecke verwendbar sind, zum Beispiel die Rectron R 250. Es ist dann aber nicht möglich, Heiz- und Anodenbatterie gleichzeitig anzuschließen, was manchmal wünschenswert sein dürfte. Außerdem müßten dann Umschaltungen vorgesehen werden, deren Betätigung erfahrungsgemäß manchmal vergessen wird, so daß eine gewisse Gefahr für die Anordnung nicht auszuschalten ist. Es ist daher ratsam, für jeden Zweck eine besondere Gleichrichterröhre zu wählen. Die

Transformatorenwicklung für die hohe und niedere Spannung sowie die Windungen für die Röhrenheizung könnten auf einen Kern gewickelt sein. Dann ergibt sich aber der Nachteil der starken Schwankungen der Sekundärspannungen und damit der zu erhaltenden Gleichspannungen, je nachdem, ob beide Systeme gleichzeitig benützt werden oder nur eins. Das beste ist daher, auch zwei getrennte Transformatoren zu benutzen, also zwei Gleichrichter nach

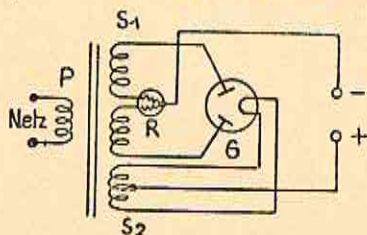


Abb. 48. Komplette Schaltung eines Glühkathodengleichrichters für Batterie-ladung.

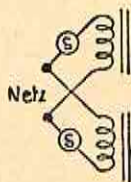


Abb. 49. Parallelschaltung der Primärspulen zweier Transformatoren.

Abb. 48 unabhängig voneinander auf einem gemeinsamen Montagebrett aufzubauen und die Primärwicklung der Transformatoren nach Abb. 49 zu schalten. Mit Hilfe normaler Dreh- oder Schnappschalter, wie sie bei Lichtanlagen Verwendung finden (S in Abb. 49) können entweder die eine oder die andere oder beide Anordnungen gleichzeitig eingeschaltet werden.

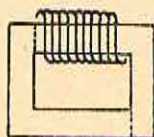


Abb. 50
Kerntransformator.

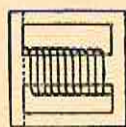


Abb. 51
Manteltransformator.

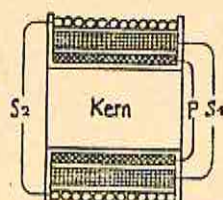


Abb. 52. Transformatorenwicklung, schematisch.

Für die Transformatoren verwendet man Kerne mit einem Querschnitt von etwa 9 qcm. Es ist dabei gleichgültig, ob man die sogenannte Kern type nach Abb. 50 oder die Mantel type nach Abb. 51 wählt. Bei der Manteltype ist der Querschnitt der äußeren Schenkel halb so groß wie der des inneren Schenkels zu nehmen. Der Querschnitt des inneren Schenkels kommt für die Berechnung in Betracht. Die Spulen werden übereinander gewickelt und kommen an die in Abb. 50 und 51 gekennzeichneten Stellen. Jeder Transformator

bekommt 2 Spulenkörper. Auf jeden Spulenkörper wird zuunterst die Hälfte der Primärwindung aufgebracht, dann folgt nach einer guten Isolationschicht (Oltpapier oder -leinen $\frac{1}{4}$ bis 1 mm dick) die Hälfte der Sekundärwindung für die Anodenspannung (S_1 in Abb. 48), dann nach nochmaliger Isolation die Hälfte der Spule S_2 für die Heizung. Die Anordnung auf dem Spulenkörper zeigt schematisch Abb. 52. Die in gleichem Sinne gewickelten Spulen werden nebeneinander auf den Kern gesetzt. Die vier Enden der Primärhälften werden an vier auf einer Isolierleiste sitzende Klemmen geführt, wobei Anfang und Ende genau bezeichnet werden. Das Ende der einen Spule wird mit dem Anfang der andern Spule verbunden, während die zum Anschlußfieder führende Litze an die noch freien Enden zu liegen kommt. Räumlich genügend von der Primärseite getrennt, wird die Sekundärklemmleiste angeordnet. Die vier Enden der Spulen S_1 führen an vier Klemmen, die vier Enden der Spulen S_2 jedoch nur an drei. Anfang und Ende der Windungen sind wiederum zu bezeichnen. Bei S_2 werden das Ende der einen und der Anfang der andern Spule gemeinsam an die mittlere der vorgesehenen 3 Klemmen geführt (Mittelanzapfung). Abb. 53 zeigt das Schaltschema, während auf Tafel IV, unteres Bild, ein fertiger Transformator ähnlicher Art dargestellt ist.

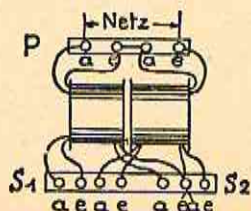


Abb. 53. Spulen- und Klemmenanordnung.

Dieser Transformator enthält allerdings nicht die Windung S_2 . Der Kern, hier ein Manteltyp, wird durch je 2 eiserne Laschen auf jeder Seite und Schraubenbolzen zusammengehalten. Die Schraubenbolzen tragen gleichzeitig die Klemmleisten aus Isolierstoff. Die untere Lasche auf jeder Seite ist so ausgebildet, daß sie auch zur Befestigung des Transformators dienen kann.

Die Wickelraten sind von der Primärspannung und von den Dimensionen des Kerns abhängig. Da es im allgemeinen unmöglich ist, Eisenkerne von ganz bestimmten Dimensionen zu beschaffen, andererseits aber Unterschiede im Kernquerschnitt eine wesentliche Änderung der Windungszahlen bedingen, wäre es verfehlt, an dieser Stelle bestimmte Wickelraten anzugeben. Statt dessen wird im Kapitel 62 gezeigt, wie man die Windungszahlen für beliebige Kerne ermittelt.

Die nötigen Sekundärspannungen richten sich nach der zur Verwendung kommenden Gleichrichterröhre. Es herrscht leider hier noch keine Einheitlichkeit auf dem Markte. Die für die Gleichrichterröhren zulässigen Spannungen und die Belastung sind aus den Prospekten der Lieferfirmen zu entnehmen. Überlastungen sind für die Röhren außerordentlich schädlich. Um sie zu verhindern, schaltet man in den Lade-

kreis einen selbstregulierenden Widerstand in Gestalt eines sogenannten Eisen-Wasserstoff-Widerstandes ein. Dieser muß zu der Gleichrichterröhre passen. Die Hersteller von Gleichrichterröhren liefern daher auch entsprechende Eisen-Wasserstoff-Widerstände, die ebenfalls Röhrenform haben. Sie befinden in der Regel 3 Kontakte, wie auch in Abb. 48 gezeichnet (R), wovon 2 mit den Enden des Widerstandes verbunden sind und der dritte mit der Mittelanzapfung des Widerstandes. Der Widerstand wird, wie die Abb. 48 zeigt, mit seinen Enden zwischen die beiden Hälften der Wicklung S_1 geschaltet, während sein Mittelabgriff nun auch gleichzeitig den Mittelabgriff der Sekundärspule darstellt und zur Minusklemme geführt wird. Durch diese Anordnung wird verhütet, daß bei etwaigen Rückzündungen in der Gleichrichterröhre die Sekundärwicklung kurz geschlossen wird. Der Mittelabgriff der Wicklung S_2 führt zur Plusklemme.

Von einem Gerät für die Ladung von Anodenakkumulatoren wird man die Ladung von 60 hintereinander geschalteten Zellen, also 120 Volt, verlangen müssen. Es müssen zu diesem Zwecke an den Klemmen des Ladegeräts etwa 160 Volt (elektrolytischer Mittelwert) vorhanden sein. Im allgemeinen werden Anodenakkumulatoren mit 50 bis 100 mA geladen. Die Höchstladestromstärke ist der den Akkumulatoren aufgeklebten Behandlungsvorschrift zu entnehmen. Bei Heizbatterien kommt in der Regel die Ladung von 2 Zellen in Frage. Beim Anschluß von 1 bis 3 Zellen regelt der zur Gleichrichterröhre passende Eisen-Wasserstoff-Widerstand die Stromstärke in den Grenzen, wie sie für die Röhre gegeben sind, im Mittel auf 1,3 Am. Für die Ladung von 2 bis 3 Zellen sind Gleichspannungen von ungefähr 6 bis 10 Volt an den Klemmen des Gleichrichters notwendig. Nach diesen Angaben kann man aus den Prospekten der Hersteller die geeigneten Gleichrichterröhren für beide Zwecke nebst den zugehörigen Eisen-Wasserstoff-Widerständen ermitteln. Ebenfalls aus diesen Prospekten gehen die anzulegenden Wechselspannungen hervor, wonach wiederum nach Kapitel G 2 der Transformator dimensioniert wird. Über die Messungen an Gleichrichtern und das Akkumulatorenladen enthält das Kapitel D 3 die nötigen Angaben.

2. Ein elektrolytischer Gleichrichter zur Ladung der Anodenbatterie (Aluminiumzelle).

Da die Ladung einer Anodenbatterie aus Akkumulatoren wohl hohe verhältnismäßig gering ist, kann zu ihrer Ladung auch der Alu-Spannung, aber nur sehr kleinen Strom erfordert, die Leistung also

miniumgleichrichter benutzt werden. Dieser ist einfach und ohne große Kosten herzustellen. Eingehend sind solche Gleichrichteranordnungen in Band 94 und 112 der Sammlung Spiel und Arbeit beschrieben. Hier seien nur Hinweise gegeben, wie man sich eine solche Anordnung für den speziellen Zweck der Anodenbatterieladung herstellen kann.

Ein Aluminiumgleichrichter besteht aus einer Aluminium- und einer Blei- oder Eisenelektrode in einer Lösung von beispielsweise doppeltkohlensaurem Natron. Eine einfache Anordnung, die für unsere Zwecke vollkommen ausreicht, ist in Abb. 54 dargestellt. Wir brauchen für 110 Volt 2 Zellen. Bei einer Netzspannung von 220 Volt sollte unter allen Umständen ein Transformator benutzt werden, der die Spannung auf 110 Volt herabsetzt. Aus Gründen der Sicherheit ist auch bei 110 Volt die Anwendung eines Transformators 1:1 empfehlenswert. Auf keinen Fall darf eine Ladeanordnung mit 2 Zellen an das 220-Volt-Lichtnetz angeschlossen werden Als Behälter für die Natronlösung genügen Gläser von etwa 200 bis 400 ccm. Sowohl die Blei- bzw. Eisen- als auch die Aluminiumelektrode erhalten Plattenform. Die Platten werden seitlich an einer Hartgummileiste, wie Abb. 54 zeigt, durch zwei Messingschrauben befestigt. Vorsicht, daß die Schrauben von beiden Seiten sich nicht berühren! Die Länge der Platten wird so gewählt, daß bei Auflegen der Hartgummileiste auf dem Rande des Gefäßes die Platten vom Boden einen Abstand von 1 bis 2 cm haben. Beim Betriebe sich bildender weißer schwammiger Bodensatz, der so hoch werden kann, daß er die Platten berührt, hat für die Gleichrichterwirkung keinen Nachteil. Beim Anschrauben der Platten wird je ein an den Enden blank gemachter Kupferdraht untergeklemmt, der die Verbindung mit den von oben mit Metallgewinde in der Hartgummileiste befestigten Klemmschrauben herstellt. Die Gewindelöcher in der Hartgummileiste dürfen nicht durchgebohrt werden. Die nicht in die Flüssigkeit ragenden Teile der Elektroden werden mit Asphaltlack gestrichen oder wenigstens mit einem Paraffinüberzug versehen. Auch ist das Aufgießen einer Schicht Öl auf den Elektrolyten von Vorteil. Die beim Betrieb sich bildenden Gase reißen kleine Tröpfchen des Elektrolyten mit in die Höhe, deren Umherspritzen durch die Ölschicht verhindert werden soll.

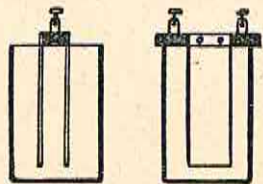


Abb. 54. Aluminiumzelle.

Der Elektrolyt selber besteht aus einer 50prozentigen Lösung von doppeltkohlensaurem Natron. Man stellt diese Lösung her, indem man ein Quantum Wasser gleich der Hälfte der benötigten Lösung mit

doppelfohlensaurem Natron sättigt. Wenn sich trotz eifrigstem Umrühren kein Salz mehr auflöst, gießt man noch einmal die gleiche Menge Wasser zu.

Das Schalt-schema der Ladeanordnung zeigt Abb. 55. Es werden 2 Aluminiumzellen, ein Drehspulamperemeter A mit einem Meßbereich von mindestens 0,2 Am, ein Regulierwiderstand von etwa 100 Ohm und die zu ladende Batterie in Serie geschaltet. Es ist gut, in den Kreis noch eine Sicherung S von einem solchen Schmelzwerte zu legen, daß das Amperemeter nicht beschädigt werden kann, die aber die erforderliche Ladestromstärke zuläßt. Man kann hierzu ein Taschenlampenbirnchen von 0,2 Am oder besser eine oder zwei parallel geschaltete Röhrensicherungen, wie sie zum

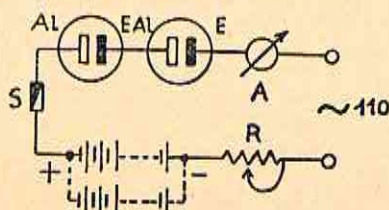


Abb. 55. Ladeanordnung und -schaltung für Anodenbatterien (Aluminiumgleichrichter).

angängig ist, in solchen Gruppen nacheinander aufgeladen. Der Pluspol der Akkumulatorenbatterie ist stets mit der Aluminiumelektrode zu verbinden, da die Gleichrichterzelle nur in der Richtung vom Eisen bzw. Blei zum Aluminium vom Strom paßiert werden kann.

Bei Einschaltung des Stromes ist der Widerstand R immer auf seinen höchsten Wert einzustellen. Man beobachtet dann, auf welchen Wert das Amperemeter A sich allmählich einstellt und reguliert langsam bis zur gewünschten Stromstärke nach. Ganz besonders bei neu hergestellten oder frisch angefahrenen Gleichrichterzellen ist dies zu beachten, damit die für die Gleichrichterwirkung notwendige Formierung der Zellen sich allmählich vollziehen kann. Dauerstromstärken über 100 mA sind für Zellen von der beschriebenen Größe nicht zulässig. Werden die Gleichrichterzellen trotz niedriger Stromstärke etwa infolge geringer Elektrolytmengen wärmer als 35, höchstens 40 Grad, so ist Kühlung der Zellen durch Einstellen in einen größeren Bottich mit Wasser erforderlich. Allzu starke Erwärmung beeinträchtigt die Wirkung der Aluminiumzelle.

Bezüglich der Strommessung sei auf das folgende Kapitel verwiesen.

3. Ein elektrolytischer Gleichrichter zur Ladung von Heizbatterien (Tantalzelle).

In neuerer Zeit hat ein besonderer Typ der elektrolytischen Gleichrichter eine solche Durchbildung erfahren, daß er wegen seiner Einfachheit, seiner einwandfreien Gleichrichtung und des Wegfalls der bei elektrolytischen Gleichrichtern sonst nötigen Wartung und des Materialverbrauchs als der beste elektrolytische Gleichrichter für große Belastung bezeichnet werden kann. Das ist der Tantal-Gleichrichter. Obwohl das Edelmetall Tantal, das bei ihm Verwendung findet, sehr teuer ist, stellt sich der ganze Gleichrichter billiger als eine Gräßsche Vierzellenschaltung mit Aluminium-Gleichrichterzellen. Da er eine sehr hohe Belastung verträgt, können auch Batterien mit hoher Kapazität in kurzer Zeit aufgeladen werden.

Aufbau und Schaltung.

Der Aufbau ist ganz ähnlich dem des früher beschriebenen elektrolytischen Gleichrichters mit Aluminium als Anode. Die Elektroden bestehen hier aus Blei und Tantal. Der Gleichrichter kann ausgeführt sein als Einzelzelle für Einweggleichrichtung und als Doppelzelle für Vollweggleichrichtung (Zweiweggleichrichtung). Im letzten Falle finden eine Blei- und zwei Tantalelektroden Verwendung. Es ist für die Ladezeit des Akkumulators gleichgültig, ob man einen Einweg- oder Vollweggleichrichter baut, sofern nur die Gesamtoberfläche der Tantalelektroden bei beiden Typen gleich bleibt. Die Benutzung eines Vollweggleichrichters, also einer Doppelzelle, ist aber insofern vorteilhaft, als das Verhältnis zwischen dem erzielten Gleichstrom und der Gesamtstrombelastung günstiger ist als bei Einweggleichrichtung. Hierüber wird weiter unten noch die Rede sein.

Es ist genau der gleiche Aufbau möglich wie bei dem Aluminium-Gleichrichter nach Abb. 54. An die Stelle der Aluminiumelektroden tritt das Tantalblech. An Stelle der Leiste nimmt man hier einen Hartgummideckel, der die Gefäßöffnung ganz, aber nicht dicht, verschließt. Die Elektroden werden durch Schlitze gesteckt. Die Entfernung zwischen beiden Elektroden kann ungefähr 3 bis 5 cm betragen. Zum Anschluß bringt man Klemmen an. Auf die Größe der Elektroden kommt es nicht sehr an. Der Tantalstreifen kann etwa 100 mm lang, 5 mm breit und $\frac{1}{10}$ mm dick sein. Der Preis dafür

beträgt etwa 1,50 Mark¹. Man kann pro Gramm mit 1 Mark rechnen. Das wohlfeile Bleiblech nimmt man so groß wie möglich.

Das Gefäß wird bis 1 cm unter dem Rande mit *Alkumulatorensäure* (verdünnte Schwefelsäure vom spez. Gewicht 1,18) gefüllt. Der Lösung setzt man pro 100 cem 1 g Eisenvitriol zu,

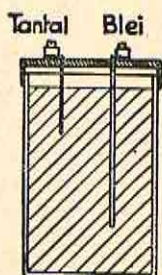


Abb. 56
Zantalzelle.

das pulverisiert wird und sich von selbst auflöst. Je größer das Flüssigkeitsvolumen, desto geringer ist die Erwärmung, die übrigens schon recht beträchtlich sein kann, ehe ein schädlicher Einfluß festzustellen ist. Abb 56 zeigt diese Anordnung. Da während des Betriebs heftige Gasentwicklung stattfindet, und die entweichenden Gase Säuredämpfe und -tröpfchen mitreißen, ist diese Anordnung nur für Versuchszwecke oder für die Ladung in unbewohnten Räumen zu empfehlen. Die Klemmen sind durch die Säuredämpfe ebenfalls gefährdet.

Für das Laden in bewohnten Räumen kommt eine später eingehend beschriebene Ausführungsform in Frage, wobei Sicherung gegen Säurespritzer und -dämpfe und gegen Verschütten von Säure vorhanden ist, so daß das Laden mit einer solchen Zelle sich absolut sauber und ohne nachteilige Folgen für die Umgebung der Ladeanordnung abwickelt.

Legt man an die Elektroden einer solchen Zelle eine Wechselspannung etwa von der gleichen Höhe, wie sie für den Aluminium-Gleichrichter zulässig ist, also etwa 40 Volt, so findet Gleichrichtung statt, und zwar fließt der Strom nur in der Richtung vom Blei zum Tantal durch die Zelle. Das Tantal wird also zum Pluspol der Anordnung. In der umgekehrten Richtung ist der Widerstand der Zelle unendlich. Die eine Halbperiode des Wechselstroms ist also vollständig unterdrückt, während beim Aluminium-Gleichrichter immer noch ein kleiner Strom in dieser Richtung verbleibt. Diesem Umstande und dem weiteren Umstande, daß kein Formierungsprozeß notwendig ist, ist es zu verdanken, daß an die Stelle der Gräbischen Vierzellenschaltung die Doppelzelle treten kann und somit die ganze Gleichrichteranlage vereinfacht und verbilligt wird.

Beim Stromdurchgang entstehen am Blei, das für den Gleichstrom Eintrittsstelle, also Anode ist, Sauerstoff und am Tantal als Aus-

¹ Bezugsquelle beispielsweise Siemens & Halske. Diese Firma hat in allen größeren Städten Niederlassungen.

trittsstelle, Kathode, Wasserstoff. Das Blei verwandelt sich an seiner Oberfläche in Bleisuperoxyd (rotbraun), das mit der Zeit abfällt und auf den Boden sinkt, weshalb die Elektroden auch nicht bis auf den Boden reichen sollen. Das Blei wird also, wenn auch nach geraumer Zeit, ersetzt werden müssen. Das teure Santal wird nicht angegriffen. Im Betrieb wird also infolge der Sauerstoff- und Wasserstoffabscheidung Wasser verbraucht, so daß von Zeit zu Zeit destilliertes Wasser nachgefüllt werden muß, nicht aber Säure.

Wegen der Wirtschaftlichkeit benutzt man zum Betrieb einer Ladeeinrichtung für wenige Akkumulatoren einen Transformator, der die Netzspannung auf das notwendige Maß herabsetzt. Während Transformatoren gewöhnlicher Bauart für Einweggleichrichtung verwendet werden können, benötigt man für Vollweggleichrichtung einen Transformator mit Mittelanzapfung bei der Sekundärspule, oder man schaltet zwei etwa vorhandene Transformatoren, wie sie für Einweggleichrichtung Verwendung finden, mit den Primärspulen parallel und mit den Sekundärspulen hintereinander, wobei die Verbindung der Sekundärspulen als Mittelabgriff benutzt wird. Das Schaltungsschema hierfür zeigt die Abb. 57. Ringeltransformatoren großer Bauart sind hierfür geeignet. Die Berechnung geeigneter Transformatoren behandelt Kapitel G 2.

Die Schaltung für Einweggleichrichtung zeigt Abb. 58. Vollweggleichrichtung wird mit der in Abb. 59 angegebenen Anordnung erzielt. Die Pfeile deuten die Stromrichtung an. Der Stromkreis enthält außer der Sekundärwicklung des Transformators, dem Gleichrichter und der zu ladenden Batterie einen Regulierwiderstand von geeigneter Größe (s. Seite 79) und ein Meßinstrument für die Stromstärke. Parallel zur Batterie kann man auch noch einen Spannungsmesser schalten, um den Verlauf der Ladung beständig zu kontrollieren. Ein Ausführungsbeispiel befindet sich im Abschnitt „Betrieb“ (Seite 79 ff.). Wenn die einzelnen Teile der Gleichrichteranordnung nicht auch zu anderen Zwecken benutzt werden sollen, baut man sie vorteilhaft auf ein gemeinsames Grundbrett zusammen, das zum Anschluß des Akkumulators zwei Klemmschrauben, die mit plus und minus bezeichnet werden, erhält. Der Anschluß an die Steckdose wird mit Hilfe einer

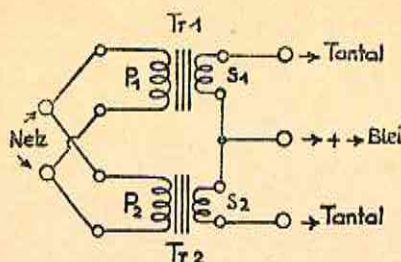


Abb. 57. Zwei normale Transformatoren für Vollweggleichrichtung zusammengeschaltet.

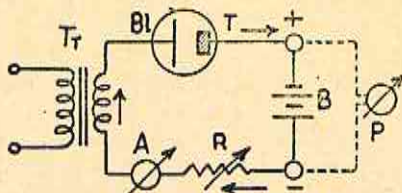


Abb. 58. Einweggleichrichtung mit Tantalzelle.

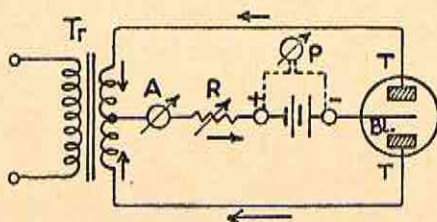


Abb. 59. Vollweggleichrichtung mit Tantalzelle.

Liße mit Stedern bewirkt, die an der Primärwicklung des Transformators ein für allemal so angebracht ist, daß keine blanken Teile, zum Beispiel Klemmen der Primärwicklung, berührt werden können. Zur Verbindung der Liße mit der Primärwicklung eignen sich gut die sogenannten Lüsterklemmen, die in jedem Installationsgeschäft erhältlich sind.

Bau eines Vollweggleichrichters.

An einen idealen Gleichrichter müssen folgende Anforderungen gestellt werden:

1. Betriebssicherheit,
2. Vermeidung von störenden Geräuschen,
3. Verhinderung des Austritts von Flüssigkeit oder schädlichen Dämpfen,
4. Wegfall jeglicher Wartung,
5. billige Herstellung.

Diesem Ideal kommt der nachfolgend beschriebene Gleichrichter sehr nahe.

Betriebssicher ist der beschriebene Tantal-Gleichrichter, weil er beim Ausbleiben der Netzspannung eine Entladung des Akkumulators über die Sekundärwindlung des Transformators infolge seiner absoluten Sperrwirkung in der dem Ladestrom entgegengesetzten Richtung verhindert. Dem Tantal-Gleichrichter wird vielfach wegen der Abscheidung von Wasserstoff und Sauerstoff und des daraus sich mischenden Knallgases der Vorwurf der Explosionsgefahrlichkeit gemacht. Tatsächlich sind schon Tantal-Gleichrichter explodiert. Wenn der Tantal-Gleichrichter nicht explosions-sicher zu bauen wäre, müßte von seiner Benutzung allerdings unbedingt abgeraten werden. Die beschriebene Ausführungsform ist von absoluter Explosions-sicherheit, so daß bei ihr nicht einmal so viel Vorsicht gewahrt werden muß, wie bei einem unter Ladung stehenden Akkumulator. Hier muß man bekanntlich vermeiden, mit offenem Licht der Öffnung zu nahe zu kommen, um das unter dem Dedel sich ansammelnde Knallgas nicht zu entzünden. Eine Explosionsgefahr ist von vornherein überhaupt nur vorhanden, wenn der Gleichrichter einen vollständig schließenden Dedel ähnlich wie der Akkumulator erhält, der zum Ein- und Ausgießen und zum Entweichen der Gase nur eine kleine Öffnung besitzt. Wir bauen den Gleichrichter aber gerade gänzlich verschlossen, um eine Gefährdung durch offenes Licht zu verhindern. Damit nicht durch im Innern entstehende Funken das Knallgas entzündet werden kann, werden keine Nietungen, Lötungen und dergleichen an den Elektroden innerhalb des Gefäßes vorgenommen, so daß Wadellkontakte und damit Funkenbildung ausgeschlossen sind. Dem Knallgas wird ein Abfluß durch ein Glasrohr ermöglicht, das in eine Wasservorlage führt (Tafel VI). Das aus der Wasservorlage heraustretende Gas verteilt sich sofort und ist in diesen geringen Mengen unschädlich. Wenn eine Entzündung dicht an der Austrittsstelle möglich wäre, so ist ein Zurückschlagen der Flamme in den Gleichrichter wegen der Wasservorlage ausgeschlossen.

Der allseitige Verschuß verhindert selbst dann einen Austritt der Flüssigkeit, wenn der Gleichrichter umfällt, da für das Herausfließen der Flüssigkeit aus dem Entgasungsrohr ein Nachströmen der Luft in das Gefäß notwendig wäre, was aber gerade durch den luftdichten Abschluß bei nicht zu weitem Entgasungsrohr verhindert wird. Die von den Gasblasen mitgerissenen Säureteilchen werden dadurch unschädlich gemacht, daß das Entgasungsrohr in die Wasservorlage führt. Also kommen Wasserstoff

und Sauerstoffgewaschen aus der Wasservorlage heraus, so daß kein Schaden mehr angerichtet werden kann. Somit wird den Anforderungen 1 und 3 in bester Weise genügt.

Störgeräusche sind nicht vorhanden. Die Billigkeit wurde schon hervorgehoben. Die Wartung beschränkt sich auf das gelegentliche Nachfüllen von destilliertem Wasser und die nach sehr, sehr langer Zeit schließlich erforderliche Auswechslung der Bleikathode, die bei genügender Dicke des Blechs auch noch in Wegfall kommt. Das Nachgießen von destilliertem Wasser erfolgt mittels eines Saughebers in Form eines sehr dünnen Schlauches durch das Entgasungsrohr. Der Schlauch wird ganz durch das Rohr gesteckt. Die Luft kann dann zwischen Schlauch und Rohrwand entweichen, so daß die einzufüllende Flüssigkeit einströmen kann. Wenn man also beim Bau eines solchen Tantal-Gleichrichters die nötige Sorgfalt walten läßt, so kann man sicher sein, endlich den elektrolitischen Gleichrichter für große Belastungen gefunden zu haben, der auch bei Dauerbetrieb nie versagt und restlos Freude bereitet.

Den fertigen Gleichrichter mit Wasservorlage zeigt Tafel VI. Sehr zweckdienlich ist die Verwendung eines Akkumulatoren-glases von etwa 16 cm Höhe und einer Bodenfläche von circa 11×4 cm, wie es etwa für 20-Amperestunden-Batterien angewandt wird. Aus Hartgummi, 3 bis 4 mm stark, sägt man ein Rechteck aus von solcher Größe, daß es in die Öffnung des Akkumulatoren-glases gerade hineinpaßt und auf den Rippen aufsitzt. Dünneres Hartgummi wird weich und biegt sich durch, wenn später die heiße Veräußmasse aufgebracht wird. Für die Elektroden bei unserer Doppelzelle, also 3 an der Zahl, werden mit der Laubsäge Schlitz eingesägt, die nicht länger und breiter sind, als zum Durchstecken der Elektroden notwendig. Außer den Schlitz erhält dieser Verschlussdeckel in einer Ecke nicht zu nahe dem Rande, ein kreisrundes Loch zur Aufnahme eines kurzen Glasröhrchens. Das Röhrchen muß streng in das Loch passen und wird nur so weit durchgesteckt, daß es über die untere Kante des Deckels nicht heraussteht; sonst macht die Entleerung des Gleichrichters Schwierigkeiten. Das Glasrohr kann einen inneren Durchmesser von 6 bis 7 mm haben. Die Anordnung zeigt Abb. 60a. Die Bleielektrode steht in der Mitte, die beiden Tantalelektroden in etwa $2\frac{1}{2}$ bis 3 cm Abstand rechts und links davon. Als Klemmen für alle Elektroden werden Schlitzklemmen verwandt, die später bis zur Hälfte mit eingegossen werden und dadurch mitsamt den Elektroden

absolut fest stehen (Abb. 60 b). Die Elektrodenbleche werden soweit durch den Hartgummidedel gesteckt, daß die Schließklemmen auf-

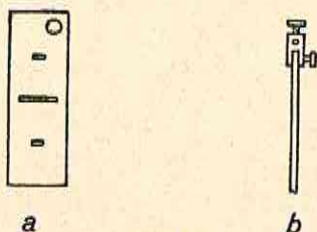


Abb. 60.

- a Deckel für den Tantalgleichrichter.
b Elektrode mit Schließklemme.

stehen. Diese sollen so hoch sein, daß die den vollständigen Abschluß bewirkende Vergußmasse wenigstens 1 cm hoch werden kann, ohne die für die Einführung des Drahtes vorgesehenen Löcher der Klemmen zu erreichen. Daß die Größe der Elektroden keine große Rolle spielt, ist schon gesagt worden. Die Bleielektrode kann aus 1 bis 3 mm starkem Blech bestehen, das 1 bis 1½ cm schmaler ist, als die lichte Weite des Glases beträgt, während sie so lang gewählt wird, daß sie wenigstens 2 cm über dem Boden hängt. Das 5 mm breite Tantalblech soll natürlich so weit wie möglich in die Säure ragen, 3 bis 5 cm genügen. Man wird, um zu sparen, das in die Schlitze der Klemmen zu legende Stüd so knapp wie möglich bemessen und die Säure bis 5 mm unter die Vergußmasse gehen lassen.

Die Vergußmasse ist die gleiche, wie sie für das Vergießen von Akkumulatoren verwendet wird. Wenn man sie nicht von einer Akkumulatorenwerkstätte oder Batteriefabrik beziehen kann, benutzt man einen Teil der Vergußmasse einer alten Anodenbatterie oder einzelner alten Taschenlampenbatterien, die zusammenzubringen nicht allzu schwer halten dürfte. Man reinige aber die Masse von anhaftenden Sägespänen oder Teilen von Pappe. Die Masse wird in einer sauberen Blechbüchse auf kleiner Flamme bis zur Dünnschmelze, die man am Hochsteigen und am intensiven Blasenreiben erkennt, erhitzt. Das Akkumulatorenblech, das gut trocken sein muß, wird am Rande am besten etwas angewärmt (in der warmen Luft über der Flamme, nicht in der Flamme selbst), um ein Springen mit Sicherheit zu vermeiden. Dann gießt man die Vergußmasse in dünnem Strahl auf den eingeleg-

ten und mit den Elektroden sowie dem Ausgußröhrchen versehenen Hartgummidedel. Schon beim Aufgießen verteilt man die Masse möglichst über den ganzen zu vergießenden Raum. Damit sie sich überall gut an die Wand und die Klemmen anlegt, fährt man mit der blauen Flamme des Bunsenbrenners leicht darüber hin, bis sich eine glatte Oberfläche gebildet hat und die leichtflüssige Masse an allen Wänden hinaufsteht. Wenn man keine Bunsenflamme zur Verfügung hat, kann man sich mit einer Kerzenflamme helfen, indem man sie mittels eines Rohres mit feiner Öffnung auf die Vergußmasse bläst (Lötrohr). Wie eine solche Zelle zu vergießen ist, kann man sich am besten in einer Akkumulatorenwerkstätte absehen.

Wenn die Vergußmasse vollständig erhärtet ist, wird das Gefäß mit destilliertem Wasser gründlich gespült. Wie das Gefäß zu füllen ist, wurde schon gesagt. Die Entleerung erfolgt in ähnlicher Weise. Den als Saugheber benutzten dünnen Schlauch steckt man durch das Entgasungsrohr weit in das Gefäß hinein und kehrt dieses um. Dann fließt das Wasser zwischen Schlauch und Rohrwand heraus, während die Luft durch den Schlauch eindringt. Nach dieser letzten Reinigung wird die Akkumulatorensäure, der das dem Gefäß entsprechende Quantum Eisenvitriol zugesetzt worden ist, eingefüllt. Vorsicht, daß beim Ansaugen keine Säure in den Mund gerät! Ein Glasrohr am Ende des Schlauches einsteden!

Wenn nicht allzu hohe Stromstärken, bis 2 Am Gesamtbelastung, was beim Gleichstrom zirka 1,3 Am bei Einweggleichrichtung und etwa 1,8 Am bei Vollweggleichrichtung entspricht, im Betriebe benutzt werden, ist eine Kühlung des Gefäßes überflüssig. Die bei großer Belastung entwickelte Wärme scheint zwar auf die Gleichrichtung keinen schädlichen Einfluß auszuüben, wenigstens wurde dies vom Verfasser noch nicht beobachtet, jedoch ist ein Weichwerden der Vergußmasse möglich. Es bereitet keine Schwierigkeiten, das Gleichrichtergefäß zu kühlen. Man stellt es einfach in einen Kübel mit Wasser, das erneuert wird, wenn die Temperatur auf 30 bis 40 Grad angestiegen ist. Das Entgasungsrohr, ein etwa 16 cm langes Glasrohr von gleicher lichter Weite wie das Ausgußrohr im Dedel, das mittels eines Stückes steifen Gummischlauches beweglich mit dem Ausgußrohr verbunden ist, führt dann in das Wasser, so daß eine besondere Wasservorlage entbehrlich wird. Wenn dagegen ohne Kühlung gearbeitet wird, stellt man ein gewöhnliches Becherglas mit Wasser so neben den Gleichrichter, daß das nach unten gebogene Entgasungsrohr hineinragt, wie es auf Tafel VI zu sehen ist.

Betrieb des Gleichrichters.

Die Spannung des Transformators muß so groß sein, daß bei dem jeweils benötigten Strom die verschiedenen Spannungsabfälle (Amperemeter, Regulierwiderstand, Gleichrichter, Akkumulator) bestritten werden können. Es ist also, zumal wenn starke Ladeströme in Frage kommen, eine nicht unerheblich höhere Transformatorspannung notwendig, als die an den Klemmen des Akkumulators erforderliche Ladepannung. Zweckmäßig ist es, die Sekundärspule des Transformators für 12 und 24 Volt zu wählen und den Maximalwert des Regulierwiderstandes so groß zu nehmen, daß selbst dann, wenn der Spannungsabfall im Gleichrichter und der Akkumulatorenbatterie ausfallen würde, die Stromstärke den Meßbereich des Amperemeters nicht übersteigen könnte. Wenn das Drehspulinstrument einen Meßbereich von 6 oder gar 10 Am besitzt, der Maximalwert des Widerstandes 5 Ohm beträgt, die Sekundärspannung des Transformators 12 und 24 Volt, so ist die Ladung selbst von 4 Zellen mit Stromstärken bis zu 3 Am möglich, während andererseits eine Gefährdung des Meßinstruments auch bei etwa eintretendem Kurzschluß weder bei Vollweg- noch bei Einweggleichrichtung stattfindet. Wenn weniger Zellen geladen werden, steigt bei ein und derselben Transformatorspannung die Stromstärke an. Der Verfasser hat dem Gleichrichter schon bis zu 4 Am Dauerbelastung zugemutet, ohne daß ein Schaden entstanden wäre. Der Widerstandsdraht muß für solche Belastungen eine Stärke von etwa 1 mm haben. Will man nur eine Zelle oder eine zwei- und mehrzellige Batterie wegen ihrer kleinen Kapazität mit geringerer Ladestromstärke laden, so geht man auf 12 Volt Wechselspannung herunter.

Da bei der hohen Belastungsmöglichkeit beim Tantalgleichrichter in der Regel mit der höchstzulässigen Stromstärke geladen werden wird, muß dem fortschreitenden Ladungszustand der Batterie besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden.

Leider ist es seit der Zeit, da Akkumulatorenbatterien in großer Zahl ausschließlich für Radiozwecke benutzt werden, eingerissen, Kapazitätswerte anzugeben, die zwar nicht falsch, aber doch irreführend sind. Die Kapazität eines Akkumulators wächst nämlich, wenn man ihn mit bedeutend geringerer Stromstärke lädt bzw. entlädt, als eigentlich zulässig ist. So hat zum Beispiel ein Akkumulator, der 10 Stunden mit 3 Am entladen werden kann bzw. geladen werden muß, eine Kapazität von $10 \times 3 = 30$ Amperestunden. Derselbe

Akkumulator erfordert bei einer halb so starken Entladung bzw. Ladung nicht etwa die doppelte Lade- oder Entladezeit, sondern erheblich mehr, mit anderen Worten: seine Kapazität ist gewachsen. So kommt es, daß Batterien von verhältnismäßig kleinen Abmessungen die Kapazitätsangabe 100 Amperestunden tragen können.

Dies führt leicht zu falschen Schlüssen in bezug auf die zulässige Ladestromstärke. Die herkömmliche Kapazitätsangabe bezieht sich stets auf zehnstündige Ladung bzw. Entladung, so daß aus der angegebenen Kapazität auf die zulässige Ladestromstärke geschlossen werden kann, indem man die Kapazität durch 10 teilt. Eine Batterie von 30 Amperestunden kann man also normal mit 3 Am laden oder entladen. Spannung und Regulierwiderstand sind also hiernach einzurichten.

Für die Vollweggleichrichtung kann eine Gesamtsekundärspannung von 20 und 40 Volt empfohlen werden, so daß beiderseits der Mittelanzapfung 10 und 20 Volt entnommen werden können. Im übrigen bleibt die Dimensionierung der Teile bestehen.

Bei der Gleichrichtung allgemein haben wir es mit pulsierendem bzw. zerhacktem Gleichstrom zu tun (vgl. Abb. 61). Wir erhalten bei Messung des Stromes mit nur Gleichstrom anzeigenden Instrumenten, also Drehspulinstrumenten andere Werte als bei Messungen mit Instrumenten, die auf das Quadrat der Momentanstromwerte reagieren, zum Beispiel Hydrecht- und Weicheiseninstrumenten. Dieser Unterschied sei besonders erwähnt, weil es bei der zulässigen hohen Belastung häufiger vorkommen mag, daß man an der Grenze des Meßbereiches eines Instruments arbeitet, so daß bei Messungen mit Drehspulinstrumenten leicht eine Überlastung des Instruments stattfinden kann, von der unter Umständen der Bastler nichts ahnt. Andererseits wird bei Messungen mit den billigen, meist für Batterieprüfung verwandten Weicheiseninstrumenten (erkennlich an der nicht proportional geteilten Skala, die erst mit einem gewissen Mindestwert anfängt) eine Stromstärke angezeigt, die höher ist als die, die für die Ladung des Akkumulators wirksam ist. Bei Einweggleichrichtung zeigt ein Weicheisen- oder Hydrechtinstrument ungefähr $\frac{3}{2}$ des Wertes an, den wir am Drehspulinstrument ablesen. Der am Drehspulinstrument abgelesene Wert ist der für die Aufladung des Akkumulators wirksame Strom, während der am Weicheiseninstrument abgelesene Strom für die Belastung des ganzen Kreises maßgebend

ist, was besonders wegen der möglichen Überlastung des empfindlichen Drehspulinstrumentes zu wissen wichtig ist. Das Drehspulinstrument wird also in Wirklichkeit von einem 1,5mal so hohen Strom durchflossen, als von ihm angezeigt wird. Sein Meßbereich muß daher das 1,5fache der notwendigen Ladestromstärke betragen, damit eine Beschädigung der Drehspule oder ihrer Zuführungen sicher vermieden wird.

Bei Vollweggleichrichtung nähern sich die durch die verschiedenartigen Instrumente angezeigten Werte etwas. Es fließt in Wirklichkeit ein Gesamtstrom, der etwa 1,1mal so groß ist als der vom Drehspulinstrument angezeigte und für die Ladung in Frage kommende Gleichstrom. Es wird also stets die Ladestromstärke nach einem Drehspulinstrument einreguliert, wobei der höheren Gesamtbelastung Rechnung zu tragen ist. In Ermangelung eines Drehspulinstrumentes muß dagegen bedacht werden, daß von dem im Weicheisen- oder Hydrazininstrument angezeigten Wert bei Einweggleichrichtung nur etwa $\frac{2}{3}$ und bei Vollweggleichrichtung nur $\frac{9}{10}$ für die chemische Wirkung in Frage kommen.

Wenn der Gleichrichter einmal benutzt war, stellt sich beim Neueinschalten nicht sofort der volle Strom ein. Hat der Gleichrichter längere Zeit gestanden, so wird man zunächst eine scheinbar völlige Abriegelung feststellen. Man wartet dann bei ganz eingeschaltetem Widerstand so lange, bis der Strom zu fließen beginnt, um dann durch langsames Ausschalten von Widerstand auf den gewünschten Stromwert einzuregulieren. Man beobachtet das Meßinstrument noch eine Zeitlang, bis ein weiteres Steigen der Stromstärke ohne Zutun nicht mehr stattfindet. Danach kann man den Gleichrichter getrost ohne Aufsicht stehen lassen, wenn nicht große Ladestromstärke eine zeitweise Erneuerung des Kühlwassers notwendig macht.

Wenn man mit eingeschaltetem Voltmeter (Drehspulinstrument) das Ansteigen der Batteriespannung während der Ladung beobachtet, so wird man bei Beginn der Ladung ein ziemlich rasches Ansteigen, im weiteren Verlauf aber langsames Steigen der Klemmenspannung feststellen. Man muß von Zeit zu Zeit die Klemmenspannung kontrollieren. Wenn während einer halben Stunde die Zellen sehr stark gasen und die Endspannung von 2,6 bis 2,7 Volt besteht, so muß die Säuredichte, die mit dem Säuremesser festgestellt wird, min-

destens 1,28, höchstens 1,30 (spezifisches Gewicht) betragen. Die Regulierung der Säuredichte erfolgt am besten, wenn die Zelle regulär bis auf eine Spannung von 1,8 Volt entladen wurde. Dann soll das spezifische Gewicht der Säure 1,11 bis 1,12 betragen. Die während der Ladung vergaste Flüssigkeit darf nicht durch Säure ersetzt werden, sondern durch destilliertes Wasser, da nur Wasser in Form von Wasserstoff und Sauerstoff entwichen ist. Akkumulatorensäure wird nur nachgefüllt, wenn vom Inhalt verschüttet wurde.

Während also der Gleichrichter so gut wie ohne Wartung sein kann, muß man seinen Akkumulatoren eine gewisse Sorgfalt zuwenden, wenn sie nicht verdorben werden sollen. Man hat aber beim Selbstladen die sichere Gewähr für Erhaltung der normalen Lebensdauer der Akkumulatoren, die bei Übergabe an so manche gewerbliche Ladestation nicht vorhanden ist. Besonders durch das ständige Nachfüllen mit Säure statt mit destilliertem Wasser oder durch Verunreinigung und, man sollte es kaum für möglich halten, durch umgekehrtes Laden, ist schon so mancher Akkumulator vor der Zeit verdorben worden. Ein guter Gleichrichter wird manchen von der ständigen Angst um seine Batterien befreien und auch dadurch die Freude am Besitz guter Akkumulatoren erhöhen, daß diese in Zukunft nicht immer im entscheidenden Augenblick gerade leer sind.

E. Neganschlußgeräte.

Immer mehr wird, wenigstens für den Betrieb der Röhren-
geräte, an Stelle der Anodenbatterie das Neganschlußgerät benutzt.
Es ist aber auch seit langem das Bestreben vorhanden, die Röhren
aus dem Neg zu he i z e n. Auch hierfür können Neganschlußgeräte
gebaut werden. Jedoch gestalten sich Geräte dieser Art wegen der not-
wendigen starken Dimensionen teurer als Neganschlußgeräte für Ano-
denspannung. Der gangbare Weg scheint durch das Erscheinen der in-
direkt geheizten Röhren angebahnt zu sein, so daß für die Heizung
kein besonderes Neganschlußgerät notwendig wird.

1. Neganschluß für Anodenspannung.

Im Abschnitt D 1 ist bereits
ein Gerät zur Gewinnung von
Gleichspannungen aus dem
Wechselstromneg beschrieben.
Die Gleichspannung, wie sie
durch ein Gerät nach Abb. 48
geliefert wird, ist aber nicht
zur Verwendung als Anoden-
spannung für ein Empfangs-
gerät geeignet. Sie würde ein
unerträgliches Brummen er-
zeugen. Die Entstehung dieses
Brummens erklärt sich aus
Abb. 61. Die Kurve a stellt den
Verlauf des Wechselstromes
dar. Unser normaler Lichtstrom
hat in der Regel 100 Wechsel,
das heißt, er wechselt 100mal
in der Sekunde seine Richtung.
Der Abschnitt A—B auf der
Linie a stellt den Zeitabschnitt
von $\frac{1}{100}$ Sekunde dar. In die-
ser Zeit wächst der Strom bzw.
die Spannung von 0 (A) auf

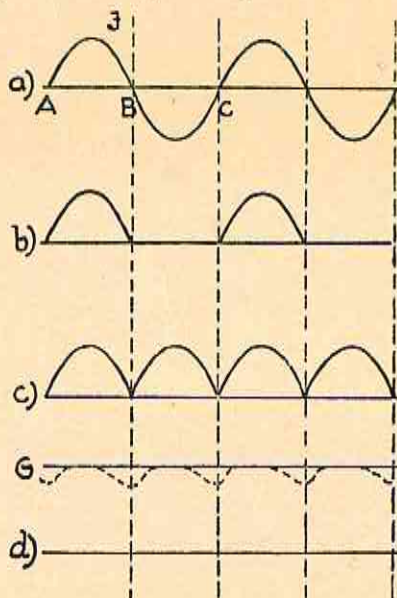


Abb 61. a) Wechselstrom, b) zerrhackter Gleichstrom, c) pulsförmiger Gleichstrom, d) Wellenstrom.

einen bestimmten Höchstwert an, um dann wieder auf 0 (B) gemäß der Kurve J zu fallen. Nun fließt der Strom in umgekehrter Richtung, wächst wieder auf einen Maximalwert an und erreicht in C wieder den Wert 0. Dann wiederholt sich der Verlauf wie von A aus. Den ganzen Verlauf A—C nennt man eine Periode, die aus den beiden Wechseln A—B und B—C besteht. Der Zeitabschnitt A—C stellt also $\frac{1}{50}$ Sekunde dar, und statt „100 Wechsel“ können wir auch sagen „50 Perioden“ pro Sekunde. Wenn wir also für den Zeitraum einer Sekunde den Verlauf des Wechselstroms in Kurvenform darstellen wollten, so müßten wir die Kurve A—B—C 50mal wiederholen.

Ein Gleichrichter läßt nun von den beiden Wechseln einer Periode nur den einen hindurch, während die andere Stromrichtung abgeregelt wird. Es entsteht dann das Kurvenbild b. Wir haben also keinen wirklichen Gleichstrom, der in jedem Augenblick dieselbe Spannung bzw. Stromstärke aufweist, sondern einen *zerhackten Gleichstrom* oder einen Gleichstrom, der aus 50 Stößen pro Sekunde von je $\frac{1}{100}$ Sekunde Dauer besteht, zwischen denen Zwischenräume von je $\frac{1}{100}$ Sekunde liegen. Es liegt auf der Hand, daß eine solche Gleichspannung als Anodenspannung unbrauchbar ist. Die *Vollweggleichrichter*, wie sie in Kapitel D 1 behandelt sind, besitzen aber 2 Gleichrichter, wenn auch in einer Röhre vereinigt, von denen der eine jeweils den Wechsel durchläßt, den der andere absperrt. Sie arbeiten also im Gegentakt. Die Schaltung ist dann so eingerichtet, daß in dem beiden Kreisen gemeinsamen Leiterstück, nämlich von der Mittelanzapfung der Sekundärwicklung des Transformators bis zur Kathode der Röhre, die von beiden Systemen durchgelassenen Wechsel (Stromstöße) die gleiche Richtung haben. Der Verlauf dieses Stromes wird durch das Kurvenbild c dargestellt. Wir haben somit immer noch keinen reinen Gleichstrom, der für direkte Speisung des Empfängers verwendbar wäre. Wenn wir zwischen die Ausgangsklemmen des Gleichrichters einen großen Kondensator schalten, so wird dieser Kondensator auf die Maximalspannung des Wechselstromes aufgeladen. Bei Stromverbrauch sinkt aber die Spannung besonders in den Augenblicken, da die Kurve c den Nullwert erreicht, weil in diesen Momenten die Spannung vom Gleichrichter her nicht nachgeliefert wird. Es entsteht dann ein Kurvenbild ungefähr nach Abb. 61 d. Die ausgezogene Linie G ist die Gleichspannung des Sammelkondensators im unbelasteten Zustand. Bei Belastung treten Depressionen etwa von der strichlierten Form auf. Auch diese periodischen Spannungsschwankungen sind natürlich hörbar. Einen Strom dieser Art bezeichnet man als *Wellenstrom*. Man kann ihn als einen *Gleichstrom* auffassen, dem ein *Wechselstrom* überlagert ist. Dieser überlagerte Wechselstrom muß beseitigt werden.

Zu diesem Zwecke schaltet man in den Gleichstromkreis, der an die

Ausgangsklemmen des Gleichrichters bzw. die Klemmen des Sammelkondensators angeschlossen wird, einen hohen Wechselstromwiderstand in Form einer Eisendrossel mit vielen Windungen. Hinter der Drossel wird die Gleichstromleitung wieder durch einen großen Kondensator überbrückt, der sowohl von der Gleichrichterseite her durchkommenden Resten der Wechselspannung, wie auch den hoch- und niederfrequenten Wechselspannungen in den Anodenkreisen des anzuschließenden Geräts einen bequemen Abfluß gestattet. Kondensatoren haben bekanntlich für Wechselstrom einen um so kleineren Widerstand, je größer sie gewählt werden, während Selbstinduktionen, also auch Drosseln, einen um so höheren Widerstand haben, je größere Windungszahlen sie besitzen. Die ganze Anordnung zeigt Abb. 62, worin wir auf der linken Seite den Gleichrichter von Abb. 48 wiedererkennen, jedoch ohne den hier überflüssigen Eisenwasserstoffwiderstand R , während rechts von der punktierten Linie die erwähnte Kombination von Kondensatoren und einer Drossel eingeschaltet ist. Diese Kombination nennt man eine Siebkette, da sie die schädlichen Wechselspannungen gewissermaßen ausfiltert.

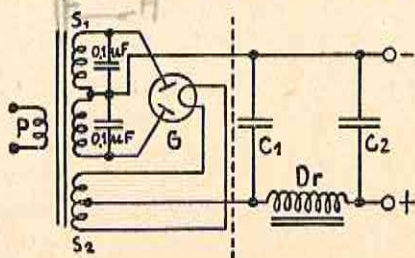


Abb. 62. Nachschlußgerät für die Anodenspannung mit Siebkette.

Wenn die Wicklung S_2 des Transformators nicht genau für die Heizspannung der Gleichrichterröhre dimensioniert ist, so kann in die Heizleitung ein Regulierwiderstand mit einem Maximalwert von etwa 2 bis 3 Ohm geschaltet werden. Es sei übrigens bemerkt, daß die Wicklung S_2 nicht unbedingt angezapft sein muß, sondern daß die Plusleitung auch an eine zum Heizstift der Röhre führende Leitung angeschlossen werden kann.

Un Kondensatoren soll man bei einer Siebkette nicht sparen. Man wähle sie so groß als möglich. Je stärker man das Gerät zu belasten beabsichtigt (bei Vierröhrengeräten etwa), desto größer wähle man die Kondensatoren. Man gehe schließlich bei C_1 bis 12 MF hinauf. Während für die Wahl eines Transformators wieder auf Kapitel D 1 bzw. G 2 verwiesen werden muß, können für die Drossel allgemeine gültige Angaben gemacht werden.

Der Wechselstromwiderstand einer Drossel ist abhängig von der Größe der Selbstinduktion, also von der Windungszahl. Und zwar wächst er mit der Windungszahl. Der Selbstinduktionskoeffizient einer Eisendrossel und damit ihr Wechselstromwider-

stand sinkt aber, wenn der Kern durch eine Belastung der Spule mit Gleichstrom vormagnetisiert wird. Eine solche Belastung tritt hier durch den zu liefernden Anodengleichstrom ein. Je größer diese Belastung ist, desto größer muß also der Querschnitt des Eisenkerns sein, damit die Vormagnetisierung wettgemacht wird. Für nicht allzu große Belastungen, etwa bis 30 mA, sind Eisenkerne von 4 bis 6 qcm Querschnitt (bei Manteltypen am inneren Schenkel gemessen) ausreichend. Bei stärkeren Belastungen, wie sie für Fünf- und Mehrrohrengeräte oder gar für Kraftverstärkeranlagen vorkommen können (bis 70 oder gar 100 mA), werden auch stärkere Kerne etwa bis zu 16 qcm Querschnitt nötig. Die Windungszahl der Drossel beträgt 5 bis 6000 Windungen. Bei schwächeren Kerndimensionen als den angegebenen, muß man noch höher hinaufgehen, bis etwa 10 000 Windungen. Als Draht wird wegen seiner geringen Raumbeanspruchung solcher mit Emailleisolation genommen. Man wickelt praktisch 2 Spulen, die man nebeneinander auf den inneren Schenkel der Manteltype oder auf den einen Schenkel der Kerntype setzt. Bei der Kerntype kann man auch je eine Spule auf einen Schenkel setzen. Die Dide des Drahtes richtet sich nach der Belastung, die ihm dauernd zugemutet werden soll. Bis 30 mA genügen 0,15 bis 0,2 mm Durchmesser, während bis etwa 70 mA 0,25 und schließlich darüber hinaus 0,3 mm zu empfehlen sind. Benutzt man nämlich zu dünnen Draht, dann wird der Widerstand so hoch, daß der Spannungsabfall zumal bei höheren Anodenströmen sehr bedeutend wird, so daß das Nachschlußgerät bei Belastung eine weit niedrigere Spannung abgibt als bei Leerlauf. Wenn man die Drossel in zwei Abteilungen wickelt, so hat man gleichzeitig die Möglichkeit, den Siebkreis auf verschiedene Art und Weise zusammenzuschalten und sich eventuell die günstigste Kombination auszusuchen. Davon wird weiter unten noch die Rede sein. Die Abmessungen des Eisenkerns (Schenkellänge) werden im übrigen bedingt durch den erforderlichen Wickelraum, den man sich sehr leicht ausrechnen kann (vgl. hierzu Kap. G 2). Eine etwas zu gering sich erweisende Dimensionierung der Drossel kann durch die Anwendung großer Kapazitäten ausgeglichen werden, während umgekehrt bei besonders großen Drosseln kleinere Kapazitäten ausreichen. Diese gegenseitige Ergänzung ist natürlich nur bis zu einem gewissen Maße

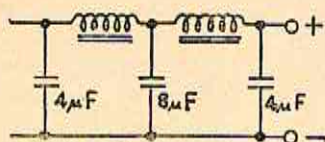


Abb. 63. Siebkette anderer Art als in Abb. 62.

möglich. Eine Überdimensionierung macht im Preis gar nicht viel aus, so daß zumal dem Anfänger, der sein erstes Nachschlußgerät baut, zu reichlicher Dimensionierung geraten werden kann.

Die Abb. 63 zeigt eine andere Form der Siebkette, bei der

die beiden Einzelspulen der Drossel genau in der gleichen Weise hintereinander geschaltet werden wie in Abb. 62, als ob sie zusammen eine Spule bildeten. An der Verbindungsstelle beider Spulen liegt ein dritter Blockkondensator, der am besten doppelt so groß ist, wie die beiden anderen. Auch die in Abb. 67 gezeichnete Anordnung der Drosseln ist anwendbar. Welche Art man wählt, ist ziemlich gleichgültig. Wenn nur immer die gleiche Gesamtgröße der Drosseln und Blockkondensatoren verwendet wird. Die Zusammenschaltung der Drosseln muß natürlich im richtigen Sinne geschehen. Der Strom, also Richtung von plus nach minus, muß stets die gleiche Magnetisierung im Kern hervorrufen. Darauf ist besonders zu achten bei der Anordnung nach Abb. 67, für die zu bedenken ist, daß der Strom im oberen Zweig von links nach rechts und im unteren Zweig von rechts nach links fließt. Abb. 64 zeigt die Schaltung der Einzelspulen bei verschiedener Anordnung auf dem Kern. Die Anordnung nach Abb. 64a, bei der beide Spulen auf einem gemeinsamen Kern sitzen, ist selbstverständlich. Die punktierte Verbindung gilt in jedem Falle, auch wenn sich zwischen den verbundenen Spulenenden noch andere Schaltelemente, zum Beispiel der gesamte äußere Stromkreis befinden sollten (vgl. Abb. 67). Abb. 64b zeigt die Anordnung, wenn die Spulen auf zwei Schenkel verteilt sind. Die Pfeile geben die Richtung des Kraftfeldes für eine bestimmte Stromrichtung an. Wenn die Spulen gleichsinnig gewickelt sind, so ergibt sich in jedem Falle die punktiert gezeichnete Verbindung. Wenn also die Spulen links ihren Anfang und rechts ihr Ende hätten, so ist bei der Anordnung a Ende mit Anfang zu verbinden und bei der Anordnung b Ende mit Ende. Bei den Siebkreisen in Abb. 62 und 63 ist die Verbindung unmittelbar. Bei der Anordnung nach Abb. 67 geht sie über den gesamten äußeren Stromkreis, und sowohl die beiden Anfänge, als auch die beiden Enden der Drosselspulen sind durch die Kondensatoren verbunden. Selten wird für ein Empfangsgerät aber nur eine Anodenspannung gebraucht. Selbst für einfache Geräte sind in der Regel mehrere Anodenspannungen und dazu ein oder zwei oder gar drei Gitterspannungen notwendig. Bei der Anodenbatterie macht es keine Schwierigkeiten, diese abzugreifen, da sie hinreichend unterteilt ist. Zur Erlangung solcher Abgriffe am Netzanschlußgerät wenden wir die hinlänglich bekannte *P o t e n t i o*.

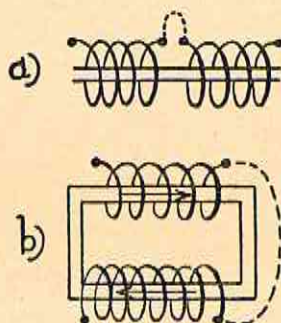


Abb. 64. Schaltung der Einzelspulen von Drosseln in verschiedener Anordnung.

meterschaltung an. Wir schalten zwischen die Plus- und Minusklemme einen hohen Widerstand, auf dessen Länge die notwendigen Spannungen abgegriffen werden, wie Abb. 65 zeigt. Es wären also hier vorhanden: eine negative Vorspannung, eine Anoden-

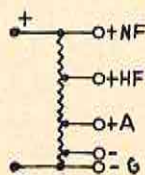


Abb. 65
Potentiometer
zum Abgriff
verschiedener
Teilspannungen.

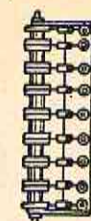


Abb. 66
Potentiometer aus
Draht-
widerständen
(Röll-
chen) mit
Buchsen-
leiste.

spannung für das Audion, eine Anodenspannung für die Hochfrequenzröhren und eine Anodenspannung für die Niederfrequenzröhren. Man verwendet vielfach als Potentiometerwiderstände Stäbe aus Silkit oder Ocelit oder Drahtwiderstände in Stabform, bei denen die abgegriffenen Spannungen einfach im Verhältnis der Länge der Teilabschnitte des Stabes stehen. Wenn man also eine Gesamtspannung von 200 Volt hat und eine negative Gittervorspannung von 10 Volt, eine Audionspannung von 20 Volt und eine Spannung für die Hochfrequenzröhren von 80 Volt abgreifen will, so hat man bei einem 20 cm

langen Stab außer an den beiden Enden Abgreifschellen in 1, 3 und 11 cm Entfernung vom negativen Ende zu setzen. Die Größe des Widerstandes wählt man am besten so, daß man pro Volt Gleichspannung etwa 100 Ohm hat, so daß das Potentiometer an sich das Netzanschlußgerät mit etwa 10 mA belastet. Man kann den Hochohm-widerstand vorteilhaft auch aus einzelnen Drahtwider-

ständen in Röllchenform zusammensetzen. Als Draht genügt, wenn man eine Belastung von 10 mA annimmt, 0,08 Konstantan mit Emailleisolation, wovon 1 m etwa 100 Ohm hat, so daß ein Spannungsabfall von 1 Volt entsteht. Man wird, je nach den gewünschten Abgriffen, die sich entsprechenden Einheiten auf je 1 Fiberröllchen mit zentraler Bohrung wideln. Der Innendurchmesser mag 8 bis 9 mm, der Außendurchmesser 15 bis 16 mm betragen, die Breite des Widelraums etwa 8 mm. Diese Röllchen werden auf eine gemeinsame Achse mit Gewinde an den Enden geschoben und mit 2 Muttern zusammengehalten. Das Ende einer Spule wird immer mit dem Anfang der nächsten Spule zusammen an eine Lötöse gelegt, die wiederum mit der Klemme für die Stromabnahme verbunden ist. Die Lötösen, eventuell auch die Klemmen oder Buchsen für die Stromentnahme, können auf einem Pertinaxstreifen montiert sein, der parallel zu der Widerstandsspulenreihe befestigt ist, etwa nach Abb. 66

Es werden nun aber die Gittervorspannungen in der Regel variabel gebraucht; vielfach auch die Anodenspannung für das Audion. Ein echter Bastler, der sehr oft sein Gerät wechselt oder umbaut, kann sich auch auf ganz bestimmte Werte

für die Anodenspannung der Hoch- oder Niederfrequenzröhren nicht festlegen. Ein universell verwendbares Nehanschlußgerät muß etwa so viel Abgriffe haben wie eine Anodenbatterie gleicher Spannung. Dabei müssen die Gittervorspannungen, mehr als zwei braucht man in der Regel nicht, variabel sein. Die Spannung für das Audion muß in kleinen Intervallen geregelt werden können. Die fabrikfertigen Nehanschlußgeräte besitzen diese vielfache Unterteilung der Spannung zurzeit noch nicht. Das hat seinen Grund. Zur Vermeidung des hohen Wechselstromwiderstandes im Anodenkreis der Röhren müssen die einzelnen Abgriffe durch Kondensatoren von etwa 2 MF überbrückt werden. Man müßte also so viel Überbrückungskondensatoren einsehen, als Abgriffe da sind. Das würde erstens teuer werden und zweitens viel Raum erfordern. Diese Schwierigkeit läßt sich aber unschwer umgehen. Man braucht in der Regel nur 6 Spannungen von der Anodenbatterie bzw. dem Nehanschlußgerät abzugreifen, nämlich 2 Gittervorspannungen, den Minuspol für die Anodenspannung, die Anodenspannung für Audion, Hoch- und Niederfrequenzröhren. Man legt nun die Überbrückungskondensatoren, wie Abb. 67 zeigt, nicht zwischen die mit den einzelnen Buchsen verbundenen Abgriffe des Potentiometers, sondern zwischen die Stecker, mit denen man jeweils die nötigen Abgriffe bewerkstelligt, und den Minuspol für die Anodenspannung, den man außerdem erdet. Dies muß über einen mindestens 2 MF großen Kondensator geschehen, wenn auch Geräte zur Verwendung kommen sollen, deren positive Heizleitung geerdet ist. Diese anormale Einrichtung besteht oft bei älteren Geräten. Auch die Kerne des Transformators und der Drossel und die Gehäuse der Blockkondensatoren sind untereinander zu verbinden und zu erden.

Als Potentiometer schaltet man einen festen Widerstand und zwei variable Widerstände von zusammen 20 000 bis 22 000 Ohm (etwa 200 Volt Anodenspannung vorausgesetzt) hintereinander. Die Bemessung der variablen Widerstände hängt von der Höhe der verlangten Gittervorspannung und der Belastung ab, die sich aus dem den Spannungsteiler durchfließenden Quersstrom von etwa 10 mA und dem Gesamtanodenstrom zusammensetzt, der selbst bei beschränkter Röhrenzahl 10 mA nicht unterschreiten dürfte. Nach dem Ohmschen Gesetz ergibt sich also bei einer verlangten Gitterspannung von max. — 20 Volt der Gesamt-widerstand beider variabler Widerstände zu $R = \frac{P}{I} = \frac{20}{0,02} = 1000 \text{ Ohm}$. Bei Unterteilung in 400 + 600 Ohm erhält man also zwei Vorspannungen von 1 bis 8 Volt und von 8 bis 20 Volt. Solche variablen Widerstände sind als „Potentiometer“ im Handel. Sie besitzen drei Klemmen, zwei für Anfang und Ende der Wicklung und einen für den variablen Abgriff.

Es wird vielfach empfohlen, die Gittervorspannung einer in den Apparat einzubauenden Batterie und nicht dem Netzanschlußgerät zu entnehmen, da ein leichtes Wechselstrombrummen gerade auf diese Maßnahme zurückzuführen wäre. Nach den Erfahrungen des Verfassers lassen sich bis zu 2 Stufen Niederfrequenzverstärkung die Gitterspannungen sehr wohl dem Netzanschlußgerät entnehmen, ohne daß ein stärkeres Brummen verbleibt. Man darf nur die Batterieschnüre und damit auch die Schnüre für die Gittervorspannung nicht an der Starkstromleitung oder an der Zuführung zum Netzanschlußgerät entlang führen. Auch soll das Netzanschlußgerät seinen Platz nicht zu nahe an dem Empfangsgerät erhalten, zumal wenn darin Niederfrequenztransformatoren enthalten sind.

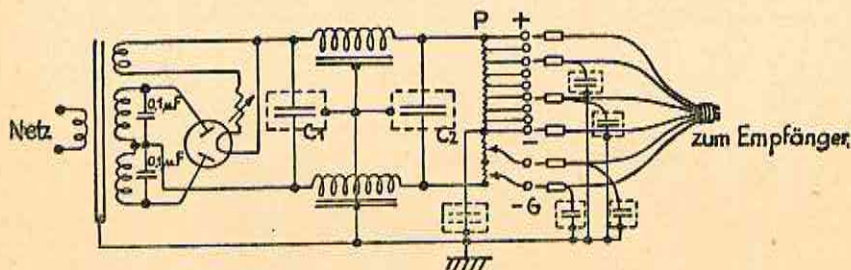


Abb. 67. Schema eines kompletten Netzanschlußgerätes.

Die Abb. 67 stellt also ein Netzanschlußgerät schematisch dar, das unter Berücksichtigung aller beschriebenen Maßnahmen aufgebaut ist. Tafel VII zeigt die Ansicht des Netzanschlußgerätes außen und innen. Der feste Teil des Potentiometers P, der aus einzelnen Widerstandsröllchen besteht, die hier in zwei Reihen angeordnet sind, befindet sich hinter der Vorderplatte zwischen den beiden variablen Potentiometern. Die Kondensatoren sind davor sichtbar. Drossel und Transformator müssen möglichst entfernt voneinander aufgestellt werden. Rechts ist der Transformator mit den Klemmleisten für die Primär- und Hochspannungsklemmen oben und für die Heizklemmen unten. Unmittelbar daneben steht der Doppelblockkondensator 2 mal 0,1 MF. Das Gerät, das für 220 Volt gebaut ist, hat 2 Buchsen für negative Gittervorspannungen, die durch Drehen an den Knöpfen rechts und links oben auf der Vorderplatte von 0 bis 10 bzw. 10 bis 20 reguliert werden können. Unter den Gitterspannungsbuchsen befindet sich die Erdungsbuchse, die mit der daneben befindlichen Minusbuchse direkt oder über einen 2 MF Kondensator verbunden ist. Die Abgriffe sind gemacht bei 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 120, 150, 180 und 200 Volt, gerechnet von der Minusbuchse aus. Die Buchsen müssen

entweder versenkt gesetzt werden oder mit Isolierkappen versehen sein, damit Kurzschlüsse sicher vermieden werden. Solche überkleidete Buchsen sind im Handel erhältlich. Man bemerkt in der Buchsenreihe 4 Zwischenstecker, von denen aus Lichen wieder durch die Vorderplatte hindurchführen, und zwar nach 2 MF-Blockkondensatoren, die die Überbrückung zur Erde bzw. Minusklemme bewerkstelligen (vgl. Abb. 67). Die Stecker der Batterieschnüre für die Anoden der Hochfrequenzröhren, für das Audion und die beiden Gittervorspannungen werden auf diese Zwischenstecker gesetzt. Die Anodenspannung für die Niederfrequenzröhren ist bereits durch C_2 überbrückt und bedarf daher keines besonderen Überbrückungskondensators mehr. Der zugehörige Stecker wird unmittelbar in die entsprechende Buchse gesteckt. Desgleichen der Stecker für den Minuspol der Anodenspannung.

Ein so aufgebautes Nebenschlußgerät ist in elektrischer Hinsicht der Anodenbatterie gleichwertig, in ökonomischer Hinsicht natürlich, besonders bei Mehrrohrapparaten, überlegen. Der Bau gestaltet sich nicht so schwierig, wie es zunächst scheinen mag. Zur Erlangung der für den Zusammenbau notwendigen Erfahrung und auch zum Ausprobieren der Größe der Kondensatoren kann dem Anfänger empfohlen werden, die Teile zunächst einmal weit auseinander zu bauen, so daß man einzelne Teile zwecks Änderung oder Ersatz bequem herausnehmen kann. Auch erhöht sich dadurch die Übersichtlichkeit, so daß die Schaltung für den Anfänger erleichtert wird. Der spätere enge Zusammenbau auf dem Winkelbrett zum Einbau in ein Blechgehäuse vollzieht sich dann viel leichter. Ein solches offen aufgebautes Nebenschlußgerät auf einem Grundbrett von 45 mal 35 cm zeigt die Tafel VIII. Vor dem Transformator rechts steht hier eine kleine Drossel zur Herabsetzung der Primärspannung im Transformator, die normalerweise nicht zum Nebenschlußgerät gehört.

2. Auch Nebenschluß für die Heizspannung?

Direkt und indirekt geheizte Röhren.

Es ist an sich möglich, genau so wie die Anodenspannung auch die Heizspannung aus dem Netz zu gewinnen. Da für die Heizung aber, zumal bei Mehrrohrengeräten, beträchtliche Ströme in Frage kommen, muß die Widlung der Drossel zur Vermeidung eines großen Spannungsabfalles, der ja dem Strom proportional ist, aus wesentlich dickerem Draht bestehen als bei Nebenschluß für Anodenstrom. Außerdem muß zur Vermeidung einer starken Herabsetzung des Selbstinduktionswertes wegen der hohen Vormagnetisierung der Eisenquerschnitt besonders groß genommen werden. Drosseln für solche Heiznebenschlußgeräte werden also umfangreich und teuer. Außerdem erschwert die Abhängigkeit der Spannung von der Belastung infolge des verhältnismäßig hohen inneren Widerstandes des Netz-

anschlußgeräts das Einregulieren der Heizwiderstände. Das Abschalten von Stufen ist dann ziemlich umständlich. Man kann die Dimensionen der Drossel dadurch etwas herabdrücken, daß man alle Röhren hintereinander schaltet, so daß die Summe der Fadenspannungen aller Röhren die erforderliche Betriebsspannung ergibt, während der Heizstrom nur so groß wie bei einer Röhre ist. Diesem Prinzip des Heiznehanchlusses ist ein besonderer Abschnitt gewidmet.

Es ist zwar möglich, zumal bei Röhren mit Fäden von großer Wärmeträgheit (Wolfram- und Drydfäden; Thoriumröhren wenig geeignet) die Heizung mit ungefiltertem Wechselstrom vorzunehmen, indem man zwischen die Heizfadenenden ein Potentiometer legt, dessen Mittelabgriff den Fußpunkt für Gitter- und Anodenkreis bildet (Abb. 187). Man kann dann das Potentiometer so einstellen, daß die Wechselstromgeräusche bei einer Röhre wenigstens auf ein Minimum herabzusehen sind, so daß sie im Lautsprecher, der die tiefen Töne meist sowieso unterdrückt, auf keinen Fall mehr stören. Für Ortsempfänger ist diese Schaltweise also empfehlenswert. Der nehangeschlossene Ortsempfänger ist daher ohne weiteres möglich. Ausführungsformen gibt es, wie weiter unten gezeigt, verschiedene. Für Mehrrohrnenmpfänger sind auch mit dieser Schaltweise die Wechselstromgeräusche nicht zu beseitigen.

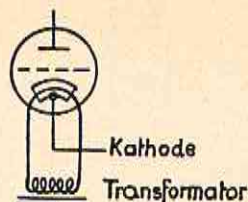


Abb. 68.

Indirekt geheizte Wechselstromröhre.

In der Lösung der Frage des Nehanchlusses für Heizung sind wir erst dadurch einen Schritt weiter gekommen, daß die Röhrenfabriken dazu übergegangen sind, indirekt geheizte Röhren herauszubringen. Bei diesen Röhren ist es nicht der Heizfaden, der die Elektronen aussendet, sondern eine besondere Kathode, die den Faden wie eine Röhre umgibt, aber von ihm isoliert ist (Abb. 68). Sie wird lediglich durch die vom Heizfaden ausgehende Wärme so stark erhitzt, daß sie Elektronen emittiert. Die Temperatur der sehr wärmeträgen Kathode folgt natürlich nicht der periodisch

wechselnden Intensität des Heizstromes im Faden, so daß ein Wechselstrombrummen nicht auftritt. Diese Röhren haben entweder 5 Steckerstifte oder 4 Steckerstifte und eine seitliche Schraube. Beim Vorhandensein von 5 Stiften führt der Mittelstecker, im andern Falle die seitliche Schraube zur Kathode, die als Fußpunkt für Gitter- und Anodenkreis dient und geerdet wird. Nachstehend werden solche Schaltungen beschrieben, wie sie mit den am Markt befindlichen Wechselstromröhren ausführbar sind. Aber auch die normale Gleichstromröhre ist daneben voll daseinsberechtigt, da auch sie bei vollkommenem Nehan schluß verwendbar ist, wie gezeigt werden wird.

3. Empfänger für direkten Wechselstromanschluß.

Als Ortsempfänger findet bei vielen Funkfreunden immer noch der Detektorempfänger mit einer Stufe Niederfrequenzverstärkung Anwendung, weil der Betrieb sehr billig und die Wiedergabe bei ausreichender Lautstärke im Zimmerlautsprecher ausgezeichnet ist. Dieser Empfänger ist nun besonders leicht ohne Anwendung einer Spezialröhre in einen Empfänger für unmittelbaren Nehan schluß umzuwandeln.

In Abb. 69 ist ein kompletter Nehan schluß empfänger gezeichnet, wobei angenommen ist, daß das Nehan schlußgerät mit dem Empfänger in einem Gehäuse untergebracht werden soll. Als dann ist der Empfänger und Verstärker auf einer Seite, das Nehan schlußgerät auf der andern Seite einzubauen. Beide Teile sind, sofern das Nehan schlußgerät nicht vollständig in Eisen eingekapselt wird, durch eine Eisenblechwand von etwa 2 mm Stärke gegeneinander abzuschirmen. Den Niederfrequenztransformator ordne man so weit als möglich von der Drossel und besonders dem Transformator des Nehan schlußgeräts entfernt an. Die Anwendung eines eisengekapselten Niederfrequenztransformators ist anzuraten. Diese Maßnahmen sollen eine Beeinflussung des Verstärkers durch die Streufelder aus dem Nehan schlußgerät möglichst verhindern. Ein ganz geringes Brummen, das beim Zusammenbau von Empfänger und

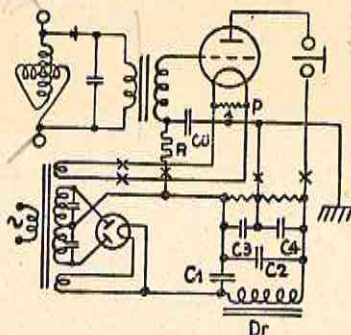


Abb. 69. Nehan schlußortsempfänger (Detektor und 1 Stufe Verstärkung).

Nehanschlußgerät wohl kaum zu vermeiden ist, ist lediglich im Kopfhörer dann wahrzunehmen, wenn kein Sender empfangen wird. Im Lautsprecher ist dieses leichte Brummen jedoch nicht zu hören. Sofern Empfänger und Nehanschlußgerät getrennt bleiben sollen, bedeuten die Kreuzchen (X) in den Leitungen die Stellen, an denen für Empfänger und Nehanschlußgerät Klemmen oder Buchsen zu setzen sind.

Da auch die Gittervorspannung aus dem Nehanschlußgerät entnommen wird, ist empfehlenswert, in die Leitung für die Gittervorspannung einen Hochohmwiderstand R von etwa 200 000 Ohm zu schalten und ihn durch den Blockkondensator C_1 von 2 MF nach dem Mittelabgriff des Potentiometers P bzw. nach Erde zu überbrücken.

Das Potentiometer P soll, um einen möglichst kleinen Stromverbrauch zu haben, einen Widerstand von etwa 100 bis 200 Ohm haben. Das Potentiometer hat den Zweck, einen *k l i n s t i c h e n* indifferenten Punkt zwischen den beiden Heizfadenenden zu schaffen, an dem die Spannung trotz Wechselstromheizung nicht schwankt. Längs des Fadens findet nämlich wegen seines Widerstandes ein Spannungsabfall statt, so daß jedes Fadenende im einen Augenblick positiv, im nächsten negativ gegen die Fadenmitte ist. Wenn man also den Gitterfusspunkt an einem Fadenende anschlösse wie bei Gleichstromheizung, ergäben sich daraus beträchtliche Gitterspannungsschwankungen, die bei der großen Verstärkerwirkung zu einem starken Brummen führen würden. Am Mittelpunkt des Potentiometers, der nach Gehör gesucht wird, liegt auch der Minuspol der Anodenspannung. Falls ein Heizwiderstand verwendet wird, darf dieser nicht zwischen Potentiometer und Fadenende liegen, da sonst mit seiner Veränderung der Nullpunkt ebenfalls neu eingestellt werden müßte.

Diese Potentiometerschaltung gestattet also die Verwendung jeder normalen Verstärkerröhre. Am besten eignen sich jedoch Wolfram- und Oxydröhren und die neuen Röhren mit schwach leuchtenden Heizfäden (Acidfäden). Thoriumröhren sind weniger geeignet, weil ihr Faden keine so große thermische Trägheit besitzt. Summa bei den neuen Röhren mit weniger empfindlichen Heizfäden kann man auf den Heizwiderstand ohne weiteres verzichten und die Heizwicklung des Transformators einfach für die Fadenspannung berechnen. Falls ein Nehanschlußgerät bereits vorhanden ist, kann man einen besonderen kleinen Heiztransformator benutzen, dessen Primärwicklung der des Nehanschlußtransformators parallel geschaltet wird.

Als Verstärkerröhre muß natürlich eine gute Endröhre benutzt werden wegen der großen Eingangsamplituden. Man wird das Nehanschlußgerät also für wenigstens 150, möglichst bis 200 Volt Gleichspannung dimensionieren. Wenn man die Gleichspannungs- und

lung für zweimal 150 Volt berechnet, wird die Gleichspannung bei Anwendung eines Potentiometers von etwa 10 000 Ohm ungefähr 180 Volt. Beim Einbau eines Nebenschlußgerätes in den Empfänger und Verwendung immer der gleichen Röhre brauchen die Spannungen nicht variabel zu sein. Die Konstruktion wird dadurch einfacher. Die den Sekundärwindungen parallel liegenden kleinen Blockkondensatoren von 0,1 MF werden für 500 Volt Wechselspannung, C_1 für 500 Volt Gleichspannung, C_2 bis C_4 und C_5 für 300 Volt Gleichspannung geprüft genommen. Diese letzte Prüßspannung haben die gewöhnlichen Becherkondensatoren für den Empfängerbau. C_1 und C_2 sind die Filterkondensatoren, die so groß wie möglich zu nehmen sind (6 bis 10 MF), während C_3 und C_4 mit 2 MF groß genug sind. C_5 kann meist wegfallen. Beim Einbau des Nebenschlußgerätes in den Empfänger wird man darauf sehen, Transformator und Drossel so klein als zulässig zu machen. Bei der geringen Belastung genügen Eisenquerschnitte von 5 qcm für den Transformator und 4 qcm für die Drossel auf alle Fälle. Beim Transformator richten sich die übrigen Dimensionen nach dem gewählten Eisenquerschnitt (vgl. Kapitel G 2). Die Drossel erhält etwa 6000 Windungen Emailledraht 0,2 mm Durchmesser. Der Mittelab-

griff des Potentiometers ist zu erden, sofern das Nebenschlußgerät nicht bereits geerdet ist.

Nachdem die Antenne eingeschaltet ist, ist es lediglich notwendig, den Stecker des Nebenschlußgerätes in eine Anschlußdose des Lichtnetzes zu stecken, um den Empfänger in Betrieb zu setzen.

Abb. 70 stellt eine leistungsfähige Zweiröhrenschaltung dar, Audion und Niederfrequenzstufe. Für beide Stufen sind hier indirekt geheizte Röhren gewählt, wenngleich die Verstär-

keröhre auch hier eine normale Röhre sein könnte unter Verwendung der Schaltung nach Abb. 69. Für das Audion ist jedoch die direkte Heizung nicht anwendbar, ohne daß ein starkes Wechselstrombrummen die Folge ist.

Der Gleichrichterteil unterscheidet sich nur dadurch, daß am Potentiometer noch ein Abgriff für die Anodenspannung des Audions ist, die je nach der verwendeten Röhre zwischen 20 und 50 Volt gewählt

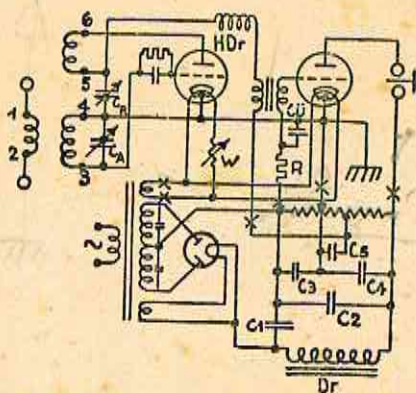


Abb. 70. Nebenschlußempfänger, Audion und Niederfrequenzstufe.

wird. Der neu hinzukommende Blockkondensator C_6 hat ebenfalls 2 MF und eine Prüfspannung von 300 Volt.

Beim Audion ist die vom Verfasser angegebene Rückkopplungsschaltung verwendet. Ob die Drossel HDR notwendig ist, richtet sich nach den Eigenschaften des Niederfrequenztransformators. Oft kann sie wegfallen. Wenn der Niederfrequenztransformator zum niederfrequenten Tönen bei gewissen Einstellungen des Abstimmkondensators C_a , zumal beim Herausdrehen des Rückkopplungskondensators C_r , neigt, ist die Drossel HDR zu entfernen. Die Drehkondensatoren C_a und C_r sind beide 50v cm groß und liegen mit ihren Rotoren an der Kathode (seitliche Schraube oder Mittelstift). Die Spulen werden auswechselbar gestaltet wie beim Neutrodyne-Empfänger. Auch wird die dort benutzte Normalspule angewendet.

Mit diesem Empfänger ist guter Lautsprecherempfang naher Sender möglich, beim Ortsender auch unter schlechten Verhältnissen und mit Zimmerantenne. An guter Außenantenne ist bei Vorschaltung eines Saugkreises nach Abb. 40 auch lautstarker Kopfhörerempfang ferner Stationen möglich. Die starken Stationen kommen sogar gut im Lautsprecher, wie dies ja auch von dem normalen Zweiröhrenempfang erwartet wird. Man kann sagen, daß auf Grund dieser Schaltung ein Volksgerät geschaffen werden könnte, das bei erträglichem Preis und denkbar einfacher Bedienung Gutes leistet. Es stellt den goldenen Mittelweg für den anspruchsvollen, aber wenig bemittelten Funkfreund dar. Ein Regenschlußempfänger nach der Schaltung in Abb. 70 ist auf Tafel I von außen und innen dargestellt. Der Heizwiderstand für die Niederfrequenzröhre kann, wie auch in der Schaltung gezeichnet, wegfallen, wogegen der Heizwiderstand des Audions für die Einstellung des Schwingungseinsizes

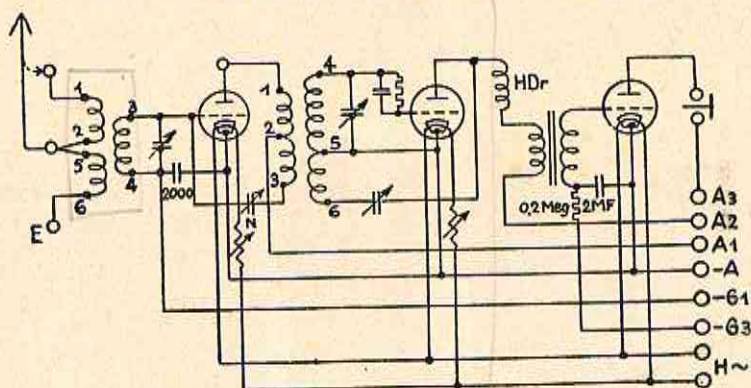


Abb. 71. Schaltung eines Dreiröhren-Regenschlußempfängers, H-A-N.

wichtig ist. Die aufrecht stehende Spule in der Innenansicht ist die des Gitterkreises. Die an der Vorderwand angebrachte Spule ist die Drossel. Es genügt dafür aber ein wesentlich kleinerer Körper von 20 mm Durchmesser und 75 mm Länge, einlagig bewickelt mit zirka 450 bis 500 Windungen.

Es besteht im Grunde keine Schwierigkeit, dem Audion noch eine oder zwei Hochfrequenzstufen vorzuschalten, deren Röhren ebenfalls indirekt geheizt werden. Jedoch mit der Stufenzahl wächst auch die Gefahr der Störgeräusche. Eine Stufe Hochfrequenzverstärkung kann noch ohne Bedenken empfohlen werden. Es ist nun schon erforderlich, die Heizleitungen verdrillt zu führen, um Beeinflussungen anderer Leitungen, insbesondere der Spulen, zu vermeiden. Im übrigen kann der Empfänger als Solodyne geschaltet werden, wie Abb. 71 zeigt. In der Hochfrequenzstufe wird der Normaltransformator, vor dem Audion der Solodynetransformator verwendet. Auch für die Hochfrequenzröhre ist ein Heizwiderstand zu empfehlen, während er bei der Niederfrequenzröhre wegfallen kann. Der Heizstromverbrauch wird jetzt recht bedeutend. Es muß bei der Dimensionierung des Transformators darauf Rücksicht genommen werden. Im übrigen ist zu der Schaltung nichts zu sagen, was nicht bereits klargelegt wäre. Die Klemme —A ist zu erden, wenn das Nebenschlußgerät nicht schon geerdet ist.



Wer bereits einen Mehrröhrenempfänger für Batteriebetrieb besitzt, wird wenig geneigt sein, seine noch brauchbaren Gleichstromröhren gegen indirekt geheizte Röhren zum Zwecke der Wechselstromheizung zu vertauschen. Es sind daher schon zahlreiche Vorschläge gemacht worden, auch Gleichstromröhren für vollkommenen Nebetrieb zu verwenden. Die im folgenden beschriebene Schaltung wurde vom Verfasser entwickelt. Sie vermeidet gewisse Nachteile, die mit anderen Anordnungen verbunden waren. Es haben sich in langer Probezeit keinerlei Mängel herausgestellt, so daß die Schaltung für den Gebrauchsempfänger des Bastlers bestens empfohlen werden kann.

Für die Beheizung normaler Röhren ist natürlich Gleichstrom nötig. Um den schon erwähnten Nachteil einer groß dimensionierten und dadurch teuren Siebkette zu vermeiden, werden die Röhren nicht parallel, sondern in Serie geschaltet, damit man mit einer Heizstromstärke von etwa 60 mA auskommt, die dem normalen

Anodenspannungsgerät entnommen werden kann. Röhren dieser Art können in allen außer der Endstufe verwendet werden. Die Endröhre kann in der schon beschriebenen Weise direkt mit Wechselstrom geheizt werden. Das Anodenspannungsgerät hat also außer der Anodenspannung auch die Heizspannung für die Gleichstromröhren zu liefern. In welcher Weise die hinreichend hohe Gleichspannung hinter der Siebkette des Heizanschlußgeräts in Anoden- und Heizspannung aufgeteilt wird, zeigt Abb. 71 a. Bei + und -

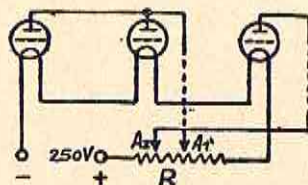


Abb. 71 a.

wird die Spannung des Heizanschlußgeräts angelegt, beispielsweise 250 Volt. Der Drahtwiderstand R ist von solcher Größe, daß er unter 60 mA Strom so viel Spannungsabfall erzeugt, daß an den drei in Serie geschalteten Röhren nur noch der dreifache Betrag der Heizspannung einer einzigen Röhre anliegt. Da für die drei hintereinander geschalteten Röhren rund 10 Volt Heizspannung notwendig sind, müssen 240 Volt Spannungsabfall (P) in dem Widerstand R

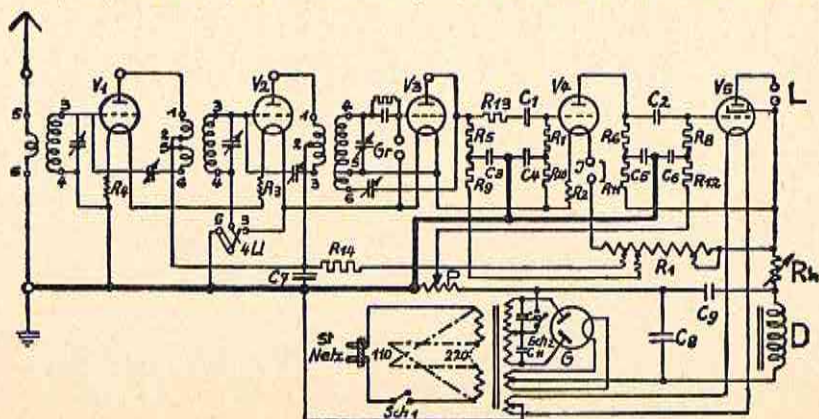
entstehen, so daß er nach dem Ohmschen Gesetz den Wert $R = \frac{P}{I} = \frac{240}{0,06}$

gleich 4000 Ohm haben muß. I ist der benötigte Heizstrom von 60 mA. Die an den Klemmen anliegende Spannung von 250 Volt muß natürlich unter Belastung mit 60 mA gemessen sein. Die zusätzlichen Belastungen durch die Anodenströme setzen diese Spannung noch etwas herab, weshalb der so berechnete Wert des Widerstandes R etwas zu groß ist, so daß er erst bei Inbetriebnahme des Geräts genau einzuregulieren ist.

Der im Widerstand R stattfindende hohe Spannungsabfall wird als Anodenspannung für die einzelnen Stufen ausgenutzt. Bei A₁ und A₂ sind zwei Abgriffe eingezeichnet. Aber auch die benötigten Gittervorspannungen können noch gewonnen werden, wenn man in die Heizleitungen der Röhren, die Gittervorspannungen erhalten sollen, kleine Widerstände einfügt, wie in Abb. 71 b bei R₂, R₃ und R₄ gezeichnet, längs denen dann noch ein Spannungsabfall stattfindet. Der zur Gewinnung einer Vorspannung von beispielsweise -1,5 Volt

nöthige Widerstand berechnet sich in gleicher Weise wie gerade gezeigt

da $R = \frac{1,5}{0,06} = 25 \text{ Ohm}$. Bei der Endröhre ist diese Methode jedoch nicht anwendbar, da sie mit Wechselstrom geheizt wird. Es wird daher in den zur negativen Klemme des Heizanschlußgeräts zurückfließenden Gesamtstrom ein Potentiometer P gelegt, wie Abb. 71 b zeigt, an dem



die gewünschte Vorspannung abgegriffen werden kann. Das Potentiometer P wird dann vom Gesamtstrom durchflossen, also vom Heiz- und Anodenstrom, der unter Voraussetzung vom 15 mA-Anodenstrom für die Endröhre und 5 mA für alle übrigen Röhren, insgesamt etwa 80 mA beträgt. Da eine moderne Endröhre je nach der Höhe der Anodenspannung bis gegen 30 Volt negative Vorspannung benötigen kann, damit nicht ein zu hoher Anodenstrom in der letzten Stufe fließt, errechnet sich die Größe des Potentiometers zu

$\frac{30}{0,08} = \text{rund } 400 \text{ Ohm. Dieser Wert ist handelsüblich. Damit ist in}$
großen Zügen das Prinzip des Nebenschlusses für Gleichstromröhren
erklärt.

Die in Abb. 71 b dargestellte Schaltung weist im Empfangsteil wieder die Solodyne-Schaltung auf, wie sie in Abb. 21 bereits gezeigt wurde. Die Schirmung der Hochfrequenztransformatoren ist hier der Übersicht halber nicht gezeichnet. Die Rapseln werden auf dem nächsten Wege mit der stark ausgezogenen, Erddpotential führenden Leitung verbunden. Im Verstärker ist Widerstands-kopp lung angewandt, weil Niederfrequenztransformatoren nur zu

leicht vom Nebenschlußgerät störend beeinflusst werden. Bemerkenswert ist der Widerstand R_{12} , der ein Verlaufen der Hochfrequenzschwingungen in den Verstärker verhindern und somit ein sicheres Funktionieren der Rückkopplung gewährleisten und das bei Widerstandsverstärkern oft auftretende „Knurren“ vermeiden soll. Die Widerstände R_6 bis R_{12} in Gemeinschaft mit den Blockkondensatoren C_3 bis C_6 , sowie der Widerstand R_{14} zusammen mit dem Blockkondensator C_7 stellen sogenannte Wechselstrompotentiometer dar, die der Störfreiung dienen. Das Prinzip des Wechselstrompotentiometers ist in Abb. 71 c dargestellt, worin ein

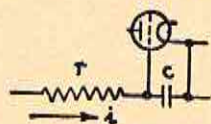


Abb. 71c.

Störwechselstrom i den hohen Widerstand r und den großen Kondensator c durchfließt. Der Spannungsabfall, den der Störwechselstrom an dem Blockkondensator c verursacht, ist verschwindend gering gegen den Abfall, den er im Widerstand r erleidet. Werden also Gitter und Kathode einer Verstärkerröhre beiderseits c angelegt, so ist die Gewähr dafür vorhanden, daß nur ein verschwindend geringer Teil einer etwa vorhandenen Störspannung weiter verstärkt wird, der praktisch ohne Bedeutung ist. Wenn beispielsweise bei Röhre V_4 der Widerstand R_{10} und der Blockkondensator C_4 nicht vorhanden wären, so würden durch den Gitterableitwiderstand R_7 Störspannungen, die hinter dem Widerstand R_2 etwa vorhanden sein könnten, auf das Gitter übertragen. R_{10} und C_4 stellen aber die in Abb. 71 c besonders gezeichnete Anordnung eines Wechselstrompotentiometers dar, durch das diese Störspannung auf ein unbedeutend geringes Maß herabgesetzt wird. Genau so liegen die Verhältnisse bei den übrigen Stellen, wo Wechselstrompotentiometer eingefügt sind.

Bei Röhre V_3 sind die Buchsen Gr eingezeichnet, die mit Gitter und Kathode verbunden sind, so daß die Benutzung der Stufen V_2 , V_4 und V_5 zur elektrischen Schallplattenwiedergabe möglich ist¹. In der letzten Stufe ist die Verwendung einer Schirmgitterröhre angenommen. Es kann natürlich auch jede andere Endröhre eingesetzt werden. Die ersten vier Röhren müssen Röhren mit gleichem Heizstromverbrauch sein. Es wurden in der bewährten Anordnung des

¹ Vgl. Band 93, „Die Radio-Empfangsanlage des fortgeschrittenen Amateurs“, Kap. E, 6.

Verfassers benutzt: Für V_1 und V_2 Valvo H 406, für V_3 und V_4 Valvo W 406, in der Endstufe Valvo L 415 D oder L 425 D.

Das *Reganischlußgerät* ist normaler Art, wie es schon in Abb. 62 dargestellt wurde. Das Gleichrichterrohr G muß für 80 bis 100 mA Belastung geeignet sein. Wegen des geringen inneren Spannungsabfalls sind gasgefüllte Gleichrichter mit Glühkathode zu empfehlen. Der Netztransformator ist normaler Art mit zwei symmetrisch angeordneten Primärspulen, die in Serie oder parallel geschaltet werden können, um an 220- oder 110-Volt-Netze angeschlossen werden zu können. Sekundärseitig trägt der Transformator eine Wicklung für 2×230 Volt, unter Voraussetzung einer Valvo G 2340 oder einer Rectron R 250, und außer der Heizwicklung für die Gleichrichter- röhre eine Wicklung für 4 Volt, 0,3–0,6 Am. zur Heizung der End- röhre. Der Mittelabgriff dieser Wicklung wird, wie schon früher gezeigt, mit Erde verbunden. Für den Anschluß an das Netz werden Bügeleisenstecker eingebaut, die durch eine passende Schnur mit dem Netz verbunden werden können. Außer dem Netzschalter Sch₁ ist der Schalter Sch₂ notwendig, da es für die erwähnten Gleichrichterröhren ratsam ist, die Belastung erst etwa eine halbe Minute später als die Heizung einzuschalten, sonst ist die frühzeitige Zerstörung der Kathode zu befürchten. Die Kondensatoren C_1 und C_2 haben jeder mindestens 8 MF, jedoch ist es ratsam, den Wert von C_2 noch höher, etwa bis 16 MF zu bemessen. Die Drossel D muß möglichst kleinen Ohmschen Widerstand haben, bei 20 Henry Selbstinduktion unter 80 mA Belastung. Der Gleichstromwiderstand betrage nicht mehr als 120 bis 150 Ohm. Solche Drosseln sind handelsüblich.

Beiderseits C_3 ist also die hohe Gleichspannung vorhanden, die durch den Widerstand R_1 , die Fadenwiderstände der Röhren V_1 bis V_4 und die Widerstände R_2 bis R_4 sowie das Potentiometer P in die zum Betrieb erforderlichen Spannungen für die Anoden, die Heizung der Röhren V_1 bis V_4 , sowie für die Gitter der einzelnen Stufen unterteilt wird. Vor dem Widerstand R_1 ist noch ein *Regulierwiderstand* R_h eingefügt von solcher Größe, daß er die üblichen Spannungsschwankungen im Netz von $\pm 5\%$ zu kompensieren gestattet, falls es notwendig werden sollte. Seine Größe muß also etwa 400 Ohm, seine Belastbarkeit 80 mA betragen. Zur Kontrolle des Heizstroms, die unter allen Umständen bei der erstmaligen Einstellung notwendig ist, ist die Heizleitung zwischen R_1 und Röhre V_1 durch die Buchsen I unterbrochen. An dieser Stelle kann ein *Milliamperemeter* (Meßbereich 100 mA) eingeschaltet werden. Für gewöhnlich können die Buchsen I durch einen Kurzschlußstecker überbrückt werden. Bei U ist ein *Um schalter* gezeichnet, der die Möglichkeit gibt, die Heizung der ersten oder der ersten und zweiten Röhre abzuschalten.

Der Gesamt Widerstand im Heizkreise wird dadurch so wenig geändert, daß eine Nachregulierung des Heizstroms nicht unbedingt erforderlich ist. Bei Abschaltung von einer oder zwei Hochfrequenzstufen wird die Antenne bei V_1 bzw. V_2 eingesteckt.

Empfangs- und Gleichrichtergerät können ohne Gefahr in ein gemeinsames Gehäuse eingebaut werden. Es ist in diesem Falle zu empfehlen, den Empfänger links und den Gleichrichter rechts anzuordnen, wie die Photographie auf Tafel X zeigt. Eine besondere Abschirmung des Nebenschlußgeräts ist nicht notwendig, wenn die Gehäuse aller Blockkondensatoren und die Eisenteile von Transformator und Drossel geerdet, das heißt, mit der stark ausgezogenen und mit der Erdflemme verbundenen Leitung im Empfänger auf dem kürzesten Wege und durch Leitungen von wenigstens 1 qmm Querschnitt verbunden sind. Desgleichen sind die Gehäuse der Kondensatoren C_1 bis C_7 zu erden. Diese Gehäuseerdung ist der besseren Übersicht halber nicht eingezeichnet. Es kann von Vorteil sein, die Audionröhre V_3 durch einen geerdeten Metallschirm (evtl. dicken Stanniolüberzug) vor statischen Beeinflussungen vom Nebenschluß her zu schützen. Je nach der Anordnung der Teile kann diese Maßnahme jedoch überflüssig werden.

Nachstehend seien die Dimensionen der zur Verwendung gelangenden Teile angegeben, soweit sie nicht schon in der Schaltung Abb. 25 vorhanden sind.

V_1, V_2 Hochfrequenzverstärkerröhren Valvo H 406

V_3, V_4 Widerstandsverstärkerröhren Valvo W 406

V_5 beliebige Endröhre

C_1, C_2 Blockkondensatoren 5000 cm

C_3, C_7 Blockkondensatoren 1 MF, geprüft mit 500 Volt Gleichspannung

C_5 Blockkondensator 8 MF, geprüft mit 500 Volt Gleichspannung

C_6 Blockkondensator 8—16 MF, geprüft mit 500 Volt Gleichspannung

$C_{10, 11}$ Blockkondensatoren 0,1 MF, geprüft mit 1500 Volt Gleichspannung

R_1 Drahtwiderstand 3000—4000 Ohm mit 3 Abgreiffellen (je nach Spannung des Nebenschlußgeräts)

R_2, R_4 Widerstände von je 20—25 Ohm (Bänder aus Heizwiderständen)

R_5 Hochohmwiderstand 0,1 Megohm

$R_{6, 12}$ Hochohmwiderstände 1 Megohm

R_7, R_8 Hochohmwiderstände 2 Megohm

$R_{9, 13}$ Hochohmwiderstände 0,2 Megohm

R_{14} Hochohmwiderstand 0,01 Megohm

- Rh Regulierwiderstand 400—500 Ohm für mindestens 80 mA
Belastung (evtl. als Widerstand zu schaltendes Potentiometer.)
- P Potentiometer 400 Ohm für mindestens 80 mA Belastung.

Vor der Inbetriebnahme des Geräts vergewissert man sich zunächst, ob die Primärspule des Transformators für die betreffende Netzspannung richtig geschaltet ist. Man schaltet den ganzen Widerstand Rh und den ganzen Widerstand R₁ ein. Bei I wird ein Milliampereometer angeschlossen. Das Potentiometer P wird so eingestellt, daß die größte negative Vorspannung entsteht. Der Schleifer muß also an dem nach dem Netzanschlußgerät zu liegenden Ende des Widerstands stehen. Jetzt schließt man den Schalter Sch₁. Dann muß die Gleichrichterröhre G schwach aufleuchten und eine bei V₀ eingefeste Wolframröhre oder Taschenlampenglühbirne muß entsprechend der Beheizung mit 4 Volt erglühen. Bevor man den Schalter Sch₂ schließt, setzt man in die Röhrensokkel V₁ bis V₄ alte Wolframröhren ein oder überbrückt die Röhren V₁ bis V₄ durch einen Draht oder einen Widerstand von 250 Ohm. Nach Schließen des Schalters Sch₂ überbrückt man mit Hilfe der Abgreifschelle des Widerstandes R₁, die mit dessen einem Ende verbunden ist, so viel Widerstand, daß bei I 60 mA abzulesen sind. Alsdann wird Sch₂ wieder ausgeschaltet, und die in die Stufen V₁ bis V₆ gehörigen Röhren werden eingefeste. Nach Wiedereinschalten wird das Milliampereometer etwas weniger Strom zeigen. Die Buchsen I werden nun durch Kurzschlußsteder überbrückt und das Milliampereometer mit dem Lautsprecher in Serie geschaltet, so daß der Anodenstrom mit ihm gemessen werden kann. Das Potentiometer P wird so eingestellt, daß der Anodenstrom der Endstufe den für die betreffende Röhre richtigen mittleren Wert hat, 8 bis 15 mA, je nach Röhre. Nun wird das Milliampereometer wieder bei I eingeschaltet und der Heizstrom bei R₁ endgültig auf etwa 60 mA einreguliert. Bei Ausschalten von Rh steigt der Heizstrom auf 65—66 mA. Vorausgesetzt ist dabei, daß das Netz seine normale Spannung aufweist, so daß mit Hilfe von Rh auch bei Netzschwankungen in den zulässigen Grenzen der den Röhren zuträgliche Heizstrom eingestellt werden kann. Wie schon gesagt, ist eine Überlastung der Röhren nicht zu befürchten, auch ohne daß Rh nachreguliert wird, wenn die Netzschwankungen nicht unzulässig hoch sind. Unzulässig hohe Netzschwankungen machen die Benutzung je g l i c h e r Netzanschlußgeräte, auch mit indirekt geheizten Röhren, unmöglich oder erschweren doch wenigstens ihren Gebrauch. Es sei darauf hingewiesen, daß man vor jeder Manipulation in der Schaltung mindestens den Schalter Sch₂, am besten auch den Schalter Sch₁, ausschalten muß, um nicht Röhren und andere Einzelteile und letzten Endes sich selbst zu gefährden.

Sind alle vorgeschriebenen Einstellmaßnahmen getroffen, so ist das Gerät empfangsbereit. Man reguliert R_h und die Anodenabgriffe bei R_1 dann so ein, wie es zur Erreichung der vollen Leistung des Geräts notwendig ist. Man kommt in der Regel mit einem Heizstrom von 60 bis 62 mA aus. Die Anodenspannung für die Hochfrequenzröhren beträgt, gemessen zwischen Abgriff und Kathode, etwa 70, höchstens 80 Volt, die Audionspannung 90–100 Volt.

Alle Spannungsmessungen an Nebenschlußgeräten müssen mit Drehspulvoltmetern vorgenommen werden, die mindestens einen inneren Widerstand von 200 Ohm pro Volt haben¹.

Voltmeter mit zu geringem inneren Widerstand haben einen hohen Eigenverbrauch, so daß die gemessenen Spannungen nicht mit den nach Wegnahme des Voltmeters tatsächlich vorhandenen Spannungen übereinstimmen. Dies gilt für alle Spannungsmessungen an Anodenspannungsgeräten und Nebenschlußempfängern.

F.

1. Ein Wellenmesser für den Bereich der Rundfunk- und Kurzwellen.

Der Wellenmesser dient nicht allein der Bestimmung der Wellenlänge von Rundfunk- und Telegraphiestationen, sondern auch zur Messung von Spulen und Kondensatoren. Leider ist er aber nicht so verbreitet, wie es seiner Bedeutung entspricht. Das mag in der Hauptsache darauf zurückzuführen sein, daß es schwer fällt, einen geeichten Wellenmesser zu Eichzwecken zu erhalten. Man kann sich da helfen, wenn man nach verschiedenen in gewissen Abständen auf der Wellenlängenskala folgenden Rundfunkstationen, deren Welle bekannt ist, eicht. Wir können zur Messung der Wellen von 6000 m bis herab zu den noch gebräuchlichen Kurzwellen von etwa 10 m sehr wohl den gleichen Apparat benutzen.

Ein einfaches Wellenmesserprinzip ist folgendes: Der Meßkreis ist ein Schwingungskreis aus Kapazi-

¹ Besonders geeignet und empfehlenswert ist das „Mavometer“ der Firma Gossen, Erlangen, mit 500 Ohm Widerstand pro Volt.

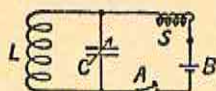


Abb. 72.
Das Prinzip der
Wellenmesser-
schaltung.

Der Ton bzw. das Rauschen hat ein deutliches Maximum, wenn Wellenmesser und Empfangsapparat sich in Resonanz befinden und dämpfungsarm sind.

Die Spule L ist austauschbar und der Kondensator variabel, so daß sich verschiedene Wellenbereiche ergeben, innerhalb deren man die Frequenz kontinuierlich ändern kann. Als Spulen können gute und feste Honigwabenspulen verschiedener Größe Verwendung finden. Für Kurzwellen werden die Spulen selbst gefertigt. Der Kondensator C ist ein Drehkondensator von 500 cm, dem ein Block von 400 bis 500 cm parallel geschaltet werden kann für längere Wellen. Der Summer soll einen weichen Ton haben und bei möglichst kleiner Spannung ansprechen. Als gut geeignet hat sich das ehemalige Heeresmodell von Siemens & Halske erwiesen. Es spricht bei 1,5 Volt an und hat einen sehr leisen Gang. Als Energiequelle kann ein Element aus einer Taschenlampe Batterie dienen, das lange vorhält. Für größere Spulen (200 Windungen) müssen 3 Volt verwendet werden. Zweckmäßig ist der Einbau des Schalters Sch (Tafel IX) zum Ein- und Auschalten des Summers.

Für etwas geschulte Ohren ergeben sich bei dieser Zusammenstellung des Gerätes deutliche Maxima der Lautstärke. Der Verfasser bestimmt mit seinem genau geeichten Wellenmesser dieser Art seit Jahren die Rundfunkstationen mit Sicherheit nach der gemessenen Welle. Damit der einmal geeichte Wellenmesser aber genau bleibt,

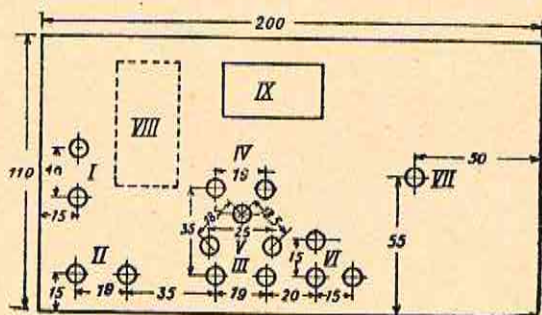


Abb. 73. Abmessungen der Isolierplatte.

men werden, die sich sicher frei tragen, wobei die Spulen wie Äpfel bewahrt und geschont werden müssen und keinem anderen Zwecke dienen dürfen. Die Honigwabenspulen kann man mit einem Holzfern versehen, den man mit Syndetikon einklebt.

Ein solch einfaches Gerät eignet sich aber sowohl für lange wie für kurze, für gedämpfte wie für ungedämpfte Wellen. Ein kleiner geeichter Röhrenoszillator ergibt zwar eine leichter bestimmbare Resonanz. Aber geringe Änderungen der Betriebsdaten der Röhre ergeben Abweichungen in der Frequenz. Seine Handhabung ist aus diesen Gründen nicht einfach.

Aus den Abb. 73 und 74 sind die Abmessungen und die Schaltung des Apparates ersichtlich. Dieser Wellenmesser ist nicht nur als Sender, sondern auch als Empfänger für gedämpfte oder ungedämpfte Schwingungen zu verwenden, was bei der Eichung sehr zuträglich kommt. Die römischen Ziffern in Abb. 73 und 74 entsprechen sich.

I bis VI sind Löcher für die handelsüblichen Buchsen; die Bohrungen haben also 6,1 mm Durchmesser. Die Bohrung VII ist für die Kondensatorachse, wird also auch 6,1 mm. VIII ist der Platz für den Blockkondensator, IX ein Ausschnitt für einen der handelsüblichen Hebel- oder Schnappschalter. Die Photographie des Apparates auf Tafel IX zeigt u. a. einen Drehschalter Sch, der selbstgebaut ist, weil zur Zeit seines Baues vor einigen Jahren derartige Einzelteile noch nicht erhältlich waren.

Bei I wird die Honigwaben- oder eine andere Spule mit deutschem Steckfodel eingesteckt (im Photo noch der früher allein übliche englische Sockel, der aber unbequem ist). II ist der Platz für das Element oder die Batterie. Man macht die isolierten Zuführungen mit Bananensteckern so kurz, daß die leichte Batterie (Taschenlampenformat) unmittelbar neben der Kastenwand herabhängt und nicht auf den Boden reicht. Die 3 Elemente einer Taschenlampenbatterie werden parallel geschaltet. Es empfiehlt sich nicht, die Batterie in den Kasten zu legen, wenn man den Raum für sie nicht vom übrigen abtrennen und von außen zugänglich machen kann. Beim Abheben der Montageplatte zum Zwecke des Auswechselns der Batterie bzw. des Elements könnte leicht ein Draht des Schwingkreises in eine andere Lage kommen, wodurch unter Umständen die Kapazität und somit die Eichkurve sich ändert. Wenn aus irgendeinem Grunde die Öffnung nötig wird, muß man sehr vorsichtig verfahren.

III und IV sind die Buchsen für Detektor und Telephon, wenn der Wellenmesser als Empfänger gebraucht werden soll, was besonders

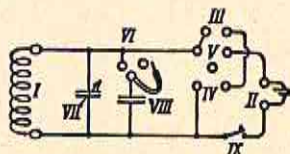


Abb. 74. Die praktische Schaltanordnung des Wellenmessers.

bei der Eichung nötig werden kann. An die Stelle des Telephons tritt bei einer unten beschriebenen Eichmethode ein empfindliches Drehspulinstrument, ein Spiegelgalvanometer oder ein empfindliches Zeigerinstrument, zum Beispiel das *Maßvometer* von Gossen. Es zeigt die vom Detektor gleichgerichteten Ströme an, wird also im Resonanzfall einen Ausschlag ergeben. Statt des Detektors und des Telephons bzw. des Galvanometers in die Buchsen III und IV kann der Summer in die Buchsen V gesteckt werden. Hier sind 3 Buchsen entsprechend dem Summer von Siemens & Halske vorhanden, wovon aber eine, die am Scheitel des rechten Winkels, unbenutzt bleibt. Neuerdings hat der Summer von S. & H. nur S-Steder.

Die Buchsen VI dienen der Ein- und Ausschaltung des Blockkondensators VIII. Die am Block befestigte Schnur mit Bananenstecker kommt zu der Buchse am rechten Winkel heraus.

Die Montageplatte bestehe aus irgendeinem guten Isolierstoff. An Spulen verwenden wir die Honigwabenspulen

400	Windungen für Wellenbereich von etwa	6000 bis	4500 m,
300	" " " " "	4800 "	3500 m,
250	" " " " "	4000 "	2800 m,
200	" " " " "	3500 "	2400 m,
150	" " " " "	2400 "	1700 m,

alles unter Zuschaltung eines Blockkondensators von 400 cm.

Ohne diesen braucht man

200	Windungen für Wellenbereich von etwa	2600 bis	1200 m,
150	" " " " "	1900 "	800 m,
100	" " " " "	1300 "	500 m,
75	" " " " "	950 "	350 m,
50	" " " " "	650 "	250 m,
35	" " " " "	400 "	150 m,
25	" " " " "	300 "	120 m.

Die hervorgehobenen Spulen und Wellenbereiche sind für den Rundfunk und für manchen Amateur allein nötig.

Selbst gewickelt werden 3 Spulen für kurze Wellen. Die Spulen des Verfassers sind mit 0,9 mm Dynamodraht auf 20 mm breite Pertinaxzylinder von 83 mm Durchmesser Schlag neben Schlag gewickelt. Es ergeben

8	Windungen den Bereich von etwa	145 bis	40 m,
3	" " " " "	62 "	20 m,
1	Windung " " " " "	25 "	10 m.

Alle angegebenen Zahlen sind den Eichkurven des Verfassers entnommen und beziehen sich auf dessen Apparat. Andere Spulen oder Kondensatoren werden etwas abweichende Werte ergeben.

Für die selbstgewickelten Spulen fertige man noch Holzkerne, die man mit Syndekton einkittet, um eine starre Form zu gewährleisten. Paraffin zwischen den Windungen vermeide man; jedoch kann man die äußersten Windungen der selbstgefertigten Spulen damit oder mit Azetonlitt leicht ankitten, worauf man die Spulen mit Hilfe von Cellonband auf einem Spulensodol befestigt.

Der Drehkondensator muß als Dielektrikum Luft haben und aus starkem Material gefertigt sein, um Änderungen der Form und damit der Kapazität zu vermeiden. Die Verwendung eines Mierenplattenkondensators führt zu geraden Kurven der Wellenlänge, was für die Eichung von Vorteil ist. Der Parallelblockkondensator kann bei Benutzung von Glimmer als Dielektrikum in bekannter Weise selbst gefertigt werden. Nur muß man für unbedingte Unveränderlichkeit sorgen.

2. Das Eichverfahren.

Die Eichung des Wellenmessers gestaltet sich verhältnismäßig einfach, wenn man einen geeichten Wellenmesser zu diesem Zwecke von einem physikalischen Laboratorium zur Verfügung gestellt bekommen kann. Man koppelt die beiden Apparate dann so lose wie nur möglich und läßt den einen als Sender gedämpfter Schwingungen, den anderen als Empfänger wirken. Den Kondensator des einen Wellenmessers variiert man etwa von 50 zu 50 m Wellenlänge und stellt den anderen auf das Maximum der Laufstärke

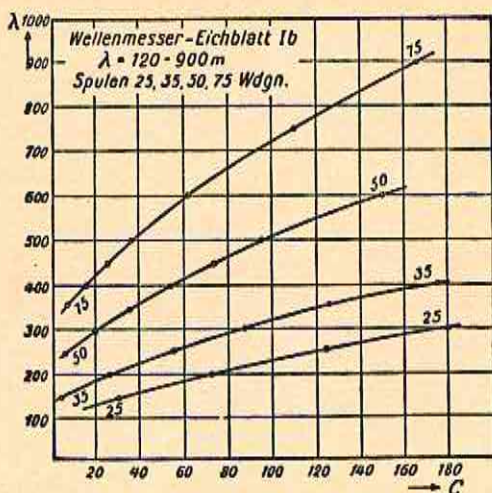


Abb. 75. Beispiel für die Anfertigung eines Kurvenblattes.

ein. Die auf dem geeichten Apparat oder seiner Eichkurve abgelesene Wellenlänge trägt man als Ordinate zu dem auf der Abszisse markierten Skalengrad des Kondensators in ein Kurvenblatt ein, wie Abb. 75 es zeigt. Man erhält so für jede Spule eine kontinuierliche Kurve. Eine falsche Beobachtung fällt sofort auf und wird wiederholt.

Bei diesem Verfahren tut man gut, die Rolle von Sender und Empfänger zu vertauschen und die ganze Eichung zu kontrollieren. Man wird dann die Wahrnehmung machen, daß die Sende- und Empfangskurven bei größeren Spulen (etwa von 300 Windungen ab) etwas voneinander abweichen. Man erhält parallele Kurven, deren Abstand mit der Größe der Spule zunimmt. Diese Erscheinung ist auf die ungleichen elektrischen Verhältnisse beim Anschalten von Summer- oder Detektorkreis zurückzuführen und hat ihren Grund in der Wirkung der parallelgeschalteten Selbstinduktion des Summers. Man kennzeichnet beide Kurven entsprechend.

Dies Eichverfahren verlangt ein feines Unterscheidungsvermögen des Ohres. Die Resonanz ist nicht sehr scharf, da der Empfangskreis insbesondere stark gedämpft ist (Energieverbrauch im Detektorkreis). Immerhin ist das Verfahren anwendbar; man muß sich nur in Geduld fassen.

Man erleichtert sich das Verfahren, wenn man ein einfaches Audion mit abstimmbarem Gitterkreis zu Hilfe nimmt oder den Röhrenempfänger, den man gewöhnlich benutzt. Am geeichten Wellenmesser als Sender wird eine bestimmte Wellenlänge eingestellt, dann der Empfänger darauf abgestimmt und der zu eichende

Wellenmesser als Sender auf den Empfänger abgestimmt. Dann stimmen alle Wellenlängen überein. Die Resonanz wird um so schärfer, je loser die Wellenmesser mit dem Empfänger gekoppelt sind und je stärker der Empfänger entdämpft ist. Jedoch soll der Apparat noch nicht schwingen.

Schließlich können wir unseren Wellenmesser auch an der großen Zahl von Rundfunksendern für den Rundfunkbereich eichen. Ein Sender nach dem anderen (8 bis 12 Sender im Bereich von $\lambda = 200$ bis 600 m genügen), wird sauber abgestimmt. Die Stellung

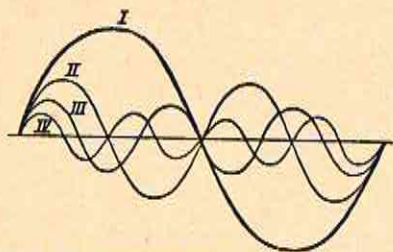


Abb. 76. Grundschwingung und Oberschwingungen.

- I Grundschwingung n (λ)
(1. Harmonische)
- II 2. Harmonische $2n$ ($\frac{\lambda}{2}$)
- III 3. Harmonische $3n$ ($\frac{\lambda}{3}$)
- IV 4. Harmonische $4n$ ($\frac{\lambda}{4}$)

des Drehkondensators des zu Eichenden Wellenmessers, bei der im Empfänger der Summerton am stärksten ist, entspricht der Welle des Rundfunksenders. (Es kommt vor, daß Rundfunksender nicht ganz genau abgestimmt sind. Ihr Ordinatenendpunkt fällt dann aus der Kurve heraus, und man kann sich einem benachbarten Sender richten.)

Schwieriger ist die Eichung im Bereiche der kurzen Wellen unter 150 m, da geeichte Wellenmesser für diesen Bereich schwer zu haben und die Wellenlängen der Amateurstationen meist nicht bekannt sind. Ein sehr genaues Verfahren ist die Eichung mit Hilfe von Oberschwingungen bekannter Wellen. Unter Oberschwingungen oder Harmonischen versteht man die 2-, 3-, 4-, 5- usw.-fache Frequenz einer Grundschwingung, die sich bei jedem elektrischen Schwingungsvorgang ausdrücken (Abb. 76). Ihnen entsprechen $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$... der Wellenlänge der Grundschwingung. Diese Oberschwingungen lassen sich wie die Grundwelle mit der in Abb. 77 getroffenen Anordnung sehr gut nachweisen. Die Resonanz ist besonders bei den Oberschwingungen ganz außerordentlich scharf. Das zur Verwendung gelangende und die Detektorgleichströme registrierende Instrument ist wieder ein empfindliches Galvanometer.

Der Schwingungsgenerator kann hier ein rückgekoppeltes Audion, also der gebräuchliche Empfänger sein, dessen Antenne abgelegt wird. In den Wellenmesser steckt man den Detektor und statt des Telephons die Zuleitungen zum Galvanometer ein (Buchsen III und IV in Abb. 73 bzw. 74).

Man stellt nun am Wellenmesser eine bekannte Wellenlänge, zum Beispiel 300 m, ein. Nachdem man

sich im Telephon der Schwingröhre davon überzeugt hat, daß Schwingungen vorhanden sind, reguliert man C_1 so, daß am Galvanometer der stärkste Ausschlag eintritt. Dann hat man bestimmt den Generator auf 300 m abgestimmt. Es ist unter Umständen nötig, bei der Grundwelle das Galvanometer zu shunten. Die Oberschwingungen können jetzt durch Verkleinern von C_1 und später durch Einschub der Kurzwellenspulen nacheinander festgestellt werden. Man erhält 150, 100, 75, 60, 50 m usw. Um über die Ordnungszahl der Oberschwingungen untrügliche Gewißheit zu haben, stellt man beispielsweise am Schwingaudion noch die Grundschwingung 200 m und 400 m in oben angegebener Weise ein, so daß man also folgende Reihen erhält

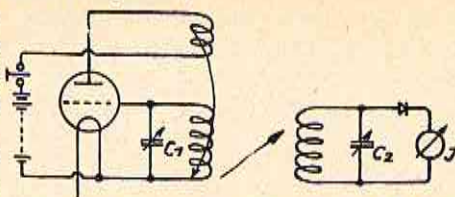


Abb. 77. Zweckmäßige Anordnung für die Eichung mit Oberschwingungen.

400	200	133,3	100	80	66,7	57,1	50	44,4	40
300		150	100	75		60	50		
	200		100		66,7		50		40

Man sieht, daß 1. eine Anzahl Kondensatorstellungen sich entsprechen müssen. 2. Es müssen sämtliche gewonnenen Punkte eine kontinuierliche Kurve ergeben. Divergieren die Kurven von zwei oder allen drei Schwingungsreihen, so hat man sich in der Annahme der Ordnungszahlen der Oberschwingungen geirrt und muß sie miteinander in Einklang zu bringen suchen, was leicht gelingt.

Für ganz kurze Wellen, unter 40 m etwa, hat die Sache einen Haken. Je höher die Ordnungszahl der Oberschwingung, desto geringer die Amplitude und damit der Ausschlag des Galvanometers. Bei der 9. oder 10. Oberschwingung, bei kürzeren Wellen schon früher, hört nach meinen Erfahrungen der Spaß auf. Man müßte als Grundschwingung Wellen von etwa 100 m oder weniger einstellen, um dann entsprechend kurze Oberschwingungen zu erhalten. Es ist mir aber nicht gelungen, bei so kurzen Wellen die Oberschwingungen mit genügender Deutlichkeit nachzuweisen. Offenbar liegt der Grund darin, daß das Verhältnis der Kapazität zur Induktivität des Wellenmessers bei den kleineren Spulen nicht mehr günstig ist für die Erzielung einer nennenswerten Spannung an den Kondensatorbelegen, von der aber der Detektorstrom abhängt. Aber im Interesse der Einfachheit des Apparates müssen wir bei dem einen Drehkondensator bleiben.

Auch hier fand sich ein Weg. Das Prinzip ist folgendes: Wir stellen mit dem Kurzwellenempfänger, irgendwo in der Reihe beginnend, eine Oberschwingung nach der anderen von irgendeiner Welle fest; jede wird gemessen, soweit der Wellenmesser geeicht ist. Wir können also etwa bis auf 40 m herabkommen. Aus den Beziehungen zwischen einer Anzahl von Oberschwingungen, die lädenlos aufeinander folgen, läßt sich auf die Grundschwingung schließen. Ist die Grundschwingung bekannt, so kann man auch die ganze Reihe von Oberschwingungen bis zu den kürzesten leicht der Reihenfolge nach von vornherein bestimmen und dann mit dem Kurzwellenempfänger feststellen. Jedesmal, wenn man auf den Interferenzpunkt eingestellt hat, erregt und vergleicht man den Wellenmesser (als Sender) auf Resonanz und hat somit für die betreffende Oberschwingung den Kondensatorgrad.

Man kann natürlich auch von vornherein die Grundschwingung messen und hat so gleich die ganze Reihe der Oberschwingungen. Aber der Rückschluß von den Oberschwingungen auf die Grundschwingung verbürgt wegen der außerordentlich scharfen Resonanz größte Ge-

naugigkeit. Hier als praktisches Beispiel eine meiner Versuchssreihen:

Grundschwingung, oberflächlich gemessen, zirka 200 m. Im Kurzwellenbereich durch das Audion fixierte und durch den Wellenmesser gemessene Oberschwingungen:

67+ 50,5 40,5 33,5+ 29— 25,5— 22,5 20+ 18,5 17 15,5. Die Zeichen + und — deuten an, daß abgerundet abgelesen wurde, das abgelesene Ergebnis aber wahrscheinlich etwas zu groß oder zu klein ist. Genauer kann man an dem großen Kondensator schwerlich ablesen.

Gesucht ist die genaue Grundschwingung λ . Jede Oberwelle ist ein Bruchteil der Länge der Grundwelle;

$$\text{zum Beispiel } \frac{\lambda}{x} = 50,5 \text{ m}$$

$$\text{und } \frac{\lambda}{x+1} = 40,5 \text{ m.}$$

Wir nehmen natürlich Werte, die wir für genau abgelesen halten. Aus dieser allgemeinen Beziehung ergibt sich

$$x = 4 \text{ und } \lambda = 202 \text{ m.}$$

Damit steht die ganze Reihe fest. Noch einfacher wird die Beziehung, wenn man zwei Oberschwingungen vom Verhältnis 2 : 1 ins Auge

faßt: $\frac{\lambda}{x}$ und $\frac{\lambda}{2x}$. Benennt man den Abstand der Ordnungszahlen

$\frac{\lambda}{x}$ und $\frac{\lambda}{2x}$ mit a , so ergibt sich aus obiger Beziehung sowohl wie auch durch einfache Überlegung:

$$x = a,$$

woraus sich dann wieder aus dem Wert für $\frac{\lambda}{x}$ die Grundwelle λ ergibt. Zum Beispiel

$$\frac{\lambda}{x} = 40,5; \quad \frac{\lambda}{2x} = 20+ \text{ (offenbar genau 20,25)}$$

$$x = a = 5$$

$$\lambda = x \cdot 40,5 = 202 \text{ m.}$$

Wenn man diese letzte Beziehung im Auge behält, kann man aus einer Reihe von Oberschwingungen durch einfache Multiplikation die Grundschwingung feststellen.

Die genaue Reihe der Oberschwingungen ist dann:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
202	101	67,3	50,5	40,4	33,7	28,9	25,3	22,4	20,2	18,4	16,8	15,5

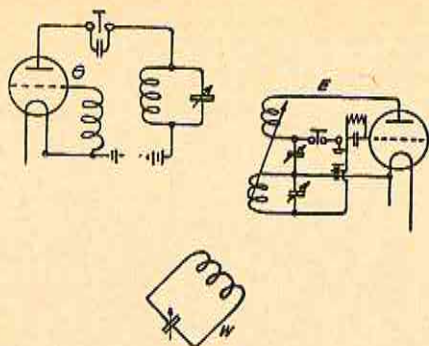


Abb. 78

Vollständige Wellenmefanordnung.

G Schwingungszeuger; E Empfänger; W Wellenmefser als Sender.

rate miteinander muß äußerst lose sein, sowohl bei der Einstellung des Audions wie auch bei der Eichung des Wellenmessers, damit keine Fälschungen des Resultats eintreten. Der Nachweis der kleinsten Energien gelingt ja mit dem Audion mühelos. Alle Einstellungen müssen an langen Achsen erfolgen. Die Annäherung und Entfernung der Hand darf zum Beispiel nicht die kleinste Änderung des Überlagerungstones erzeugen. Man wähle die Grundschwingung so hoch, daß im Anfang des zu eichenden Meßbereiches die Oberschwingungen genügend dicht aufeinander folgen. Wenn sie später häufiger werden, kann man ja einige auslassen. Die Kontinuität der Kurve beweist, daß man keine überzählt hat. Bei schwingendem Audion als Empfänger stelle man peinlich genau den Interferenzpunkt ein, desgleichen, wenn man später einen Kurzwellensender mißt. Man kann auch sehr wohl gedämpft empfangen, muß dann aber die Generatorschwingung modulieren, indem man mit Wechselstrom heizt, den man einem Klingeltransformator entnehmen kann. Diese Methode hat die Unannehmlichkeit, daß man den Wellenmesserton rein hört, jedoch ist das Wellenband etwas breiter.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Eichung eines Wellenmessers, insbesondere das Arbeiten mit sehr kurzen Wellen, eine heikle und zeitraubende Arbeit ist. Es müssen mit der größten Vorsicht möglichst viele Beobachtungen gemacht werden, deren Mittelwert endgültig verwertet werden kann. Eine erfolgreiche Arbeit ist aber dem fortgeschrittenen Amateur durchaus möglich.

Man sieht, die Abweichungen von der Messung sind gering. Für die endgültig auszuwertende Reihe von Messungen muß man bei Anspruch auf hohe Genauigkeit natürlich lauter Mittelwerte nehmen.

Nun noch einige Winte für das Experiment! Die Anordnung ist nach Abb. 78 aufzubauen. G ist der Generator (Schwingaudion), E der Empfänger, W der sendende Wellenmesser. Die Kopplung der Appa-

G. Für die Praxis des Amateurs wichtige Berechnungen.

1. Selbstinduktion, Kapazität, Schwingungskreis.

Schwingungskreise selbst berechnen zu können ist für den selbstbauenden Funkfreund deshalb wichtig, weil er zumal für die Spulen nur selten die in irgendeiner Baubeschreibung angegebenen Maße einhalten kann. Weder der gleiche Spulenkörper noch der gleiche Draht stehen ihm in der Regel zur Verfügung. Die oft sogar nur angegebene **Windungszahl** ist aber für die Größe der Selbstinduktion allein nicht maßgebend. Hinzu kommen vielmehr **Länge** und **Durchmesser** der Spule und der **Windungsabstand** als bestimmende Faktoren.

a) Berechnung des Selbstinduktionskoeffizienten.

Die **Selbstinduktion** ist die in einer stromdurchflossenen Spule induzierte elektromotorische Kraft E . Ihre Ursache ist das bei Stromfließen oder Wechselströmen sich aufbauende und verschwindende magnetische Feld H , dessen Stärke von der Stärke des erregenden Stromes i (absolute elektromagnetische Einheiten) und der **Windungszahl pro cm** $\frac{z}{l}$ abhängt. Das magnetische Feld (Kraftlinienzahl pro qcm) ist für lange Spulen

$$H = 4 \pi \cdot \frac{z}{l} \cdot i.$$

Die Gesamtzahl der magnetischen Kraftlinien in Luft (Eisen findet für Hochfrequenz keine Verwendung) ist dann

$$\Phi = 4 \pi \cdot \frac{z}{l} \cdot i \cdot q,$$

worin q die von einer Windung umzogene Fläche in qcm bedeutet.

Die **Selbstinduktion pro Windung** ist gleich der in der Sekunde kommenden oder vergehenden Kraftlinienzahl, wenn sich die Stromstärke in dieser Zeit um einen gewissen Betrag ändert. Dieser Betrag sei Δi . Dann ist die Selbstinduktion pro Windung

$$\Delta \mathcal{P}_{\text{proWdg}} = 4 \pi \cdot \frac{z}{l} \cdot \Delta i \cdot q$$

worin $\Delta \mathcal{F}$ die Änderung der Kraftlinienzahl infolge der sekundlichen Änderung des Stromes i um den Betrag Δi bedeutet. Für die Windungszahl z ist dann die gesamte Selbstinduktion

$$\Delta \mathcal{F} = 4 \pi \cdot \frac{z^2}{l} \cdot \Delta i \cdot q.$$

Die Selbstinduktion ist also abhängig von der Größe von Δi , der sekundlichen Änderung der Stromintensität. $\frac{\Delta \mathcal{F}}{\Delta i}$ stellt also die

Selbstinduktion dar, die sich bei einer sekundlichen Änderung um die Einheit der Stromstärke (elektromagnetisch, 1 elektromagnetische Einheit = 10 Am) entsteht. Diesen Betrag $\frac{\Delta \mathcal{F}}{\Delta i}$ nennt man

den Selbstinduktionskoeffizienten L , auch Induktivität, fälschlicherweise schlechthin „Selbstinduktion“ genannt. Es ist also (in absoluten Einheiten [cm])

$$L = \frac{\Delta \mathcal{F}}{\Delta i} = 4 \pi \cdot \frac{z^2}{l} \cdot q = 4 \pi \cdot \frac{z^2}{l} \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi$$

$$L = \pi^2 \cdot z^2 \cdot d^2 \cdot \frac{1}{l},$$

worin d den Durchmesser der Windungsfläche, also unter Voraussetzung der einlagigen Spule deren Durchmesser bedeutet. In dieser Beziehung sind aber, wenn etwa die Windungszahl z berechnet werden soll, sowohl z als auch l unbekannt, weil zwischen diesen Größen Proportionalität stattfindet. Daher führen wir die Größe $n = \frac{z}{l}$, die Windungszahl pro cm, die leicht vorauszubestimmen ist¹, ein. Unsere Formel heißt dann

$$L = \pi^2 \cdot \left(\frac{z}{l}\right)^2 \cdot d^2 \cdot \frac{l^2}{l} = \pi^2 \cdot n^2 \cdot d^2 \cdot l$$

Jedoch ist diese Formel nur für Spulen richtig, die der Voraussetzung gemäß sehr lang im Verhältnis zum Durchmesser sind. Bei den in der Radiotechnik üblichen Spulen jedoch trifft diese Voraussetzung so gut wie nie zu; sie sind aus praktischen Gründen verhältnismäßig kurz. Dadurch verringert sich aber die wirkliche Kraftlinienzahl und somit auch die Induktivität L . Eine nach der angegebenen Formel berechnete Spule hat einen dem Verhältnis $\frac{1}{d}$ entsprechenden kleineren Wert der Induktivität, das heißt: der so erhaltene Wert ist mit einem von $\frac{1}{d}$ abhängigen Faktor f (kleiner als 1) zu multiplizieren. Also

$$L = (\pi \cdot n \cdot d)^2 \cdot l \cdot f$$

¹ Berechnen oder durch Probewicklung um Bleistift u. dgl. bestimmen.

Dieser Faktor ist für alle Verhältnisse von $\frac{1}{d}$ durch Vergleich der berechneten mit den gemessenen Werten bestimmt und in Tabellen oder Kurven festgelegt worden. Die Kurvenbilder A1 bis A4 (Modellbogen) enthalten auf der Abszisse den Wert für $\frac{1}{d}$, während auf der Ordinate links der zugehörige Wert von f abgelesen werden kann. So läßt sich L für jede beliebige einlagige Spule berechnen.

bei $\frac{1}{d} =$	50—10	10—1	1—0,05	0,05—0,001	0,001—0,0001
aus Kurve	A 1 a	A 1 b	A 2	A 3	A 4

Bei einlagigen Zylinderspulen ist die Bestimmung von l und d und somit auch $n = \frac{z}{l}$ einfach (s. Abb. 79). Die sehr verbreiteten Flachspulen können als einlagige Zylinderspulen mit d gleich dem mittleren Durchmesser und l gleich der Wickelhöhe aufgefäßt

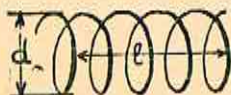


Abb. 79. l und d bei der Zylinderspule.

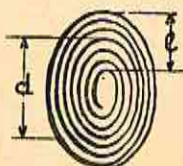


Abb. 80. l und d bei der Flachspule.

werden (Abb. 80). Die mehrlagige Zylinderspule kann so lange als normale Zylinderspule angesehen werden, als die Wickelhöhe klein im Verhältnis zur Länge ist. Als d gilt immer der mittlere Durchmesser. Wird die Wickelhöhe groß im Verhältnis zur Länge (Honigwabenpule), so ist die Spule wie eine Flachspule zu berechnen. Bei stark von den Voraussetzungen abweichenden Spulengebildn muß man natürlich mit einer gewissen Abweichung des wirklichen Wertes vom berechneten rechnen. Jedoch ist die Annäherung recht gut für die in der Praxis vorkommenden Fälle. Es bleibt noch die Berechnung des bei sehr kurzen Wellen vorkommenden einfachen Drahttringes übrig. Es ergibt sich sinngemäß, daß als d der Durchmesser des Ringes, als l die Drahtdicke (blank) in Frage kommt (Abb. 81).

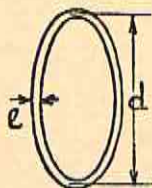


Abb. 81. l und d beim Drahttring.

Bevor ein Beispiel durchgerechnet wird, sei auf die Berechnung der Spulenlänge l bei vorgeschriebenem Selbstinduktionskoeffi-

zienten L eingegangen. Mit den bekannten Größen L , d und n bildet man aus der Formel $L = \pi^2 \cdot n^2 \cdot d^3 \cdot \frac{1}{d} \cdot f$ die eine Seite einer neuen Gleichung, deren andere die unbekannten und durch Abhängigkeit miteinander verbundenen Werte enthält.

$$\frac{L}{\pi^2 \cdot n^2 \cdot d^3} = \frac{1}{d} \cdot f.$$

Den so gefundenen Wert für $\frac{1}{d} \cdot f$ sucht man in den Kurvenbildern B1 bis B4 auf der Ordinate auf und bestimmt den zugehörigen Abszissenwert $\frac{1}{d}$. Da d bekannt ist, läßt sich die Spulenlänge l berechnen.

Beispiele:

1. Berechnung von L bei einer einlagigen Zylinder-spule mit $l = 4,5$ cm, $d = 5$ cm, $z = 90$ und somit $\frac{z}{l} = n = \frac{90}{4,5} = 20$;

$$\frac{1}{d} = \frac{4,5}{5} = 0,9; f = 0,665 \text{ (Kurve A2)}$$

$$L = (\pi \cdot n \cdot d)^2 \cdot l \cdot f = (3,14 \cdot 20 \cdot 5)^2 \cdot 4,5 \cdot 0,665 = \underline{2,96 \cdot 10^5 \text{ cm}}$$

2. Berechnung einer Flachspule mit $l = 2,5$ cm, $d = 7,5$ cm,

$$z = 250; \text{ demnach } n = \frac{250}{2,5} = 100; \frac{1}{d} = \frac{2,5}{7,5} = 0,33;$$

$$f = 0,43 \text{ (Kurve A2).}$$

$$L = (3,14 \cdot 100 \cdot 7,5)^2 \cdot 2,5 \cdot 0,43 = \underline{2,52 \cdot 10^6 \text{ cm.}}$$

3. Berechnung der Spulenlänge l bei $d = 5$ cm, $n = 40$, L gefordert zu $2 \cdot 10^6$ cm.

$$\frac{L}{\pi^2 \cdot n^2 \cdot d^3} = \frac{2 \cdot 10^6}{3,14^2 \cdot 40^2 \cdot 5^3} = 1,01 = \frac{1}{d} \cdot f$$

Für $\frac{1}{d} \cdot f = 1,01$ erhalten wir aus Kurve B1 $\frac{1}{d} = 1,3$, woraus sich $l = d \cdot 1,3 = 5 \cdot 1,3 = \underline{6,5 \text{ cm}}$ ergibt. Die Gesamtwindungszahl z ist dann $6,5 \cdot 40 = \underline{260}$.

4. Berechnung eines Drahttringes mit $d = 20$ cm und 4 mm Drahtstärke. Dann ist

$$l = 0,4 \text{ cm, } n = \frac{z}{l} = \frac{1}{0,4} = 2,5, \frac{1}{d} = \frac{0,4}{20} = 0,02, f = 0,062 \text{ (Kurve A3).}$$

$$L = (3,14 \cdot 2,5 \cdot 20)^2 \cdot 0,4 \cdot 0,062 = \underline{610 \text{ cm}}$$

Alle Resultate mit Rechenschiebergengenauigkeit.

b) Berechnung von Kapazitäten.

Die Formel für die Berechnung von Kapazitäten

$$C = \epsilon \cdot \frac{F(n-1)}{4\pi a},$$

worin ϵ die Dielektrizitätskonstante, F die Fläche eines Beleges, einseitig gemessen, n die Anzahl der Belege und a den Abstand der Belege bzw. die Dicke des Dielektrikums bedeutet, gilt genau nur für sehr große Flächen im Verhältnis zum Abstand a . Bei den in der

Praxis vorkommenden Verhältnissen von $\frac{F(n-1)}{a}$ ist die Annäherung hinreichend. Die Dielektrizitätskonstante für die für unseren Gebrauch in Betracht kommenden Mittel (Dielektrika) sind bei

Luft	Paraffinpapier	Glas	Glimmer
1	2	6	8

Die besten Mittel sind Luft und Glimmer. Da in Band 98 der Sammlung „Spiel und Arbeit“ im Kapitel E, 4 bereits eingehend die Handhabung der obigen Formel gezeigt wurde, sei hier auf Ausführungsbeispiele verzichtet.

c) Berechnung von Schwingungskreisen.

Ein Kreis nach Abb. 82, bestehend aus der Selbstinduktion mit dem Koeffizienten L , der Kapazität C und einem immer vorhandenen Ohmschen Widerstand, kann unter gewissen Bedingungen durch schwache Wechselspannungen entsprechender Frequenz zu intensiven Schwingungen in dieser Frequenz angestoßen werden. Es entstehen also dann in diesem Kreise Wechselströme einer ganz bestimmten Frequenz, deren Intensität bei einmaligem Anstoß des Kreises nur wenig mit der Zeit abnimmt, gedämpft wird, und zwar um so weniger, je kleiner der unvermeidliche Ohmsche Widerstand gehalten wird. Die Aufrechterhaltung ungedämpfter Schwingungen ist also mit nur ganz geringem Energieaufwand, wie er dem Verbrauch im Ohmschen Widerstand entspricht, möglich.

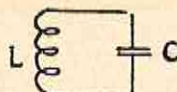


Abb. 82.
Schwingungskreis aus der Selbstinduktion L und der Kapazität C . Ohmscher Widerstand nicht eingezeichnet.

Im übrigen sind die Bedingungen für das Zustandekommen solcher Schwingungen, daß der induktive Widerstand für die in Frage kommende Frequenz gleich dem kapazitiven Widerstande für die gleiche Frequenz ist, also

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

worin ν die Frequenz der anstoßenden Spannung bedeutet. In diesem Falle heben sich diese beiden Widerstände, weil sie entgegengesetztes Vorzeichen haben¹, auf, und es verbleibt nur noch der Ohm'sche Widerstand. Aus obiger Beziehung ergibt sich weiter

$$(2 \pi \nu)^2 = \frac{1}{L \cdot C} \text{ und } \nu = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Das bedeutet, daß die Frequenz ν der Wechselspannung, die einen Kreis mit der Induktivität L und der Kapazität C zu wenig gedämpften Schwingungen anstoßen kann, aus eben diesen Werten für L und C berechnet werden kann. Die aus L und C sich ergebende Frequenz ν nennt man die **Eigenfrequenz** des Schwingungskreises. Die Größen L und C haben wir aus den Abmessungen von Spulen und Kondensatoren berechnen gelernt. L ist jedoch statt in cm in Henry und C in Farad in die Rechnung einzusetzen.

$$1 \text{ Henry (H)} = 10^9 \text{ cm}; 1 \text{ Farad (F)} = 9 \cdot 10^{11} \text{ cm.}$$

Wir erhalten also, wenn wir die Größen von L und C in cm berechnen und einsetzen, ein Resultat, das

$$\sqrt{9 \cdot 10^{20}} = 3 \cdot 10^{10} \text{ mal zu klein ist.}$$

Diesen Faktor $3 \cdot 10^{10}$, der sich also aus dem Verhältnis der praktischen Einheiten Henry und Farad zu der absoluten Einheit cm ergibt, wollen wir mit c bezeichnen. Bei Einsatz von L und C in cm erhalten wir also nicht ν sondern $\frac{\nu}{c}$. Folglich

$$\frac{\nu}{c} = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L_{(\text{cm})} \cdot C_{(\text{cm})}}}, \text{ und}$$

$$\nu = c \cdot \frac{1}{2 \pi \sqrt{L_{(\text{cm})} \cdot C_{(\text{cm})}}}$$

An Stelle der Frequenz interessiert uns vielfach noch die **Wellenlänge** einer elektrischen Schwingung. Wir rechnen sogar vornehmlich mit Wellenlängen, obwohl mancherlei Gründe dafür sprechen, gerade vorzugsweise mit Frequenzen zu rechnen. Wir müssen daher kurz auf die Beziehungen zwischen den bei der Ausbreitung elektrischer Schwingungen in Betracht kommenden Größen eingehen. Als **Frequenz ν** bezeichnen wir die **Schwingungszahl** (**Periodenzahl**) pro Sekunde. Eine Schwingung dauert also $\frac{1}{\nu}$ Sekunden. Dies ist die **Schwingungsdauer t** . Die **Fortpflanzungsgeschwindigkeit** der elektrischen Schwingungen ist

¹ Die Erklärung des Zustandekommens der entgegengesetzten Vorzeichen dieser Widerstände würde hier zu weit führen. Es sei daher nur das Studium der einfachen Verhältnisse in Wechselstromkreisen empfohlen, wozu jedes Lehrbuch der Elektrotechnik herangezogen werden kann.

$v = 300\,000\text{ km} = 3 \cdot 10^{10}\text{ cm}$ in der Sekunde. Während der Dauer t einer Schwingung pflanzt sich diese also über einen Weg von $v \cdot t = v \cdot \frac{1}{\nu}$ fort. Dieser Weg, den die elektrische Schwingung während der Dauer einer Periode zurücklegt, nennt man die Wellenlänge λ^1 . Also.

$$\lambda = v \cdot t = \frac{v}{\nu}.$$

Aus der Beziehung

$$\nu = \frac{c}{2\pi \sqrt{L_{(\text{cm})} \cdot C_{(\text{cm})}}}$$

ergibt sich also für die Wellenlänge dieser Schwingung

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{v}{c} \cdot 2\pi \cdot \sqrt{L_{(\text{cm})} \cdot C_{(\text{cm})}}.$$

v in cm eingesetzt, ergäbe sich λ in cm. Um λ in m zu erhalten, ist noch durch 100 zu dividieren. Also

$$\lambda_{(\text{m})} = \frac{v}{c} \cdot \frac{2\pi}{100} \cdot \sqrt{L_{(\text{cm})} \cdot C_{(\text{cm})}}$$

Sofern voraussetzungsgemäß v in cm eingesetzt wird, wird aber

$$\frac{v}{c} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{3 \cdot 10^{10}} = 1 \text{ und somit}$$

$$\lambda_{(\text{m})} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{L_{(\text{cm})} \cdot C_{(\text{cm})}}$$

Das ist die berühmte Thomson'sche Formel für die Wellenlänge einer durch die Größen L und C bestimmten elektrischen Schwingung. Die Anwendung für die Praxis erläutern folgende

Beispiele:

1. Welche Wellenlänge λ bzw. Frequenz ν besitzt eine Schwingung, bestehend in einem Kreise aus $L = 2 \cdot 10^6\text{ cm}$ und $C = 500\text{ cm}^2$?

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{2\pi}{100} \sqrt{L \cdot C} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{2 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^2} \\ &= \frac{2\pi \cdot 10^4}{10^2} \sqrt{10} = \underline{1980\text{ m}} \end{aligned}$$

¹ Woher der Ausdruck „Wellenlänge“? Die durch die elektrischen Schwingungen hervorgerufenen auswandernden Spannungszustände des Aethers sind den Zuständen des schwingenden Wassers oder der Luft vergleichbar, also den Wasserwellen und den Schallwellen. Wie die durch irgendeinen Schwingungsvorgang erregten Wasser- und Luftwellen sich ausbreiten und neue Schwingungsvorgänge bei schwingungsfähigen Gebilden auslösen, so schreiten auch die durch elektrische Schwingungsvorgänge entstehenden Spannungszustände des Aethers wie von der Materie befreite Wellen fort und erregen andere schwingungsfähige Gebilde, beispielsweise die Antennentreise der Empfänger, oder auch die Ionen und Elektronen in den verschiedenen Atmosphärenschichten.

Vgl. auch Band 120, Kap. A, 3.

$$\nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ (m)}}{1,93 \cdot 10^3 \text{ (m)}} \\ = 152\,000 \text{ Schwingungen oder Herz.}$$

2. Wie groß muß der Drehkondensator eingestellt werden, um einen Schwingungskreis mit der Induktivität $2 \cdot 10^6$ auf die Wellenlänge 1250 abzustimmen, das heißt seine Eigenwelle gleich 1250 m zu machen?

Aus der Thomsonschen Gleichung ergibt sich

$$\sqrt{L \cdot C} = \frac{\lambda \cdot 100}{2\pi} \text{ und } \sqrt{C} = \frac{\lambda \cdot 100}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L}}, \text{ somit} \\ C = \frac{\lambda^2 \cdot 10^4}{4\pi^2} \cdot \frac{1}{L} = \frac{1250^2 \cdot 10^4}{4\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6} \\ \underline{C \cong 200 \text{ cm}}$$

3. Welche Spule ist nötig, um unter Anwendung eines Drehkondensators von 50 cm minimaler Kapazität die Welle 200 m gerade noch zu empfangen? — Welches ist die größte zu empfangende Welle, wenn die Maximalkapazität des Drehkondensators 500 cm beträgt?

$$\text{a) } L = \frac{\lambda^2 \cdot 10^4}{4\pi^2} \cdot \frac{1}{C} = \frac{200^2 \cdot 10^4}{4\pi^2 \cdot 50} \\ \underline{\cong 2 \cdot 10^5 \text{ cm}}$$

$$\text{b) } \lambda = \frac{2\pi}{100} \sqrt{L \cdot C} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{2 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^3} \\ = \frac{2\pi \cdot 10^4}{100} = \underline{628 \text{ m}}$$

2. Berechnung eisengeschlossenener Transformatoren für Lade- und Netzanschlußgeräte und ähnliche Zwecke.

Die erste Frage bei der Dimensionierung eines Transformators ist die nach der Leistung, die von ihm verlangt wird. Hiernach richten sich Eisenkern und Wicklung.

Ganz allgemein gilt, daß man um so weniger Kupfer braucht, je größer der Querschnitt des Eisens ist und umgekehrt. Braucht man für einen bestimmten Eisenquerschnitt zum Beispiel 500 Primärwindungen für die beabsichtigte Betriebsspannung, so würde man bei doppeltem Eisenquerschnitt mit der halben Windungszahl auskommen oder würde bei gleichem Wicklungsraum den Kupferquerschnitt und damit auch die Leistung verdoppeln können. Eine Halbierung des Eisenquerschnitts würde dementsprechend eine Verdoppelung der Primärwindungszahl bzw. bei Beibehaltung des gleichen Wicklungsraums eine Herabsetzung der Leistung auf

die Hälfte bedingen. Von der Primärwindungszahl hängt aber auch die Zahl der Sekundärwindungen ab, so daß also die gesamte benötigte Kupfermenge dem Eisenquerschnitt umgekehrt proportional ist.

Sowohl bei der Kern- als auch der Manteltype ist für die Unterbringung der Wicklung ein in der Regel rechteckiger Raum vorhanden (s. Abb. 50 und 51). Das Verhältnis Länge zu Breite des Wickelraumes ist nicht ganz gleichgültig für den Wirkungsgrad des Transformators. Macht man die Länge groß gegen die Breite, so wird die Weglänge der Kraftlinien im Eisen groß, wodurch eine Erhöhung des Leerlaufstroms bedingt wird¹. Ist dagegen die Breite groß gegen die Länge, so wird die Wicklung dicker, die Drahtlänge bei gleicher Windungszahl also größer. Dadurch erhöht sich der Ohmsche Widerstand und folglich der Spannungsverlust in beiden Wicklungen. Wenngleich es also ein Optimum für das Verhältnis der Seiten des Wickelraumquerschnitts gibt, so sei doch gleich gesagt, daß es nicht sehr kritisch ist, ganz und gar nicht für so kleine Leistungen, wie sie hier in Betracht kommen. Es kommt dabei auf einen wenig besseren oder schlechteren Wirkungsgrad ja nicht an. Es ist aber gut, sich an das durch Erfahrung und Berechnung ermittelte Verhältnis 3:1 bis 2:1 für Länge zu Breite zu halten. Einen Wickelraumquerschnitt von 12 qcm würde man also beispielsweise 6 cm lang und 2 cm breit oder 5 cm lang und 2,4 cm breit machen.

Es gilt nun, den Wickelraumquerschnitt so groß zu wählen, daß die erforderliche Wicklung auch untergebracht werden kann. Seine Größe ist natürlich der Leistung proportional. Da aber die Windungszahl vom Eisenquerschnitt abhängt, müßte man zunächst einmal auf gut Glück einen Kern annehmen und die Wicklung dafür berechnen, wobei sich dann ergeben kann, daß der vorgesehene Wickelraum nicht ausreicht oder viel zu groß ist, so daß unnötig viel Eisengewicht (höhere Hysteresis- und Wirbelstromverluste) und größerer mittlerer Eisenweg (höherer Magnetisierungsstrom) die Folge sind. Deshalb seien die Beziehungen zwischen dem Wickelraumquerschnitt und der Leistung sowohl als auch dem Kernquerschnitt auf Grund der Erfahrung von vornherein festgelegt. Die graphische Darstellung (Mod. 29 Fig. 5) läßt die notwendigen Verhältnisse ohne weiteres erkennen. Sie gilt unter der Voraussetzung normaler Verhältnisse, also 50 Perioden. Die maximale Induktion $B_{\max}$ ist zu

¹ Die wattlose Komponente des Leerlaufstroms, der Magnetisierungsstrom, ist $I_0 = \frac{0,8 B_{\max} \cdot l_m}{\sqrt{2} \cdot \mu \cdot n}$, worin $B_{\max}$ die maximale Induktion, μ die Permeabilität bei dieser Induktion, n die Windungszahl und l_m die mittlere Weglänge der Kraftlinien im Eisen bedeutet. I_0 ist also l_m proportional.

10 000 Linien und die Strombelastung zu 3 Am pro qmm angenommen. Es soll zum Beispiel für einen Transformator von 90 Watt Widelraumleistung der richtige Kern gewählt werden. Die Widelraumleistung ist auf der Ordinate links, der Kernquerschnitt auf der Abszisse aufgetragen. Nun kann man die koordinierten Werte für mehrere Kurven bestimmen. Jede Kurve entspricht einem anderen Verhältnis der Widelraumgröße zum Eisenquerschnitt. Die bei den Kurven angeschriebenen Zahlen geben an, wieviel mal so groß der Widelraumquerschnitt als der Eisenquerschnitt für den betreffenden Kern gewählt ist. Wählt man den Widelraumquerschnitt zweimal so groß wie den Eisenquerschnitt, so gilt Kurve 2, und man erhält für 90 Watt Widelraumleistung einen Eisenquerschnitt von 6 qcm und nun zwangsläufig einen Widelraumquerschnitt von 12 qcm (Abb. 83 und 84). Die Kurven sind aus den oben schon dargelegten Beziehungen

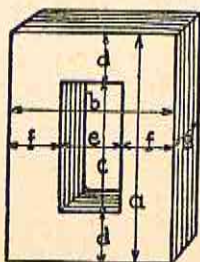


Abb. 83

Eisenpaket der Kerntype.

a Paketlänge, b Paketbreite,
c Widelraumlänge, d Hobbreite,
e Widelraumbreite, f Schenkel-
breite, g Paketdicke (d meist
gleich i).

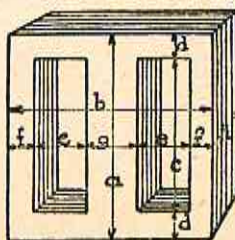


Abb. 84

Eisenpaket der Manteltype.

a Paketlänge, b Paketbreite,
c Widelraumlänge, d Hobbreite,
e Widelraumbreite, f Schenkel-
breite, g Kernbreite, h Paketdicke
d meist gleich i = $\frac{1}{2}g$).

gewonnen. Man erkennt diese Beziehungen dabei ohne weiteres wieder. Halbiert man zum Beispiel den Widelraumquerschnitt (3 qcm), so ist bei Beibehaltung des Widelraums dessen Verhältnis zum Eisenquerschnitt 4, und wir erhalten nur eine Widelraumleistung von 45 Watt. Denn die Windungszahl muß infolge des halbierten Eisenquerschnitts verdoppelt werden, was bei gleichem Widelraum nur unter Herabsetzung des Kupferquerschnitts und somit der Leistung geschehen kann. Wenn jedoch die Leistung, also auch der Drahtquerschnitt beibehalten werden soll, so ist eine Verdoppelung des Widelraumquerschnittes auf das 8fache des Eisenquerschnittes erforderlich, also auf 24 qcm. Das wäre ein sehr unglückliches Verhältnis (Eisenweg!). Die hier nicht mehr gezeichnete Kurve 8 müßte also als Parabel durch den durch die Abszisse 3 und die Ordinate 90 bestimmten Punkt gehen

Der Eisenkern eines Transformators besteht nun zur Herabsetzung der Wirbelstromverluste aus geschichteten Blechen von 0,5 mm Dicke, die auf einer Seite mit Papier beklebt sind. Für den gewählten Kern von 6 qcm Querschnitt, also Schenkelbreite 2 cm, Paketdicke 3 cm, wären $\frac{30}{0,5} = 60$ Bleche nötig. Wegen der Papierisolation und wegen kleiner Unebenheiten bekommt man aber auch bei der erforderlichen Pressung nicht 60, sondern weniger Bleche auf die Höhe von 3 cm, zum Beispiel nur 48, d. i. 80 %. Diese 80 % nennt man den Füllfaktor. Der effektive Eisenquerschnitt ist also nur 4,8 statt 6 qcm. Der ungefähre Füllfaktor für alle Bleche von 0,3 bis 0,5 mm Stärke beträgt 85 %. Wenn man also einen effektiven Eisenquerschnitt von 6 qcm bei 2 cm Schenkelbreite haben will, so braucht man 60 Bleche von 0,5 mm Stärke, die aber eine Pakethöhe von $\frac{60 \cdot 0,5}{0,85} = 35,3$ mm ergeben. Der Einfachheit halber ist aber als Abzisse im Kurvenblatt Mod. Bg. Fig. 5 nicht der effektive Eisenquerschnitt, sondern der Kernquerschnitt gewählt. Für die weitere Rechnung kommen 85 % davon, also der effektive Eisenquerschnitt in Betracht. Als Kernquerschnitt gilt bei der Kern-type der Querschnitt $f \times g$ (Abb. 83). Wenn Hoch- und Schenkelbreite ungleich sind, gilt der kleinere Querschnitt. Bei der Manteltype (Abb. 84) kommt der Kernquerschnitt $g \times h$ in Betracht, über den ja auch die Spule kommt. Die Kraftlinien verteilen sich über die beiden Schenkelquerschnitte $f \times h$, die zusammen gleich $g \times h$ sind.

Die Größe des Wickelraumquerschnittes war nach dem obigen Beispiel $2 \cdot 6 = 12$ qcm. Für den Kern nach Abb. 83 sind die Größenverhältnisse entsprechend einer Wickelraumlänge von 5 cm und einer Breite von 2,4 cm gewählt. Für die Manteltype nach Abb. 84 sind diese Maße zu $6 \cdot 2$ cm angenommen.

Nachdem diese allgemeinen Überlegungen die richtige Wahl des Kerns von vornherein gelehrt und bereits wichtige Aufschlüsse über das Wesen des Transformators gegeben haben, sei für die Berechnung des Transformators selbst gleich ein praktisches Beispiel gewählt:

a) Ein Transformator für ein Ladegerät für Akkumulatoren unter Benützung eines Sautalgleichrichters.

Entsprechend dem Beispiel in Kapitel E, 3 sei eine Gesamtsekundärspannung von 40 Volt, bestehend aus $4 \cdot 10$ Volt, nötig. Die maximale Ladestromstärke betrage 4,5 Am. Die Sekundärleistung beträgt also 180 Watt. Genau so viel Leistung hätte die Primärseite dem Netz, angenommen 220 Volt, 50 Perioden, zu entziehen, wenn

nicht allerlei Verluste im Transformator zu decken wären. Daher ist die aufzunehmende Leistung größer, der Wirkungsgrad

$$\frac{\text{Sekundärleistung}}{\text{Primärleistung}} = \frac{W_2}{W_1}, \text{ also kleiner als } 1,$$

für solche Transformatoren etwa 85 %. Die primär aufzunehmende Leistung beträgt also

$$W_1 \approx \frac{W_2}{0,85} = \frac{180}{0,85} \approx 212 \text{ Watt.}$$

Unter der Widelraumleistung, die bestimmend ist für die Größe von Kern und Widelraum, ist jedoch die Summe aller Leistungen zu verstehen, die in den aufgebrachten Wicklungen vorhanden sind, wenn auch aus dem Netz nur 212 Watt entnommen werden. Hier kommt also eine Widelraumleistung von $212 + 180 = 392$ Watt in Betracht. Aus dem Kurvenblatt Mod.Bg. Fig. 5 entnehmen wir auf der Kurve 2,5 für diese Leistung den Eisenquerschnitt 11,2 qcm. Nehmen wir die Schenkelsbreite zu 3,5 cm, so wird die Pakethöhe = 3,2 cm und die Blechzahl bei 0,5 mm Blechdicke $= \frac{3,2 \cdot 0,85}{0,05} = \text{rd } 55$. Der Widelraumquerschnitt muß $2,5 \cdot 11,2 = 28$ qcm werden, also 8 cm lang und 3,5 cm breit. Dann zeigt Mod.Bg. Fig. 6 die genauen Maße des Kernbleches und Abb. 85 die perspektivische Ansicht.

In Fig. 6 des Mod.Bg. sind die punktierten Linien die Stoßfugen, die bei Zusammenfügung des U-Teiles mit dem Jochteil entstehen.

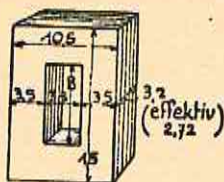


Abb. 85. Kern zum ausgeführten Beispiel eines Transformators für ca. 200 Watt.

Das nächste Blech ist umgekehrt zu legen, so daß die Fuge auf die andere Seite zu liegen kommt. Man sehe zu, daß man die Bleche fertig beziehen kann. Es sind aus den Prospekten der die Bleche vertreibenden Firmen an Hand des Kurvenschaubildes Fig. 5 des Mod.Bg. immer passende Bleche zu finden, oder man kann für vorhandene Bleche die richtigen Beziehungen feststellen. Zum Beispiel sei ein Blech mit einem Widelraum von $7,5 \cdot 2,5 = 18,75$ qcm und einer Schenkelsbreite von 5 cm vorhanden. Für 400 Watt Widel-

raumleistung findet man auf Kurve 1 einen Eisenquerschnitt von 18 qcm. Das Verhältnis von Widelraumquerschnitt zu Eisenquerschnitt 1 : 1 ist nur für diese Kurve richtig. Für die Kurve 1,5 müßte der Eisenquerschnitt 14,6 qcm und demnach der Widelraum $1,5 \cdot 14,6 = \text{rund } 22$ qcm sein, die bei dem angenommenen Kern aber nicht zur Verfügung stehen. Dies nur als Beispiel, wie man sich hilft. Die Selbstanfertiigung eines Kerns nach dem gewünschten Maß macht nämlich einige Schwierig-

rigkeiten. Die Bleche verbiegen sich beim Schneiden mit der Blechschere. Es gibt meist einen Grat, der wieder entfernt werden muß. Auch ist das Schneiden recht mühsam. Wer dennoch den Kern selbst herstellen will, wird gut tun, statt der in Fig. 6 des Mod. Zg. gezeichneten Form zwei L-förmige Stübe zu schneiden. Mühe und Blechverlust werden so auf das geringste Maß herabgedrückt.

Jetzt kann man an die Berechnung gehen. Die Primärwindungszahl ergibt sich aus der Gleichung

$$n = \frac{0,9 E \cdot 10^8}{4 p \cdot B_{\max} \cdot f'}$$

worin n die Windungszahl, E die effektive Netzspannung, p die Periodenzahl, $B_{\max}$ die maximale Induktion (Zahl der Kraftlinien pro qcm Eisenquerschnitt) und f' den effektiven Eisenquerschnitt bedeuten. Von diesen Größen sind gegeben E beispielsweise mit 220 Volt, p mit 50 Perioden (meist üblich) und f' in unserem Falle mit 9,5 qcm. Die maximale Induktion ist nach Maßgabe der Verhältnisse zu wählen. Für Zwecke wie der beabsichtigte, auch für Transformatoren für Netzanschlußgeräte, wählt man die Zahl 10 000. Das bedeutet ein gutes Kompromiß zwischen möglichst kleinem Kupferaufwand und erträglichem Leerlaufstrom. Wir erhalten also

$$n = \frac{0,9 \cdot 220 \cdot 10^8}{4 \cdot 50 \cdot 10^4 \cdot 9,5} = 1052 \text{ Primärwindungen.}$$

Wenn wir eine Netzspannung von 110 Volt zugrunde gelegt hätten, so wäre die Windungszahl halb so groß geworden. Da aber dieselbe Leistung aufgenommen werden muß, verdoppelt sich der Primärstrom, so daß der Drahtquerschnitt auch verdoppelt werden muß. Wenn wir die Primärwindung eines 220-Volt-Transformators in zwei gleichen Teilen ausführen, so können wir durch Parallelschalten dieser Notwendigkeit Rechnung tragen. Somit wideln wir

2 mal 526 Windungen

auf die Primärspule, die für 220 Volt in Serie, für 110 Volt parallel geschaltet werden. Hierbei sei auf den richtigen Anschlußsinn hingewiesen. Bei P in Abb. 53 ist die Schaltung für 220 Volt gezeichnet. Für 110 Volt ist a mit a und e mit e zu verbinden.

Beim idealen Transformator würde sich die Sekundärwindungszahl aus dem Verhältnis der Spannungen ergeben. Es ist

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} \text{ und somit } n_2 = \frac{E_2}{E_1} \cdot n_1 = \frac{40}{220} \cdot 1052 = 191,3$$

Sekundärwindungen.

Wegen der im Transformator auftretenden Verluste ist diese Windungszahl jedoch nur angenähert richtig und muß später noch korrigiert werden.

Für die Wahl der Drahtquerschnitte ist bereits eine Stromdichte von 3 Am pro qmm festgelegt. Die Primärleistung beträgt 212 Watt, das ergibt bei 220 Volt einen Strom von $\frac{212}{220} \approx 1$ Am. Demnach brauchen wir einen Drahtquerschnitt von 0,33 qmm, also einen Durchmesser von 0,65 mm Dieser Draht ist handelsüblich. Es genügt Emailleisolation. Der maximale Strom in der Sekundärwicklung liegt mit 4,5 Am ebenfalls fest. Der Kupferquerschnitt muß also 1,5 qmm sein, der Durchmesser somit 1,38 mm. Erhältlich ist Draht von 1,4 mm, leichter noch von 1,5 mm Durchmesser. Wir wählen also 1,5 mm, 2 mal mit Baumwolle umspinnen.

Emailledrähte			Baumwolldrähte 2×		
Durchmesser mm	Isolationszunahme mm	Wickelfaktor	Durchmesser mm	Isolationszunahme mm	Wickelfaktor
0,10	0,015	1,2	0,8	0,20	1,1
0,15	0,020	1,2	0,9	0,20	1,1
0,20	0,020	1,2	1,0	0,20	1,1
0,25	0,025	1,2	1,1	0,25	1,1
0,30	0,025	1,2	1,2	0,25	1,1
0,35	0,030	1,15	1,3	0,25	1,1
0,40	0,030	1,15	1,4	0,25	1,1
0,45	0,035	1,15	1,5	0,30	1,05
0,50	0,035	1,15	1,6	0,30	1,05
0,55	0,040	1,15	1,7	0,30	1,05
0,60	0,040	1,15	1,8	0,30	1,05
0,65	0,040	1,15	1,9	0,30	1,05
0,70	0,040	1,1	2,0	0,30	1,0
0,80	0,050	1,1	2,5	0,30	1,0
0,90	0,050	1,1	3,0	0,30	1,0
1,00	0,050	1,1			

Tabelle der Spulendrähte. Für Transformatoren sollte die Grenze für die Verwendung von Emailledrähten etwa bei 0,8 Durchm. liegen. Für stärkere Drähte verwende man Baumwolle 2×

Die Isolation der Drähte trägt nach der vorstehenden Tabelle etwas auf, was bei der Kontrolle des Wickelraumes zu beachten ist. In der Tabelle ist ferner der **Wickelfaktor** für die einzelnen Drahtstärken angegeben, d. i. die Zahl, die angibt, wievielmals so viel Raum man erfahrungsgemäß braucht, als sich durch Rechnung unter Berücksichtigung der Zunahme des Drahtdurchmessers durch die Isolation ergibt. Es ist also

Windungszahl pro Lage $\times$ äußerer Drahtdurchm. $\times$ Wickelfaktor =
Wickelbreite

und somit die

$$\text{Windungszahl pro Lage} = \frac{\text{Widellbreite}}{\text{äußerer Drahtdurchm.} \times \text{Widelfaktor}}$$

Desgleichen ist die

$$\text{Widellhöhe} = \text{Lagenzahl} \times \text{äußerer Drahtdurchm.} \times \text{Widelfaktor.}$$

Von dem vorgesehenen Widelraum geht etwas für die Windungen des Spulenkörpers verloren. Schon um eine vollkommene Symmetrie der Spulen herzustellen, empfiehlt sich hier die Verwendung von zwei Spulenkörpern gleichen Maßes aus Pappe nach Mod.Bg. Fig. 7, die mit Schellack getränkt werden. Zuerst wird auf jeden Spulenkörper die Hälfte der Primärwindung, also je 526 Windungen, aufgebracht. Dann folgt eine Isolierschicht aus Stpapier oder schellackiertem Zeichenpapier. Darauf kommt auf jeden Spulenkörper die Hälfte der Sekundärwindung. Jede Hälfte ist in der Mitte nochmals angezapft. Irgendwelche Isolierlücke für die Windung wenden wir nicht an.

Es interessiert jetzt der Widerstand der Windungen, da die auftretenden Spannungsverluste berechnet werden müssen. Auch muß kontrolliert werden, ob nach der sich daraus ergebenden Korrektur der sekundären Windungszahl der Widelraum ausreicht. Die Windungsfläche ist bei den ersten Lagen quadratisch. Die Enden runden sich aber später ab. Wir machen aber keinen großen Fehler, wenn wir die Länge einer Windung wie den Umfang des unversehrten Quadrats berechnen. Durch die Korrektur kommt später ohnehin noch Widerstand hinzu, gerade bei der Außenwindung, weswegen eigentlich eine nochmalige Korrektur nötig würde, auf die aber verzichtet wird. Die etwas zu große erste Korrektur kann hier sogar verbessernd wirken.

Die Wideldaten sind also vorläufig

	Windungszahl	Drahtdurchmesser		Widelfaktor
		innen	außen	
primär . .	2 · 526	0,65 mm	0,70 mm	1,15
sekundär . .	2 · 96	1,5 mm	1,8 mm	1,05

Für jede Primärspule ist die Windungszahl pro Lage $\frac{36}{0,7 \cdot 1,15} \cong 45$.

Um 526 Windungen unterzubringen, brauchen wir rund 12 Lagen und somit eine Widelraumhöhe von $12 \cdot 0,7 \cdot 1,15 \cong 10$ mm. Die Windungslänge ist in der ersten Lage also $2 \cdot (4 + 3,7) = 15,4$ cm, in der letzten Lage $2 \cdot (6 + 5,7) = 23,4$ cm, im Mittel also 19,4 cm. Wir können rund 19 cm sagen, da wir wegen der Abrundung der Enden die 4 mm wohl vernachlässigen dürfen. Die primäre Drahtlänge ist also $1052 \cdot 19$ cm $\cong 200$ m. Der Widerstand ergibt sich zu

$$R_1 = \frac{1 \cdot \rho}{q} = \frac{200 \cdot 0,01784}{\left(\frac{0,65}{2}\right)^2 \cdot 3,14} = 10,75 \text{ Ohm}$$

In der Formel bedeuten l die Länge des Drahtes in Meter, ρ den spezifischen Drahtwiderstand (Widerstand pro 1 m bei 1 qmm) und q den Drahtquerschnitt in qmm.

Auf die Primärwindung kommt zunächst eine 1 mm starke Isolierlage, so daß die Windungen der ersten Lage der Sekundärwindung eine Länge von $2 \cdot (6,2 + 5,9) = 24,2$ cm haben. In eine Lage gehen

$\frac{36}{1,8 \cdot 1,05} = 19$. Für rund 96 Windungen pro Spulenkörper brauchen

wir also 5 Lagen. Da die Korrektur jedoch noch eine Erhöhung der sekundären Windungszahl bringt, müssen wir mit 6 Lagen rechnen. Die Wickelhöhe wird somit $6 \cdot 1,8 \cdot 1,05 = 11,3$ mm, rund 12 mm. Die Windungen der letzten Lage haben demnach eine Länge von $2 \cdot (8,6 + 8,3) = 33,8$ cm. Die mittlere Windungslänge ist $\frac{24,2 + 33,8}{2}$

$= 29$ cm, die Gesamtlänge der 2 · 96 Sekundärwindungen $192 \cdot 0,29 = 55,7$ m. Der Ohmsche Widerstand beträgt

$$R_2 = \frac{55,7 \cdot 0,01784}{\left(\frac{1,5}{2}\right)^2 \cdot 3,14} = 0,56 \text{ Ohm}$$

Die auszugleichenden Verluste des Transformators setzen sich zusammen aus

1. dem Kupferverlust primär
2. dem Kupferverlust sekundär
3. dem Eisenverlust (Hysteresis- und Wirbelstromverluste).

Am diese Verluste muß die Primärenergie höher sein als die sekundär abzugebende Leistung.

Der Primärkupferverlust, d. h. der Energieverbrauch durch den primären Ohmschen Widerstand, ergibt sich aus Quadrat des Stromes $\times$ Widerstand. Der Strom wird aus der aufzunehmenden Leistung, also etwa 212 Watt, durch Division durch die Spannung des Netzes berechnet und ergibt sich hier zu etwa 0,96 Am. Der Kupferverlust beträgt also angenähert $0,96^2 \cdot 10,75 =$ rund 10 Watt. Angestrichene Genauigkeit hat hier keinen Zweck, da man ja den Nutzeffekt und deshalb auch die primär aufzunehmende Leistung nur annähernd schätzen kann.

Sekundär soll der Strom bei voller Belastung 4,5 Am betragen, woraus sich ein Ohmscher Verlust von $4,5^2 \cdot 0,56 = 11,3$ Watt ergibt.

Schließlich ist noch der Eisenverlust zu bestimmen. Als Hysteresis- und Wirbelstromverluste sind diese von der Qualität des Eisens abhängig. Sie betragen bei den für Transformatoren benutzten sogenannten Dynamoblechen 1,7 bis 1,8 Watt pro Kilogramm bei einer mag. Induktion von 10 000 Linien. Durch Wägen stellt man also das

Gewicht des Kerns fest. Durch Multiplikation der Kilozahl mit dem spezifischen Watterverlust erhält man den gesamten Eisenverlust. In unserem Falle erhält man bei einem Eisengewicht von etwa 2,5 kg etwa 4,5 Watt.

Es ergibt sich also die notwendige Primärleistung mit großer Annäherung durch Addition dieser Verluste zur abzugebenden Sekundärleistung.

Sekundärleistung	180,0 Watt
Kupferverlust primär	10,0 "
" sekundär	11,3 "
Eisenverlust	4,5 "
Aufzuwendende Primärleistung	205,8 Watt

Der Nutzeffekt wurde also zu klein geschätzt. Die primäre Stromstärke beträgt statt 0,96 Am nur rund 0,93 Am, so daß der primäre Kupferverlust auf etwa 9,3 Watt sinkt, die Primärleistung also auf ungefähr 205 Watt. Wie man sieht, hat es wenig Wert, wegen so kleiner Differenzen Korrekturen anzubringen. Es ist hier nur geschehen, um zu zeigen, wie man sich den wirklichen Werten möglichst nähern kann, wenn es darauf ankommt. Wesentlicher ist allerdings die Korrektur am Primärstrom für die nun folgende Berechnung des Spannungsabfalls in den Wicklungen, woraus sich die Korrektur der sekundären Windungszahl ergibt.

Spannungsabfall bei Vollast.

primär	$0,93 \cdot 10,75 \cong 10,0$ Volt
sekundär	$4,5 \cdot 0,56 \cong 2,5$ Volt

Die wirksame Primärspannung E_1 ist also statt 220 Volt nur 210 Volt; die Sekundärspannung ist 2,5 Volt höher zu nehmen als die verlangte Klemmenspannung, mithin $E_2 = 42,5$ Volt. Daraus ergibt sich eine Änderung im Übersetzungsverhältnis, und die korrigierte Sekundärwindungszahl ist

$$n_2 = \frac{E_2}{E_1} \cdot n_1 = \frac{42,5}{210} \cdot 1052 = 213$$

Somit kommen auf jeden Spulenkörper 106 Sekundärwindungen in 6 Lagen. Die errechnete Wickelhöhe ändert sich also nicht. Bei 53 Windungen wird jede Sekundärwicklung durch Anlöten eines 20 bis 30 cm langen Stüdes Draht von 1,5 mm Durchmesser angezapft. Die blanken Stellen sind wieder zu isolieren.

Die 4 Enden der Primärwicklung werden zu je einer Klemme geführt. Jede der beiden sekundären Wicklungshälften bekommt wegen der Anzapfung 3 Klemmen. Die beiden mittleren Klemmen, nämlich die zum Ende der einen und die zum Anfang der andern Sekundärspule gehörende werden miteinander verbunden und bilden die Mittel-

anpassung der Sekundärwicklung. Es können dann beiderseits 10 oder 20 Volt Wechselspannung für Vollweggleichrichtung abgenommen werden. Auch kann man die beiden sekundären Wicklungshälften gelegentlich getrennt benutzen.

Die Berechnung besitzt Rechenschiebergenauigkeit. Größere Genauigkeit anzustreben wäre zwecklos, da die Vorausberechnung eines Transformators überhaupt nur eine Näherungsrechnung ist. Die Wicklungen lassen sich, wie die Rechnung ergeben hat, in dem vorgesehenen Raum bequem unterbringen (wir haben ja auch eine etwas zu hohe Primärleistung eingelegt). Voraussetzung für die Einhaltung des Wickelraumes ist eine saubere lagenweise Wicklung unter Zwischenlage von Seidenpapier nach jeder Lage. Bei der Sekundärwicklung ist dies nicht unbedingt nötig, da sich der dicke Draht leicht auch ohne Papierzwischenlagen sehr regelmäßig wickeln läßt. Es empfiehlt sich, besonders bei dünnen Drähten auf der Sekundärseite, die Wicklung noch mit einer schützenden Hülle aus Ölpapier oder dünnem Pertinax zu umgeben. Die endgültigen Daten für den Transformator sind also:

Kern nach Mod.Bg. Fig. 6

Kernquerschnitt $3,5 \cdot 3,2$ cm, effektiver Eisenquerschnitt 9,5 qcm,

Wickzahl 55 zu je 0,5 mm Stärke,

Eisengewicht 4,5 kg,

Eisenverlust 1,8 Watt pro kg und 10 000 Linten.

Wicklung	Windungszahl	Drahtdurchmesser		Spannung	Stromstärke
		innen	außen		
primär . .	2 · 526	0,65 mm	0,70 mm	2 · 110 V	∞ 0,9 Am
sekundär . .	2 · 106	1,5 mm	1,8 mm	2 · 20 V	4,5 Am

Leistung sekundär 180 Watt,

primär 205 Watt,

Wirkungsgrad $\frac{180}{205} = 88\%$.

Es sei noch kurz ein weiteres Beispiel durchgerechnet, damit dem Anfänger auch bei der Berechnung eines

b) Transformators für ein Nebenschlußgerät

keine Schwierigkeiten erwachsen. Es wird ein Transformator für das in Kap. F, 1 (Abb. 62) beschriebene Nebenschlußgerät bei Verwendung der Balvo Mikrotron als Gleichrichterröhre gebraucht. Der Transformator muß abgeben

für die Heizung der Mikrotron

4 Volt, 1 Am = 4 Watt

für die Anoden der Mikrotron

220 Volt, 0,09 Am $\leq$ 20 Watt

Gesamte Sekundärleistung also

24 Watt

Es ist für die Hochspannungswicklung nur die Leistung für 1×220 Volt und 0,09 Am eingesetzt, weil die beiden Hälften der Sekundärwicklung nicht gleichzeitig, sondern abwechselnd je eine halbe Periode lang die Energie für den Verbrauch liefern.

Unter Voraussetzung eines Ruheeffektes von 85 % wird die aufzunehmende Primärleistung $\frac{24}{0,85} = \text{rund } 28 \text{ Watt}$. Als Wickelraumleistung ist wieder die Summe der Leistungen in allen Wicklungen zu nehmen, also

Primär	28 Watt
Sekundär 1 (4 V)	4 "
Sekundär 2 (2 · 220 V)	40 "
Gesamte Wicklungsleistung .	72 Watt

Aus dem Kurvenblatt entnehmen wir für rund 80 Watt unter Voraussetzung eines Wickelraumquerschnittes von $2,5 \times$ Kernquerschnitt (Kurve 2,5) einen Kernquerschnitt von 5 qcm, also Kernbreite 2 cm, Pakethöhe 2,5 cm. Der Wickelraumquerschnitt muß $2,5 \cdot 5 = 12,5 \text{ qcm}$ werden; Seitenverhältnis 2 : 1, also $5 \cdot 2,5 \text{ cm}$.

Effektiver Eisenquerschnitt $0,85 \cdot 5 = 4,25 \text{ qcm}$, Blechzahl $\frac{0,85 \cdot 2,5}{0,05} = \text{rund } 43$. Gewicht zirka 700 g, spezifischer Eisenverlust 1,7 bis 1,8 Watt, Eisenverlust also etwa 1,2 Watt. Die Maße von Kern und Spule, diesmal für einen Manteltransformator (geringere Streuung), zeigt Mod.Bg. Fig. 8. Der Spulenkörper ist in der Mitte durch eine etwa 1 mm starke Wand in zwei Teile geteilt; jeder nimmt die Hälfte der 3 Wicklungen auf.

$$\begin{aligned} \text{Primärwicklung} &= \frac{0,9 \cdot 220 \cdot 10^6}{4 \cdot 50 \cdot 10^4 \cdot 4,25} = 2330 \\ &= 2 \cdot 1165 \text{ Windungen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sekundärwicklung 1 (4 V)} &= \frac{4}{220} \cdot 2330 = 43 \\ &= 2 \cdot 21,5 \text{ Windungen} \end{aligned}$$

$$\text{Sekundärwicklung 2 (2 · 220 V)} = 2 \cdot 2330 \text{ Windungen}$$

Die beiden Sekundärwicklungen in erster Annäherung.

Drahtquerschnitte (Belastung 3 Am/qmm)

$$\text{Primär: } q = \frac{\text{Watt}}{E \cdot 3} = \frac{28}{220 \cdot 3} = 0,0425 \text{ qmm}$$

erforderliche Drahtstärke 0,23 mm, rund 0,25 mm (Emaillisolatton)

$$\text{Sekundär 1: } q = \frac{1}{3} = 0,33 \text{ qmm}$$

erforderliche Drahtstärke 0,65 mm (Emaillisolatton)

$$\text{Sekundär 2: } q = \frac{0,09}{3} = 0,03 \text{ qmm}$$

erforderliche Drahtstärke 0,195 mm, rund 0,2 mm (Emailleisolation)

Widerstände der Windungen und Wickelraum- kontrolle

(Reihenfolge der Windungen wie hier aufgeführt)

Primär:

$$\text{Windungszahl pro Lage} = \frac{22}{0,275 \cdot 1,2}.$$

$$\text{Lagenzahl} = 1165 \cdot \frac{0,275 \cdot 1,2}{22}.$$

$$\begin{aligned} \text{Wickelhöhe} &= 1165 \cdot \frac{0,275}{22} \cdot 1,2 \cdot 0,275 \cdot 1,2 = 1165 \cdot \frac{(0,275 \cdot 1,2)^2}{22} \\ &= 5,8 \text{ mm, rund 6 mm} \end{aligned}$$

(Die hier sonst nicht interessierende Windungszahl pro Lage und die Lagenzahl wurden nicht erst ausgerechnet. Es wurde mit den Zahlenbeziehungen gleich weitergerechnet.)

$$\begin{aligned} \text{Windungslänge innen } 2 \cdot (3,0 + 2,5) &= 11 \text{ cm} \\ \text{außen } 2 \cdot (4,2 + 3,7) &= 15,8 \text{ cm} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{mittel 13,4 cm (0,4 cm} \\ \text{vernachlässigbar} \\ \text{wegen der Rundung).} \end{array} \right\}$$

$$\text{Primäre Drahtlänge } 2330 \cdot 13 \text{ cm} = 303 \text{ m}$$

$$\text{Widerstand (0,364 Ohm pro m)} = \text{rund 110 Ohm}$$

Sekundär 2:

Wickelhöhe ergibt sich auf obige Weise zu 7 mm.

Da eine Zwischenlage von 1 mm Stärke auf die Primärwindung folgen soll, ist die

$$\begin{aligned} \text{Windungslänge innen } 2 \cdot (4,4 + 3,9) &= 16,6 \text{ cm} \\ \text{außen } 2 \cdot (5,8 + 5,3) &= 22,2 \text{ cm} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{mittel 19,4 cm,} \\ \text{rund 19 cm.} \end{array} \right\}$$

$$\text{Sekundärdrahtlänge (pro Spule)} 2330 \cdot 19 \text{ cm} = 443 \text{ m}$$

$$\text{Widerstand (0,568 Ohm pro m)} = \text{rund 250 Ohm.}$$

Es ist auch hier aus dem schon erwähnten Grunde nur die Windung für 1 · 220 Volt zu berücksichtigen.

Sekundär 1:

$$\text{Windungszahl pro Lage} = \frac{22}{0,70 \cdot 1,15} = 27$$

Lagenzahl somit 1

$$\text{Wickelhöhe } 0,7 \cdot 1,15 = 0,8 \text{ mm, rund 1 mm.}$$

Da wiederum eine Isolierzwischenlage von 1 mm Stärke die Heizwindung von der Hochspannungswicklung trennen soll, beträgt die

Windungslänge innen $2 \cdot (6,0 + 5,5) = 23,0 \text{ cm}$
 außen $2 \cdot (6,2 + 5,7) = 23,8 \text{ cm}$ } mittel 23,4 cm rund.
 Drahtlänge $43 \cdot 23,4 \text{ cm} = 10,0 \text{ m}$
 Widerstand $(0,0135 \text{ Ohm pro m}) = \text{rund } 0,14 \text{ Ohm}$

Wickelraum:

Primär	6 mm
Sekundär 2	7 mm
Sekundär 1	1 mm
Zwischenlagen 2 · 1 mm	2 mm
Evtl. Schutzhülle 1 mm	1 mm
	17 mm

während 21,5 mm zur Verfügung stehen. Wir kommen also bequem aus.

Korrektur der sekundären Windungszahlen

Sekundärleistung 1	4	Watt
" 2	20	"
Kupferverlust primär $= \frac{(28 \text{ Watt})^2}{220 \text{ Volt}} \cdot 110 =$	1,8	"
" sekundär 1 $= 1^2 \cdot 0,14 =$	0,14	"
(vernachlässigbar)		
" sekundär 2 $= 0,09^2 \cdot 250 \cong$	2	"
Eisenverlust	1,2	"
Primär aufzunehmende Leistung rund	29,0	Watt

Die Primärleistung und mithin der Primärstrom waren auf der Grundlage eines Wirkungsgrades von 85% recht zutreffend geschätzt. Es ist also an der primären Drahtstärke oder dem primären Kupferverlust nichts zu korrigieren. Die primäre Stromstärke beträgt $\frac{29}{220} \cong 0,13 \text{ Am.}$

Spannungsverluste:

primär	$0,13 \cdot 110 = 14,3 \text{ Volt}$
sekundär 1:	$1,0 \cdot 0,14 = 0,14 \text{ Volt (vernachlässigbar)}$
sekundär 2:	$0,09 \cdot 250 = 22,5 \text{ Volt}$

Es ist nur eine Korrektur der sekundären 220-Volt-Wicklung notwendig

$$n_2' = \frac{E_2'}{E_1'} \cdot n_1 = \frac{242,5}{205,7} \cdot 2330 = 2750 \text{ Windungen}$$

Die Sekundärwicklung 2 bekommt also nun $2 \cdot 2750$ Windungen, das sind je Spulenkörper 420 Windungen mehr. Dadurch erhöht sich die Wicklungshöhe um 18% von 7 mm = 1,26 mm, rund 1,5 mm, so daß die gesamte Wickelraumhöhe nunmehr 18,5 mm ist.

Eine Korrektur des Kupferverlustes infolge der Widerstandszunahme um 18% würde unmerklich sein; jedoch beträgt die Erhöhung des Spannungsabfalls in der Sekundärwicklung 2 18% von 22,5 Volt $\cong$ 4 Volt, so daß E_2 sich um 4 Volt = 1,65% erhöht. Dadurch würde die Windungszahl um 1,65% von 2750 $\cong$ 45 Windungen auf 2795 wachsen. Wer will, mag diese Korrektur noch vornehmen. Nötig ist sie nicht, weil es auf 1,65% der Sekundärspannung hier gar nicht ankommt. Die Netzspannungsschwankungen sind erheblich größer.

Die Sekundärwicklung 1 hat weder wegen des Spannungsverlustes noch wegen der etwas sich erhöhenden Drahtlänge eine Korrektur nötig. Wir bringen statt 2 · 21,5 Windungen deren 2 · 22 auf.

Nun ergeben sich also folgende Daten für die Widlung:

Wicklung	Windungs- zahl	Drahtdurchmesser		Spannung	Strom- stärke
		innen	außen		
primär. . .	2 · 1165	0,25	0,275	2 · 110 V	0,13 mA
sekundär 1 .	2 · 22	0,65	0,70	2 · 2 V	1,0 Am
sekundär 2 .	2 · 2750	0,20	0,22	2 · 220 V	0,09 Am

Leistung sekundär 24 Watt, primär 29 Watt

$$\text{Wirkungsgrad } \frac{24}{29} = 83\%$$

Bei der Näherungsrechnung hätte man für diesen Zweck zweifellos viel rigorosier vorgehen können, ohne bedenkliche Fehler zu machen. Jedoch wurde hier etwas größere Genauigkeit eingehalten, damit die Einsicht in die Beziehungen so klar wird, daß auch für andere Zwecke die Berechnung eines Transformators nach dieser Anleitung möglich ist.

SPIEL UND ARBEIT

EINE MODELLBOGEN-SAMMLUNG MIT ANLEITUNGEN ZUR SELBSTHERSTELLUNG VON ALLERLEI SPIELWERK U. APPARATEN

DER VORZUG DIESER SAMMLUNG BESTEHT IN DER GENAUEN ANWEISUNG ZUM BAU DER EINZELNEN MODELLE, DIE NAMENTLICH DURCH DIE DETAILIERTEN VORLAGEN JEDERMANN VERSTÄNDLICH WERDEN. DIE BANDCHEN, DIE NACHSTEHEND AUFGEFÜHRT SIND, ENTHALTEN ARBEITEN AUS DEN VERSCHIEDENSTEN GEBIETEN.

Bd. Nr.	Mk.
1. Segeljacht (steuerbares Modell, s. auch Bd. 114)	2.50
2. Camera obscura	—80
3. Schattentheater	—80
4. Stereoskop	—60
5. Wasserräder	—80
6. Kl. Elektromotor	—
7. Drachen- und Luftballons	1.50
8. Eisenbahn- und Bahnhofbau	—
9. Elektrophor	—60
10. Photogr.-Apparat	—
11. Kinder-Theater	1.20
12. Windräd. u. Motore	1.20
13. Elektrischer Maschine	1.50
14. Elektr. Klingel	—60
15. Telefon	2.50
16. Wasserturbine	1.50
17. Dynamo	—80
18. Brückenwage	—80
19. Aquarium	2.50
20. Terrarium	1.50
21. Herbarium	2.50
22. Pantograph (Storchschnabel)	—60
23. Laterna magica	1.20
24. Puppenhaus a. Holz	2.50
25. Apparat für photogr. Vergrößerung	1.20
26. Helograph (Optischer Telegraph)	—80
27. Schmetterlingszucht Apparate	1.50
28. Buchdruckmasch.	—80
29. Telephonapp.	—60
30. Induktionsapparat	1.50
31. Testlicht	—60
32. Zink-Klischees	—80
33. Telegraphie ohne Draht (kl. Apparat)	1.20
34. Kinetograph	1.50
35. Bobsleighschlitten	2.50
36. Zauberapparate	1.50
37. Elektr. Straßenb.	—80
38. Luftpumpe	—80
39. Fahrstuhl (Lift)	—80
40. Influenzmaschine	1.20
41. Ski und Skilaut	1.20
42. Fernrohr, terr. u. astronomisch	1.50
43. Akkumulatoren	1.50
44. El. Meßinstrument	1.20
45. Stereosk. Photographic-Apparat	1.50
46. Phys. Exper.-Kasten (Reibg., Elektrizität)	1.50
47. u. 48. Phys. Exper.-Kasten (Reibg., Elektrizität)	1.50
49. Weihnachtskrippe	1.50



Faltboot nach Bd. 100

Bd. Nr.	Mk.
60. Leinenkajak (Kanoë für 2 Personen)	1.75
61. Kristallmodelle	1.50
62. Paddelboote aus Holz	2.50
63. Mikroskop	1.50
64. Dampfmaschine	1.20
65. Dampfturbine	1.50
66. Physik. Experimentier-Kasten III (Galv.)	2.50
67. Puppenhaus (Karton und Holz)	1.50
68. Galv. Elemente	1.50
69. Elektrische Motore für Schwach- u. Starkstrom	1.50
70. Belagerungsmasch. des Altertums (Modelle)	1.50
71. Webstuhl	1.75
72. Drahtseilbahnen (Modell)	1.50
73. Astron. Apparate	2.50
74. Marionettentheater	2.50
75. Rutschbahn	1.50
76. Sonnenuhren	1.50
77. Karussell	1.50
78. Glasbläseerei	1.50
79. Elektr. Schaltapparat	1.50
80. Galvanotechnik	1.50
81. Segelboot (für 2 Pers.)	1.50
82. Kasperltheater	1.50
83. Funkentelegraphie	1.75
84. Transformatoren	1.50
85. Bauernhof (Zigarrenkistenholzarbeit)	1.50
86. Spielsachen (dte.)	1.75
87. Drehbank für Holzarbeiten	1.50
88. Elektrische Oefen	1.50
89. Gartenhäuser u. Lauben	2.50
90. Kegelspiele (für Zimmer)	—80
91. Funkeninduktor	1.50
92. Fernsignale	1.50
93. Radio Empt. (Audion)	1.50
94. Hoch- u. Niederfr. verstärker	1.50

Bd. Nr.	Mk.
98. Radio-Empfangsanlage für Fortgeschrittene	2.50
99. Detektorempfänger	1.20
100. Faltboot (Zweis.)	1.50
101. 15 qm Segel-Jolle (für 3 Personen)	3.50
102. Beleuchtungskörp.	2.50
103. Phot. Copierapparat	1.75
104. Paddelkanoë (astr.)	3.50
105. Radio-Sende- u. Empfangsstation für kurze Wellen	2.50
106. Benzinmotor, 1/2 PS.	2.50
107. Wettervorhersage	1.50
108. Zeichen-, Mal- und Meßgeräte	2.25
109. Bildfunkempfänger	2.50
110. Gleichrichter	1.50
111. Modellflugzeug (Stabendeckel)	1.75
112. Modellsegelyacht	2.75
113. Hochleistungs-segelflugmodell	1.50
114. Mod. Radiomateure	3.75
115. Phys. Experiment-Kasten IV	2.25
116. SportRuderboot	2.50
117. Vervielfältigungsapparate	1.25
118. Wir lernen Funkbasteln	2.75
119. Mod.-Motorboote	2.75
120. Baukasten	1.20
121. Puppenhaus	1.80
122. Projektionsapparat für Diaposit.	1.50
123. Wir lernen installieren	2.25
124. Motorflugmodelle	2.25
125. elektr. Motoren	1.50
126. Kleinbildkamera	—
127. elektr. Motoren	1.50
128. Modellbahnen etc.	1.50
129. el. Lokomotiven	2.50
130. Zeit u. Schlafsaal	1.20
131. Fernsehgerät	1.50
132. schwanziöse Segel-u. Raketen-Flugmodelle	2.25
133. Hochfrequenzversuche	—
134. Sportmotorboot	2.75
135. Segelflugzeug	—
136. 12 m Spannweite	3.50
137. Episcop (Projekt. appt. für Postk.)	1.50
138. Schiffsmodelle (Ozeand. etc.)	2.50

Man verlange gratis illustrierten ausführl. Prospekt der Sammlung vom

VERLAG VON OTTO MAIER IN RAVENSBURG

Die angegebenen Preise ermäßigen sich lt. Notverordnung um 10 %.