

Radio-Technik für Amateure

Anleitungen und Anregungen für die Selbstherstellung
von Radio-Apparaturen, ihren Einzelteilen
und ihren Nebenapparaten

Von

Dr. Ernst Kadisch

Mit 216 Textabbildungen



Berlin
Verlag von Julius Springer
1925

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1925

ISBN 978-3-642-50459-4 ISBN 978-3-642-50768-7 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-50768-7

Vorwort.

Mit ungeheurer Geschwindigkeit hat auch in Deutschland der Siegeszug des Rundfunks eingesetzt. Es ist daher nicht mehr nötig, ausführlich die Annehmlichkeiten zu schildern, die der Besitz eines Rundfunkempfängers mit sich bringt. Die meisten anderen bisher erschienenen Bücher würdigen diese Seite besonders. Leider gibt es bisher kein Buch in deutscher Sprache, das die andere Seite der Radiotelephonie würdigt, nämlich ein Buch nur für jene, welchen nicht primär an der Güte eines Radiokonzertes und an der Bequemlichkeit der Apparatur gelegen ist, sondern welchen das Gebiet der Radiotelephonie ein willkommener Tummelplatz ihres technischen Wissensdurstes, ein willkommenes Mittel für die Erprobung ihrer Handfertigkeit ist. Ihnen liegt nicht daran, etwas Bestimmtes abzuhören, sie wollen nicht nur Größen des Gesanges hören, ihnen sind die schnarrenden Töne eines altmodischen, entfernten Senders gleiche Musik. Man kann diese Leute sehr leicht von den eigentlichen Hörern unterscheiden. Fragt man einen solchen, ob man heute bei ihm hören kann, so erhält man oft zur Antwort: Mein Apparat ist gerade im Umbau. Für sie ist der Hauptzweck der Versuch anderer Schaltungen, die Verbesserung und Erweiterung ihres Apparates. Am liebsten möchten sie jeden 5-Watt-Sender in Kalifornien hier im Lautsprecher hören können. Dies sind zur Zeit Utopien; und dennoch meine ich, daß aus diesem Liebhaberkreise, dem auch der Verfasser dieses Werkchens zuzurechnen ist, wertvolle Anregungen auch für die Technik entstehen können. Um erfolgreich arbeiten zu können, muß der Liebhaber außer den theoretischen Kenntnissen auch einen gewissen Grad von Handfertigkeit besitzen. Es gibt ohne Zweifel Leute, denen angeborenermaßen schon das Talent zum Einschlagen eines Nagels völlig fehlt, die

sich mit jedem Versuch einige Quetschungen zuziehen. Bei diesen ist natürlich Hopfen und Malz verloren, sie mögen dieses Buch lieber ungelesen aus der Hand legen, damit sie sich nicht darüber ärgern, was man mit einiger Geschicklichkeit alles sich selbst machen kann. Unter den Leuten mit für unsere Zwecke genügender Geschicklichkeit — welche Gott sei Dank einen überwiegenden Teil der männlichen Bevölkerung darstellen — befindet sich nun eine Gruppe, welche sehr geschickt ist, welche sogar Akrobatenstücke der Handfertigkeit bewerkstelligt. Diesen möchte ich zuvor noch einige Worte sagen. Auch die größte Geschicklichkeit hat ihre Grenzen, man kann weder mit einem Dreimillimeterbohrer 5 Millimeter große Löcher bohren, noch kann man mit einem Kistenbrett, fünf Elektronenröhren sowie einigen alten Zigarren- und Zigarettenschachteln, einigen Lichtstummeln, gesammeltem Silberpapier und einigen abgewickelten Klingelspulen sich einen Empfänger bauen — womöglich mit Taschenmesser und Schere —, der funktioniert und mit 4 Meter langer Antenne im Innern Berlins London deutlich wiedergibt. Derartige Versuche sind meist vergebliche Liebesmühe; bekommt man solche Apparaturen selbst zur Funktion, so arbeiten sie doch minderwertig und inkonstant und sehen so zusammengehauen aus, daß es kein Vergnügen ist, vor ihnen zu sitzen. Man lege also gleich auf das Äußere den gebührenden Wert. An einer gut aussehenden Apparatur hat man die doppelte Freude. Man bescheide sich daher lieber zuerst im Umfang der Apparatur und wähle dafür eine später leicht zu vervollständigende Anordnung. Auch derjenige, welcher gleich die Mittel für eine große Apparatur aufbringen kann, fange mit einer Röhre an. Man wähle überhaupt nicht die raumsparenden Konstruktionen, sie erschweren nicht nur den Bau und jede Umänderung und Reparatur, sie bedingen auch die Montage auf einem Brett, wodurch man dann gezwungen ist, stets mit der ganzen Apparatur umzuziehen, während es z. B. sehr viel leichter möglich ist, einen Teil der Apparatur mit auf den Ausflug zu nehmen. Also klein anfangen und dann allmählich vervollkommen.

Nicht zu vergessen ist der Wellenbereich, für welches man sich den Apparat bauen will. Große Wellen sind leichter zu empfangen, schwerer abzustimmen. Bei kleinen Wellen ist es umgekehrt. Mit der Wellenlänge in die Höhe zu kommen, ist

nicht schwer; viel schwerer ist es, bei kurzen Wellen auf genügend geringe Kapazität und Selbstinduktion herunterzukommen.

Auf den großen Wellen ist nur Telegraphieverkehr. Für den, welchen die Telephonie interessiert, ist das hohe Wellenbereich nur eine unnötige Arbeit resp. Ausgabe. Die Telegramme sind chiffriert, und bei den dauernd wechselnden Schlüsseln ist eine Entzifferung doch unmöglich. Die großen Spulen der Empfänger verschimmeln daher bald in der Schublade. Daher heißt es auch hierin: Man baue sich zunächst den Apparat nur für die niedrigen Wellen und gehe dann später durch größere Selbstinduktionsspulen auf die höheren über.

Aber nicht nur diese allgemeinen Gesichtspunkte sind zu berücksichtigen. Jeden Apparat und Einzelteil muß man sich vorher genau überlegen. Dies Buch ist kein Kochbuch, in dem nur steht: Man nehme usw. Es geht auch bei den Beschreibungen der genauen Einzelheiten meist nur auf das Prinzipielle ein und gibt an, welche Teile gleich lang sein müssen und aus welchem Grunde, gibt aber nicht gleich die Millimeter. Man kann also auch nicht wie nach einem Rezept darauflosarbeiten. In vieler Hinsicht ist dies sehr vorteilhaft. Gibt man immer und immer wieder genaue Zahlen an, so meint der Leser, die angegebenen Maße seien unumgänglich einzuhalten. Daher ist es wichtiger, nur die Größen zu nennen, die wirklich eingehalten werden müssen. Hierdurch bleiben dem Liebhaber so viele Freiheiten bei dem Aufbau seiner Apparatur, daß er sich nach alten Zutaten, die er auftreibt, in weitestgehendem Maße richten kann. Tabellen und Fluchtlinientafeln sollen auch den Lesern, die einfache Rechnungen scheuen, die Möglichkeit geben, alle Einzelheiten seiner Apparatur zu bestimmen. Trotzdem kommt man um die Lektüre der theoretischen Ausführungen nicht herum, man muß sonst seine Unkenntnis mit Mißerfolgen bezahlen, die nicht nur Zeit, sondern auch Geld kosten. Der letzte Rat auf den Weg ist, das Büchlein ganz durchzulesen, bevor man mit der praktischen Arbeit beginnt, denn es ist natürlich unmöglich, alle zu beobachtenden Hinweise an jeder Stelle, wo sie von Nutzen sind, zu wiederholen.

Für Fachleute sind die theoretischen Ausführungen nicht berechnet, weder das, was gesagt wird, noch das, was verschwiegen wird. Ich bitte daher, mit einer entsprechenden Brille die Ausführungen zu betrachten.

Sowohl für den theoretischen Teil als auch für den praktischen Teil bin ich für Anregungen resp. Verbesserungsvorschläge äußerst dankbar. Jeden einfachen Weg in laienverständlicher Sprache, die vermittelten theoretischen Auffassungen zu erweitern resp. zu vertiefen, bitte ich anregen zu wollen. Ebenso bitte ich diejenigen, welche aus ihrer Erfahrung mit selbsthergestellten Apparaten beisteuern können, mich recht zahlreich zu ergänzen. Sie werden gerne berücksichtigt werden.

Herrn Dr. E. Nes per sei hiermit für verschiedenste kritische Winke, besonders bezüglich der Gemeinverständlichkeit der Abbildungen, bestens gedankt.

Berlin, im Januar 1925.

E. Kadisch.

Inhaltsverzeichnis.

I. Theoretischer Teil.

	Seite
1. Über das Wesen von Schwingungen und Wellenbewegungen	1
a) Mechanische Schwingungen	1
Energieformen — Begriff der Schwingung — Amplitude — Dämpfung — Schwingungszeit und Zahl — Begriff der Koppelung und Resonanz, der Wellenlänge und Schwingungsphase u. a.	
b) Akustische und optische Schwingungen	14
Beugung, Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Interferenz u. a.	
c) Elektro-magnetische Schwingungen	19
Fremdinduktion, Selbstinduktion, Kapazität, Schwingungskreis, Resonanzversuch.	
d) Die Verstärkerröhre	32
2. Schaltungen	37
a) Einiges über Sendeschaltungen	37
b) Empfangsschaltungen	43
α) Abstimmeelemente	43
β) Hochfrequenzverstärkung	49
γ) Der Hochfrequenzgleichrichter	53
δ) Niederfrequenzverstärkung	53
ϵ) Fertige Empfangsschaltungen	56
c) Die Rückkopplung	59
3. Einheiten, Berechnungen, Materialtabellen	66
a) Einheiten und Abkürzungen der Elektrizitätslehre; Grundbegriffe für Schaltungen	66
b) Berechnung der Abhängigkeit von Wellenlängen, Selbstinduktionen und Kapazitäten	68
c) Berechnung der Periodenzahl	71
d) Berechnung von Kapazitäten	72
e) Berechnung von Selbstinduktionen	73
f) Material und Hilfstabellen	76

II. Praktischer Teil.

	Seite
1. Die Selbsterstellung von Empfängern und Empfänger- teilen	79
a) Die Empfangskreise	79
1. Hochantennen	79
Isolatoren	82
Blitzschalter	84
Erdung	87
2. Rahmenantennen	87
stehende	89
hängende	90
b) Abstimmittel	91
1. Kapazitäten	91
stetig veränderliche	91
konstante	105
2. Selbstinduktionen	108
Nicht kontinuierlich veränderliche Selbstinduktionen . .	108
Kontinuierlich veränderliche Selbstinduktionen	117
c) Kristalldetektor	121
d) Ohmsche Widerstände	125
1. Für Röhrenheizung	125
2. Für Starkstrom	131
e) Hochohmwiderstände	134
f) Drehknöpfe	137
g) Transformatoren	141
h) Summer und Wellenmesser	145
i) Allgemeine Gesichtspunkte für die Anordnung der Einzelteile. Die Größe der Apparatur.	148 150
k) Mißerfolge.	153
2. Die Selbsterstellung von Zusatzapparaturen	155
a) Schalter.	155
b) Netzanschlußgeräte.	157
für Wechselstromnetze.	158
für Gleichstromnetze	162
c) Akkumulatoren	163
d) Akkumulatorenladevorrichtungen	172
für Gleichstromnetze.	172
für Wechselstrom	176
e) Meßinstrumente	185
f) Warnungen und Winke.	189
 III. Anhang. 	
1. Wellenlängen und Sendezeiten der europäischen Rundfunksender	197
2. Das Morsealphabet	201
3. Abkürzungen im Funktelegrammverkehr	203
Sachverzeichnis	206

I. Theoretischer Teil.

1. Über das Wesen von Schwingungen und Wellenbewegungen.

Wenn es auch für den Laien nicht möglich ist, oder doch wenigstens nur nach eingehenden physikalischen und mathematischen Studien, die Phänomene auf dem Gebiete der elektromagnetischen Schwingungen zu beherrschen, so ist es doch auch andererseits nicht schwer, so weit in das Wesen dieser Erscheinungen einzudringen, daß man den Zusammenhang der Erscheinungen und die Voraussetzungen für deren Zustandekommen begreift. Diese allgemeinsten Grundlagen möchte ich zunächst vermitteln. Nicht überall werde ich streng logisch vorgehen können, da ich einerseits nicht zu weit ausholen kann, um den Umfang des Werkchens nicht unnötig zu vergrößern, andererseits aber auch nur ein Minimum von Vorkenntnissen voraussetzen kann, um auch bei dem weniger belesenen Leser auf volles Verständnis zu stoßen. Zu einer mehr als oberflächlichen Orientierung reicht das Gebotene nicht aus, und dem Leser sei das eifrige Studium von eingehenderen theoretischen Ausführungen empfohlen. Nichts ist nun zum Verständnis physikalischer Erscheinungen notwendiger und überzeugender als der Versuch. Wo es irgend geht, werden daher auch einfache Versuche angegeben werden, welche, sei es auch auf einem anderen Gebiete der Physik, das Wesentliche zeigen.

Wir betrachten zunächst ein Uhrpendel. Da es noch besser ist, ein langsamer schwingendes Pendel zu nehmen, so machen wir uns in der Stube ein solches mit einigen Handgriffen zurecht. In die Mitte eines möglichst hohen Türrahmens schrauben wir in den Querbalken einen kleinen Haken. An dem Haken hängt an einem Faden oder Draht ein schwerer Gegenstand, Plätt Eisen oder Plättbolzen, Ziegelstein od. dgl. Der Faden ist so lang, daß der schwere Körper die Schwelle nicht berührt. Abb. I zeigt die Anordnung. Wir fassen nunmehr den Plättbolzen und heben ihn bei gespanntem Faden ca. 50 cm aus der Ruhelage. Für

diese Bewegung haben wir Arbeit gebraucht. Dafür, daß diese Arbeit geleistet worden ist, befindet sich nun der Stein in einer höheren Lage über dem Fußboden. Der Physiker sagt dazu: Der Bolzen hat jetzt eine größere potentielle Energie, d. h. nichts Anderes, als daß er gegenüber vorher nunmehr eine Lage einnimmt, von welcher er in Bezug auf die Erde mehr Arbeit leisten kann. Potentielle Energie ist also Energie der Lage. In dem Augenblicke, in welchem wir den Bolzen loslassen,

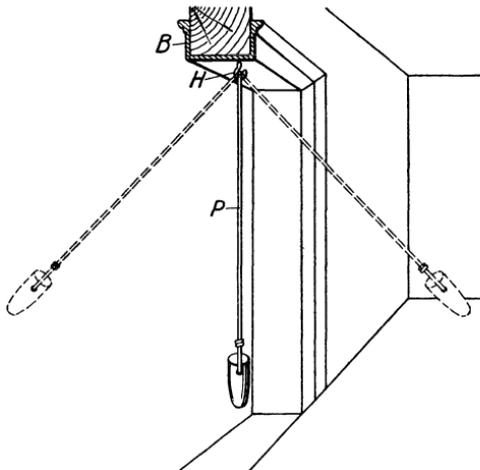


Abb. 1. Pendelversuch.

H = Haken im Türrahmen B . P = Pendel.

denn der Plättbolzen setzt sich auf Grund dieser Lageenergie, dieses Vermögens, Arbeit zu leisten, in Bewegung. Wenn wir nun von der Seite den Bolzen mit dem Auge verfolgen, während ihn eine andere Person losläßt, so sehen wir, daß er seine Bewegung langsam beginnt, daß dieselbe dann aber schneller wird, bis der Bolzen den tiefsten Punkt T (Abb. 2) erreicht hat. Jetzt schießt

der Bolzen über den tiefsten Punkt hinaus, steigt auf der anderen Seite wieder in die Höhe und verlangsamt seine Bewegung, bis sie schließlich gleich Null wird und wieder umkehrt. Auch auf dem Rückwege wird die Geschwindigkeit bis zum tiefsten Punkte immer größer, dann wiederholt sich die Bremsung auf der anderen Seite wieder so, daß der Stein genau dort, wo man ihn losgelassen hat, wieder zur Ruhe kommt. Das Spiel würde sich noch sehr lange Zeit automatisch wiederholen. Den einmaligen Vorgang von B über T nach A und zurück, wie er geschildert wurde, nennt man eine Schwingung des Pendels, die Zeit, die zu dieser Schwingung gebraucht worden ist, heißt die Schwingungszeit. Was ist nun während der Schwingung vor sich gegangen? Wir

waren mit unserer Überlegung so weit, zu wissen, daß der Bolzen durch unsere Muskelkraft eine Energie der Lage erhalten hatte, und daß diese Energie sich nach dem Loslassen in Bewegungsenergie verwandelte. Auch der bewegten Masse wohnt eine Energie inne. Bei Zugzusammenstößen kann diese Energie durch ihre Zerstörungsarbeit deutlich zutage treten. Diese Bewegungsenergie oder kinetische Energie, wie sie mit einem Fremdworte benannt wird, ist ihrer Größe nach abhängig von der Masse und der Geschwindigkeit des bewegten Körpers. Je schwerer ein Hammer ist, um so größer ist die Wucht, die ihm bei gleich schneller Bewegung innewohnt. Je größer die Geschwindigkeit bei einem Zusammenstoß oder bei einem Hammer Schlag, um so größer wird die Wucht. Während also der Bolzensich dem tiefsten Punkt nähert, d. h. also immer mehr Energie der Lage verliert, wird,

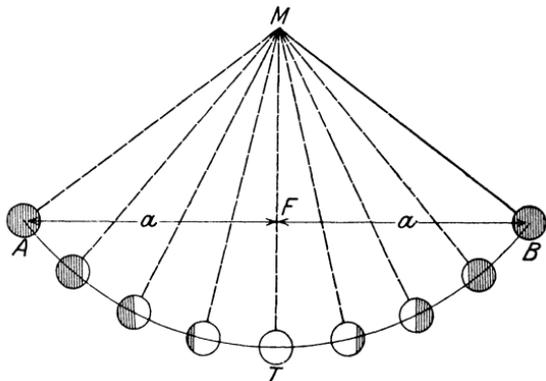


Abb. 2. Phasen einer Pendelschwingung.
In A und B maximale potentielle (schraffiert) in T maximale kinetische (weiß) Energie.

wie wir gesehen haben, seine Geschwindigkeit immer größer, d. h. seine Bewegungsenergie nimmt zu. Am tiefsten Punkte, wo er keine potentielle Energie mehr besitzt, ist dieselbe vollständig in kinetische Energie verwandelt. Während der aufsteigenden Bewegung verwandelt sich die Energie wieder in die alte Form zurück. Wir sind uns hiermit über einen wesentlichen Punkt jeder Schwingung klar geworden. Ein bestimmtes Energiequantum, welches von unserer Muskelkraft in diesem Falle geliefert worden war, äußerte sich — auf ein schwingungsfähiges System übertragen — dadurch, daß in periodischem Wechsel eine Energieform sich in die andere in äquivalentem Maße verwandelte. — Bisher haben wir angenommen, daß das Pendel nach jeder Bewegung wieder einen Punkt erreicht, der ebenso hoch gelegen ist wie der Ausgangspunkt. In Wirklichkeit ist dies

nicht so, da verschiedene Umstände die Bewegung des Pendels hemmen. Vornehmlich wirkt der Luftwiderstand und die Reibung bremsend. Der Ausschlag des Pendels nach links und rechts wird daher mit jeder Bewegung geringer. Der Fachausdruck für die Größe dieses Ausschlages ist *Amplitude* (a in Abb. 2). Wir können daher sagen, daß bei unserem Pendel die Größe der Amplitude dauernd abnimmt, bis schließlich das Pendel zur Ruhe gekommen ist. Eine solche Schwingung, welche durch irgendwelche hemmenden Einflüsse allmählich abklingt, nennt man eine *gedämpfte Schwingung*. Wenn wir erreichen wollen, daß die Amplituden gleich weit bleiben, daß die Schwingung also ungedämpft ist, so müßten wir alle Widerstände beseitigen. In der Welt der Wirklichkeit läßt sich dies nicht ausführen. Wir können durch Aufhängen des Pendels in einem stark luftverdünnten Raume die Luftreibung stark herabsetzen. Unser Pendel wird dann langsamer zur Ruhe kommen, d. h. die Schwingung ist schwächer gedämpft. Nie aber wird man erreichen, daß sie ohne alle Energieverluste weiterbesteht. Daher bleibt, um doch eine ungedämpfte Schwingung des Pendels zu erreichen, nur übrig, dem schwingenden System neue Energie von außen zuzuführen. Bemißt man diese Energie gerade so groß, wie die Verluste des Systems sind, so wird jetzt die Schwingung mit gleicher Amplitude als ungedämpfte Schwingung fortbestehen. Beim Pendel der Uhr haben wir das typischste Beispiel einer solchen ungedämpften Schwingung, denn die Energieverluste werden von der Feder ersetzt, von der sie mittels der Ankerhemmung auf das Perpendikel übertragen werden. Die bisher besprochenen Schwingungsarten können wir uns einfach zur graphischen Darstellung bringen. Nehmen wir an, unser Pendel wäre vor einer Wand so aufgehängt, daß ein Bleistift an der Wand schleift. Vor der Wand bewegt sich zum Schreiben ein Papierstreifen von oben nach unten. Die Schwingung wird nun von dem Bleistift, d. h. dem Pendel selbst, aufgezeichnet. Nach dem oben Ausgeführten ist es klar, daß die Figuren für die Schwingungen gemäß Abb. 3 und 4 ausfallen müssen. (Für den Leser, welcher einen solchen Pendelschreibversuch selbst zu machen gedenkt, sei gesagt, daß man dafür besser kein Faden-, sondern ein an einer Stange schwingendes Pendel benutzt. Man lagert es mit einem kleinen Röhrchen auf einer Stange. Auf-

zeichnen läßt man durch eine Federpose auf einem berußten Papier. Durch Eintauchen in Schellacklösung kann man solche Rußzeichnung haltbar machen.) Die Überlegungen und Beobachtungen, die wir an unserem Pendel machen können, sind damit noch lange nicht erschöpft, und mancher Leser mag sich schon wundern, wieviel sich über eine Schnur mit einem an ihr

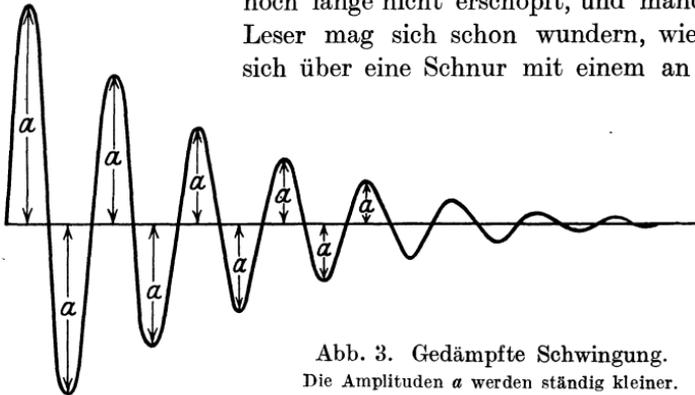


Abb. 3. Gedämpfte Schwingung.
Die Amplituden a werden ständig kleiner.

hängenden Gewicht sagen läßt. — Wir heben unser Pendel wieder etwas aus seiner Ruhelage, diesmal nicht mehr als ca. 10° , und lassen es schwingen. Im Moment des Loslassens sehen wir auf den Sekundenzeiger einer Uhr. Wir merken uns nun die Zeit, welche das Pendel braucht, bis es zum zehnten Male nach der Ausgangsseite zurückkehrt. Ohne es von neuem anzustoßen, messen wir die Zeit, die es für die zweiten 10 Schwingungen braucht. Wir werden dann sehen, daß die Zeiten auch bei dieser rohen Versuchsanordnung fast identisch sind. Die Amplituden der Schwingungen sind immer kleiner geworden, die Schwingungszeit ist aber dieselbe geblieben. Wenn wir dies in ein Gesetz formulieren wollen, so besagt dies: Die Schwingungsdauer ist unabhängig von der Amplitude der Schwingungen. (Dies Gesetz gilt genau nur für Pendel, deren Masse punktförmig wäre.) Nunmehr machen wir in den Faden eine Schleife, d. h. wir verkürzen die Pendellänge. Wiederum setzen wir das Pendel in Bewegung und messen die Zeit, die es für 10 Schwingungen benötigt. Wir finden dieselbe kürzer als zuvor. Wenn wir die Schleife im

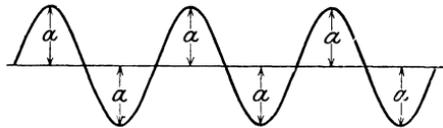


Abb. 4. Ungedämpfte Schwingungen.
Die Amplituden a bleiben ständig gleich groß.

unabhängig von der Amplitude der Schwingungen. (Dies Gesetz gilt genau nur für Pendel, deren Masse punktförmig wäre.) Nunmehr machen wir in den Faden eine Schleife, d. h. wir verkürzen die Pendellänge. Wiederum setzen wir das Pendel in Bewegung und messen die Zeit, die es für 10 Schwingungen benötigt. Wir finden dieselbe kürzer als zuvor. Wenn wir die Schleife im

Pendelfaden vergrößern, also das Pendel weiter verkürzen, so messen wir abermals eine kürzere Schwingungszeit. Damit haben wir also ein einfaches Mittel entdeckt, um die Schwingungszeit eines Pendels beliebig zu verändern, wodurch wir weitere interessante Versuche anstellen können. Zwei Haken werden im Türrahmen befestigt. An jeden kommt ein Pendel zu hängen. Erst wird das eine eingehängt und wie oben seine Schwingungszeit bestimmt. Je mehr Schwingungen wir zählen, z. B. 20 statt 10, um so genauer wird unsere Zeitablesung werden. Nachdem wir die Schwingungszeit des Pendels kennen, nehmen wir das zweite Pendel und messen ebenfalls seine Schwingungszeit. Die Schnur dieses Pendels haben wir zunächst etwas länger gewählt als die des ersten. Es wird sich ergeben, daß es eine längere Schwingungszeit hat. Mit einem kleinen Holzstab, um den wir den Pendelfaden wickeln, verkürzen wir das Pendel so lange, bis es genau die Schwingungszeit des ersten hat. Jetzt werden beide Pendel in ihre Haken gehängt. Ein Pendel lassen wir ruhig hängen, das zweite stoßen wir an und beobachten nun das ruhende Pendel. Unsere langen Pendel mit Ziegelsteinen oder Plätteisen als Gewichten haben die angenehme Eigenschaft, relativ lange in Bewegung zu beharren. Trotzdem die Pendel nur oben durch den Türrahmen verbunden sind, werden wir nach einiger Zeit beobachten, daß das ruhende Pendel langsam sich in Bewegung zu setzen beginnt. Es fängt an mitzuschwingen. Wenn der Versuch glückt — und er glückt, wenn beide Pendel gleiche Schwingungsdauer haben und die Bewegung des ersten Pendels lange genug anhält —, so fängt das zweite Pendel immer kräftiger an zu schwingen, während indessen das erste Pendel auffällig schnell zur Ruhe kommt. Darauf würde dann das erste Pendel wieder langsam anfangen, mit dem zweiten mitzuschwingen und so fort. Ob und wie oft man dies Phänomen beobachten kann, hängt von der mehr und minder starken Dämpfung der beiden schwingenden Systeme ab. Es ist selbstverständlich, daß das zweite Pendel nie in Bewegung kommen könnte, wenn nicht irgendeine Art Verbindung bestände. Die Verbindung kann nun die Bewegung gut oder schlecht übertragen. Diese Qualität der Verbindung wird mit dem Ausdruck *Kopplung* bezeichnet. Man spricht daher von *loser* oder von *fester Kopplung*, je nachdem ob die Übergangsmöglichkeit von einem schwingenden auf ein anderes

schwingungsfähiges System besser oder schlechter ist. Unsere beiden Pendel sind durch den Türrahmen mechanisch gekoppelt, und zwar ist die Kopplung, wenn der Rahmen sehr fest an der Mauer sitzt, eine sehr lose. Es geht also nur wenig Energie während jeder Schwingung von dem einen System zum anderen über. Es wird also einer großen Anzahl von Schwingungen des ersten Pendels bedürfen, damit die Bewegung des zweiten dem Auge sichtbar wird. Wir verbinden nun 2 Wäscheklammern od. dgl. mit einer Schnur, die etwas länger ist als der Abstand der beiden Haken im Türrahmen. Die Klammern werden zunächst dicht unter den Haken an die beiden Pendelschnüre geklemmt. Die Schnur hängt etwas lose. An einem kleinen Häkchen hängen wir ein Gewicht von 50–100 g auf den Faden. Hierdurch wird eine Kopplung auf elastischem Wege hergestellt. Wenn wir jetzt den Versuch wiederholen, so fängt das zweite Pendel schon schneller an mitzuschwingen. Je weiter wir die Verbindungsschnur nach unten schieben (Abb. 5), um so fester wird die Kopplung, und um so schneller geht die Energie des einen Systems auf das zweite über. Bisher haben wir alle Versuche mit zwei

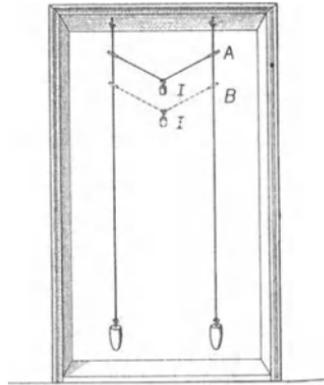


Abb. 5. Mitschwingungs- und Kopplungsversuch bei Pendeln. Die Querschnur bei A koppelt loser als bei B. Bei I hängt ein kleines Gewicht, um eine elastische Kopplung zu erreichen.

Pendeln gleicher Schwingungsdauer gemacht — man spricht dann von Resonanz der Pendel, durch Verkürzen der einen Schnur hatten wir das zweite Pendel auf das erste abgestimmt —, jetzt entfernen wir die Kopplungsschnur und verkürzen das eine Pendel. Es ist jetzt also gegenüber dem anderen verstimmt. Jetzt wird es uns nicht gelingen, den Mitschwingungsversuch auszuführen. Das zweite Pendel bleibt in Ruhe, ganz gleichgültig, ob wir Pendel A oder Pendel B angestoßen haben. (Man wähle die Verkürzung nicht zu knapp, damit die Versuchsergebnisse eindeutig sind.) Koppeln wir nun unter Zuhilfenahme der Schnur, so wird bei loser Kopplung auch noch keine Bewegung des zweiten Pendels eintreten. Wenn wir aber mit der Kopplungsschnur

immer weiter nach unten rücken, so wird schließlich das andere Pendel doch mitgerissen. Denkt man sich die Kopplung noch fester, wie wir sie bei diesem Versuch machen können, etwa eine feste Verbindungsstange zwischen den beiden schwingenden Körpern, so wird auch beim Anstoßen des einen Pendels das zweite sofort die Bewegung mitmachen müssen. Die Kopplung ist so stark, daß es trotz seiner anderen Eigenschwingung geradezu zwangsweise mitgerissen wird. Wir wollen das Ergebnis der letzten Versuche zusammenfassen: Zwei schwingende Systeme können die gleiche oder verschiedene Schwingungsdauer haben. Haben sie die gleiche, d. h. sind sie aufeinander abgestimmt, so genügt eine sehr lose Kopplung, durch welche nur sehr wenig Energie übertragen wird, um das zweite System zum Mitschwingen zu bringen. Sind zwei schwingungsfähige Systeme sehr fest gekoppelt, so erfolgt auch ein Mitschwingen, wenn die Eigenschwingungszeiten der Systeme verschiedene sind.

Wir wollen nunmehr eine kleine theoretische Überlegung anstellen, welche uns über weitere Begriffe der Schwingungslehre ins Kläre bringen wird: Wir denken uns eine große Zahl von Pendeln gleicher Eigenschwingung in einer geraden Linie hängend angebracht. Bei der von Mach konstruierten Wellenmaschine, welche Abb. 6 zeigt, finden wir diese Idee für doppelfädig aufgehängte Kugeln verwirklicht. Unter den hängenden Pendelkugeln befindet sich ein Schieber, der die Länge der Pendelkette

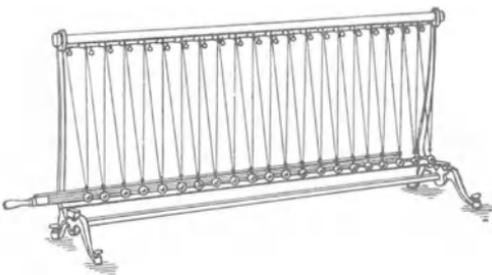


Abb. 6. Wellenmaschine nach Mach.

entlang bewegt werden kann. Hierbei werden die seitwärts aus der Ruhelage gehobenen Pendelnacheinander losgelassen. Die Wellenmaschine stellt also eine Reihe von Pendeln dar mit einer Vorrichtung, dieselben schnell hin-

tereinander in Bewegung zu setzen. In Abb. 7 sieht man das Schwingungsbild der Pendelkugeln. Da jede Kugel einen Augenblick später als die vorhergehende den Anstoß erhält, so erreicht auch jede Kugel ihre maximale Amplitude einen Augenblick

später als die vorhergehende. Für das Auge, das die ganze Zahl der Pendel auf einmal schwingen sieht, läuft also der Punkt der maximalen Amplitude von links nach rechts. Die vorhergehenden Kugeln sind noch auf dem Wege zum Maximum, die hinterher

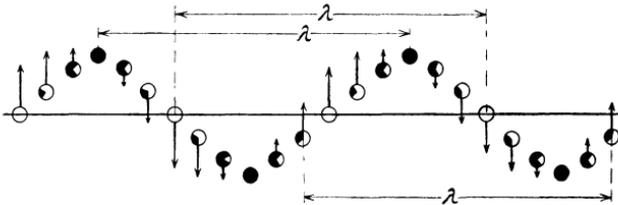


Abb. 7. Schwingungsbild an einer Wellenmaschine.

Die Pfeile an den Kugeln geben Größe und Richtung der Bewegung an (kinetische Energie). Die Schwärzung der Kugeln veranschaulicht die Lageenergie.

folgenden sind bereits umgekehrt. Daher sieht das Auge eine wellenförmige Fortbewegung in dem schwingenden System — eine Wellenbewegung, die fortschreitet. Ein Wellenberg mit einem Wellental bildet zusammen den Begriff der Wellenlänge (λ in Abb. 7). Zwei Punkte einer fortschreitenden Welle, welche um eine solche Wellenlänge voneinander entfernt sind, befinden sich also immer an entsprechenden Punkten ihrer Schwingung, sie sind in gleicher Phase, wie man zu sagen pflegt. Da sich nun aber zwischen diesen beiden gleichen Phasen alle Zwischenphasen befinden und zum einmaligen Durchlaufen aller Zwischenphasen die Pendel gerade ihre Schwingungsdauer benötigen, so ist klar, daß die Welle sich in der Zeit einer Schwingung um eine Wellenlänge fortpflanzen muß. Bei der Machschen Wellenmaschine wird jeder Kugel direkt der Stoß gegeben. Dies ist nun aber nicht erforderlich; die einzelnen Kugeln können ja so elastisch miteinander gekoppelt sein, daß hierdurch die Bewegung von einer angestoßenen Kugel sich weiter nach den Seiten fortpflanzt. Abb. 8 zeigt eine Wellenmaschine, bei welcher die Pendelkugeln den unteren Saum eines schräg geflochtenen Netzes bilden. Durch die verflochtenen Schnüre findet die Kopplung auf die Nachbar-kugeln in großer Ähnlichkeit mit den in der Natur vorkommenden Verhältnissen statt. Eine gleiche Vorrichtung läßt sich selber nach Abb. 5 herstellen, wenn wir mehrere abgestimmte Pendel koppeln. An beiden Maschinen können wir sehen, daß die Geschwindigkeit, mit der die Verbreitung einer Schwingung vor

sich geht, nichts mit der Wellenlänge zu tun hat. Sie ist nur abhängig von der Kopplung der Teile, also von den Eigenschaften des Mediums, in dem die Welle sich fortpflanzt. So ist es zum Beispiel die Eigenschaft der Luft, daß sich bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Luftdrucke solche Wellenbewegungen mit 333 m in der Sekunde fortpflanzen. Es sei hier nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, daß sich nicht etwa Luftteile mit dieser Geschwindigkeit bewegen. Jedes Luftteilchen schwingt an Ort und Stelle, von ihm aus koppelt sich die Bewegung nur so schnell auf die Nachbarteilchen und von diesen wieder weiter, daß nach einer Sekunde schon die Luftteile in 333 m Entfernung auch am Schwingen sind. Die Wellen-

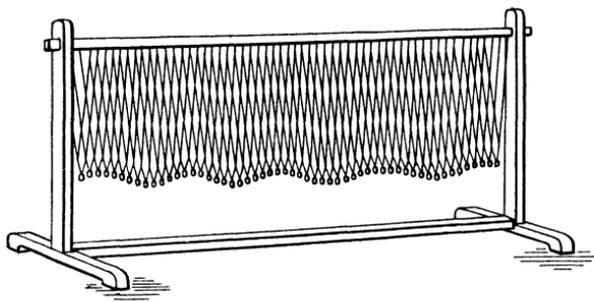


Abb. 8. Wellenmaschine mit gegenseitiger Kopplung der Kugeln.

länge wird in der Physik allgemein mit dem griechischen Buchstaben λ bezeichnet; es ist dies eine Übereinkunft, damit man beim Lesen gleich weiß, um was es sich handelt. Der Buchstabe v wird in der Physik vornehmlich für Geschwindigkeiten benutzt. Führen wir nun noch statt der Schwingungszeit, d. h. der Zeit, in der eine Schwingung gemacht wird, die Zahl ein, die angibt, wieviel Schwingungen in einer Sekunde gemacht werden, und bezeichnen diese Zahl mit s , so gilt die Gleichung

$$v = \lambda \cdot s.$$

Dies klingt mächtig gelehrt, ist aber in Wirklichkeit für uns gar nichts Neues, sondern nur eine andere Fassung unserer obigen Folgerung, daß jede Wellenlänge sich in der Schwingungszeit um eine Wellenlänge fortpflanzt. Unsere Pendel, welche wir vorhin zwischen die Tür gehängt hatten, teilen ihre Bewegung sicherlich auch der umliegenden Luft mit, diese teilt sie wieder

ihrer Nachbarluft mit. Also werden auch von unseren Pendeln bereits Luftwellen ausgehen. Es sind aber bei unseren Pendeln nur Bruchteile einer Schwingung, die in einer Sekunde stattfinden, und für so langsame Schwingungen ist unser Ohr nicht empfänglich. Erst wenn mehr als 16–20 Schwingungen in jeder Sekunde stattfinden, empfinden wir sie als Schall. Das ist eine weise Einrichtung,

denn sonst gäbe es auf der Welt noch mehr Lärm, als schon vorhanden ist. Man könnte dann ja durch Hin- und Herzittern mit der Hand in der Luft einen Ton erzeugen. Selbst mit unserem Fadenpendel wird dies nicht gelingen, denn die Kraft, die das Pendel immer nach seinem tiefsten Punkte zieht, ist die Schwerkraft, welche nicht stark genug für diese Zwecke ist. Die elastischen Zug- und Druckkräfte, die in jedem Körper mehr oder minder vorhanden sind, gestatten uns leicht, Töne zu erzeugen. Betrachten wir die einzinkige Stimmgabel in Abb. 9, welche fest in einem Schraubstock sitzt. Sie ist im Prinzip dasselbe wie unser Fadenpendel. In starker Übertreibung sind die größten Amplituden eingezeichnet.

Außerdem ist bei der Zeichnung angenommen, daß die elastischen Kräfte alle an einer Stelle zusammengelegt wären, was natürlich der Wirklichkeit nur nach starken Korrekturen entspricht. Durch das Anschlagen nach *S* werden bei *R* die Stahlteile zusammengedrückt, bei *T* gezerrt; da nun Stahl elastisch ist, will er seine ursprüngliche Lage wieder einnehmen. Die durch das Anstoßen aufgespeicherten elastischen Kräfte (potentielle Energie) verwandeln sich zurück in Bewegungsenergie (Maximum der Geschwindigkeit in *M*), um auf der linken Hälfte der Schwingung auf *L* zu in den nunmehr bei *T* zusammengedrückten und bei *R* gezerrten Teilen wieder gespeichert zu werden. Also — eine typische Pendelschwingung. Wir

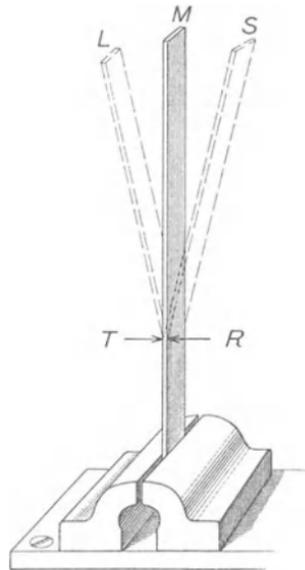


Abb. 9. Einzinkige Stimmgabel. Zum Vergleiche mit der Pendelschwingung stelle man die Figur auf den Kopf.

werden daher auch gleich mit Recht folgern, daß, je länger eine Stimmgabel oder eine Saite ist, um so tiefer der Ton sein wird, d. h. um so geringer wird die Schwingungsanzahl pro Sekunde sein. Wenn wir nun unsere Versuche von früher mit gleichgestimmten Stimmgabeln wiederholen, so werden wir auch hier ein Mitschwingen beobachten, denn wenn auch die angeschlagene Gabel festgehalten und dadurch zum Schweigen gebracht wird, so tönt der Ton der zweiten Gabel weiter fort. Setzen wir aber, wie in Abb. 10, auf die eine Gabel einen Reiter und verstimmen sie dadurch (Schwerpunkt wird mehr nach dem freien Ende verschoben — also entspricht es einer Verlängerung der Schnur), so ist ein Mitschwingen nicht zu erreichen. Wesentlich elastischer

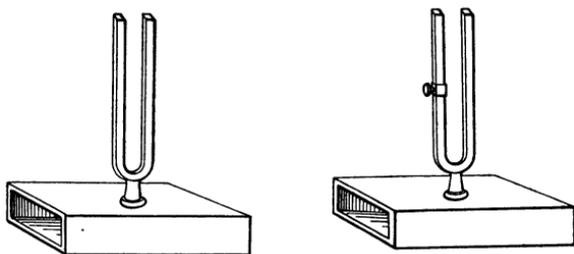


Abb. 10. Mitschwingungsversuch beim Schall.

als in der Luft sind die Teile in den festen Körpern gekoppelt, daher ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in denselben größer. Vollkommen elastisch jedoch sind die Ätherteile gekoppelt, daher ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Schwingungen in diesem auch vollkommen maximal. Es ist die größte irdische Geschwindigkeit überhaupt und beträgt 300 000 km in der Sekunde. Auch hier ist es natürlich gleichgültig, welche Wellenlänge sich fortpflanzt, immer ist wie beim Schall die Ausbreitungsgeschwindigkeit dieselbe¹⁾.

Wir sind leider noch nicht so weit, uns schon auf unser Hauptgebiet begeben zu können, sondern müssen uns noch mit einigen

¹⁾ Der Äther ist ein hypothetisches Fluidum, das sich auch heute noch zur anschaulichen Erklärung des Naturgeschehens eignet. Er erfüllt nicht nur den freien Raum, sondern auch den Raum zwischen den Molekülen und Atomen der festen Körper. Er wird materiell angenommen, ohne daß unsere Mittel eine Wägung seiner Masse zulassen. Diese Ätherhypothese wird von der modernen Physik nicht mehr benötigt.

optischen und akustischen Phänomenen zuvor beschäftigt. Einen einfachen, reizvollen optischen Versuch zeigt Abb. 11. Wir haben uns ein Stück Spiegelscherbe genommen und auf der Rückseite zwei 3 cm lange und $\frac{1}{2}$ mm breite Spalte in den Spiegel-

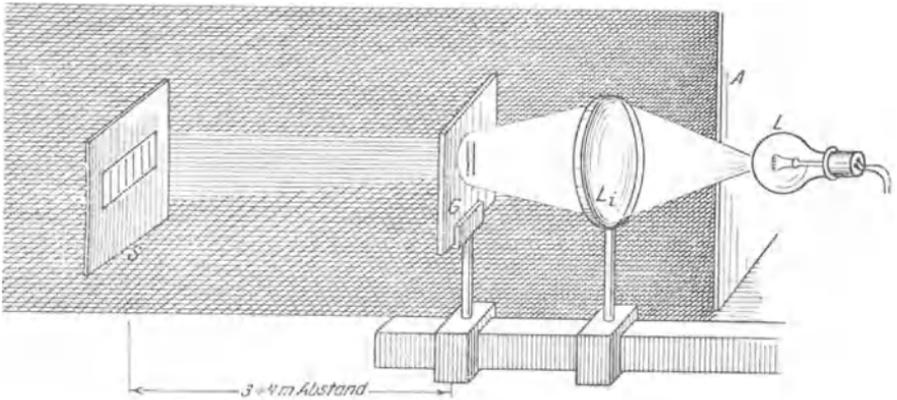


Abb. 11. Interferenzversuch beim Licht.

S = Schirm, G = Spiegel mit Spalten, L_i = Linse, L = Lichtquelle, A = Ablendungsschirm.

belag gekratzt. Die beiden Spalte liegen 1 mm voneinander entfernt und parallel zueinander. In einem verdunkelten Zimmer beleuchten wir den Spiegel mit einer starken Lichtquelle durch eine Sammellinse, wobei wir Vorsorge treffen, daß kein störendes Licht in das Zimmer dringt. In einigen Metern Entfernung von dem Spalt stellen wir einen weißen Pappschirm auf. Nachdem wir uns nun an die Dunkelheit gewöhnt haben, werden wir zu unserer Verwunderung an der Wand nicht zwei helle Fensterchen sehen, sondern eine Figur, wie sie Abb. 12 zeigt. Die Erklärungen gibt die Abb. 13. Von beiden Spalten, S_1 und S_2 , des Spiegels geht Licht aus. Dieses Licht ist auch eine Wellenbewegung. Der Punkt M (Abb. 13) genau gegenüber von den Spalten, ist von beiden Spalten gleich weit entfernt; das Licht beider Spalten, das dort eintrifft, ist also in gleicher Phase. — Um mit unserem alten Vergleiche zu

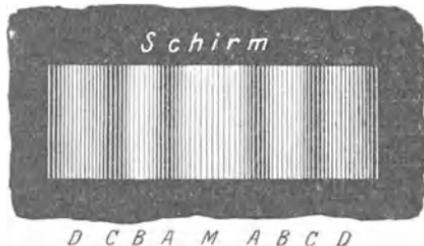


Abb. 12. Interferenzbild auf dem Pappschirm S .

sprechen: dort in der Mitte vor dem Papier befindet sich ein Pendel des Äthers — ein Ätherteilchen; zu diesem kommt von beiden Spalten her durch elastische Kopplung ein Anstoß in ein und derselben Richtung — was kann geschehen? Die beiden Anstöße unterstützen sich, d. h. das Pendel schwingt stärker, als wenn nur von einem Spalt Licht käme; die Lichte der beiden Spalte addieren sich also an diesem Punkte. Geht man aber etwas nach links oder rechts bis *A* in Abb. 13, so ist die Entfernung von dort zu dem einen Spalt länger als die zu

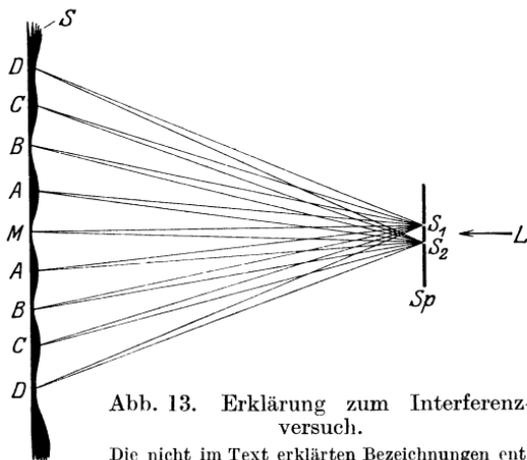


Abb. 13. Erklärung zum Interferenzversuch.

Die nicht im Text erklärten Bezeichnungen entsprechen denen der Abb. 11.

dem anderen. Wenn diese beiden Wege gerade um eine halbe Wellenlänge des verwandten Lichtes differieren, so erhält dieser Punkt des Papiers, sagen wir der dort hängende Pendel des Äthers, zwei Anstöße, diesmal jedoch genau in entgegengesetzter Richtung. Da nun beide Spalte gleich groß waren, mithin die Anstöße

von beiden Spalten auch gleich groß, so kann das Pendel nicht in Bewegung kommen, denn es erhält ja immer einen ebenso starken, Schlag von links wie von rechts. An dem Punkte des Schirmes, wo die Lichtwege um eine halbe Wellenlänge differieren, kann also kein Licht herrschen, sondern es muß dunkel sein. Man spricht hier von totaler Interferenz der beiden von den Spalten kommenden Wellenzüge. Geht man aber noch weiter nach der Seite bis *B*, dorthin, wo die Lichtwege schon wieder um eine ganze Wellenlänge differieren, so muß wieder Licht dort herrschen, denn die Lichtwellen treffen ja in Phase aufeinander. Da sich Licht auch an Stellen des Schirmes zeigt, welche nicht den Spalten genau gegenüberliegen, so hat sich das Licht beim Durchgang durch die Spalte nicht nur geradlinig fortgepflanzt, die Spalten verhielten sich vielmehr so, als ob sie selbst leuchteten. Dieses Abweichen

von der geraden Richtung nennt man *Beugung*, sie ist eine allgemeine Eigenschaft jeder Wellenbewegung und tritt auf, wenn die Öffnungsgröße relativ zur Wellenlänge klein wird. Da die Wellen der drahtlosen Telephonie viele Hunderte von Metern lang sind, so spielen Straßen, Gebäude, Bäume u. dgl. oft die Rolle von Spalten, hinter welchen auch totale Interferenz eintreten kann. In einem solchen Raume kann dann für eine Anzahl von Wellenlängen ein Empfang unmöglich sein. Vermutlich erklärt sich hieraus ein Teil der sog. „Wellenlöcher“¹⁾.

Hieran anschließend, wollen wir den Fall erörtern, daß zwei Wellen verschiedener Wellenlänge interferieren. In Abb. 14 sind zwei Wellenzüge verschiedener Wellenlänge gezeichnet. Die gestrichelte Welle habe die Schwingungszahl 100 000, die punktierte die Schwingungszahl 99 000. Wenn wir eine tausendstel

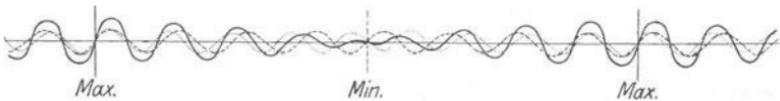


Abb. 14. Interferenz verschiedener Wellen.
Entstehung des Differenztones.

Sekunde des Wellenweges betrachten, so liegen auf diesem 100 Schwingungen der einen und 99 Schwingungen der anderen Welle. Die beiden Wellenzüge mögen zu Anfang in genau entgegengesetzter Phase aufeinandertreffen. Sie interferieren daher zunächst total. Je mehr Schwingungen aber folgen, um so mehr überholt die schneller schwingende Welle die langsamer schwingende, und nach 50 Schwingungen fallen sie in Phase und verstärken sich. Jetzt würde man die Wellen nachweisen können. Nach weiteren 50 Schwingungen sind sie aber wieder in entgegengesetzter Phase und heben sich wieder auf. Dies Spiel würde sich bei dem gewählten Beispiel tausendmal in der Sekunde wiederholen. Trotzdem also zwei Wellen der hohen Frequenz von 100 000 und 99 000 pro

¹⁾ Nicht uninteressant wird es dem Leser sein, daß man auf Grund obiger Überlegungen bereits ein gerichtetes Aussenden von Wellen vornehmen kann. Sendet man gleichzeitig durch zwei Antennen, die um eine halbe Wellenlänge voneinander entfernt sind, so interferieren die Wellen in der Verbindungslinie der Antennen total, während sie sich in der dazu senkrechten Ebene verstärken. In der senkrechten Ebene wäre also maximaler Empfang, in der Ebene der Antennen gar keiner.

Sekunde zusammentreffen, entsteht in einem niederfrequenten Rhythmus ein periodischer Wechsel zwischen totaler Interferenz und gegenseitiger Unterstützung. Hiermit haben wir ein Mittel in Händen, die hochfrequenten Dauerwellen der ungedämpften Sendestationen hörbar zu machen. Wir bringen die ankommende Welle mit einer Welle anderer Wellenlänge zur Interferenz und erzeugen dadurch einen Differenzton. Natürlich werden wir die Differenz nicht so groß wählen, daß sie wieder außerhalb des Hörbereichs liegt. Diesen Interferenzempfang nennt man Schwebungsempfang oder auch Überlagerungsempfang, da man die eintreffende Welle mit einer an Ort und Stelle erzeugten überlagert. Die Stärke einer Schwingung hängt von ihrer Amplitude ab, das haben wir bereits oben gelernt. Da nun



Abb. 15. Serie von gedämpften Wellenzügen eines Funkensenders mit 1000 Funken in der Sekunde. Da die Schwingungsdauer $\frac{1}{100000} \text{ sec}$ ist, ist die Wellenlänge 3000 m. (Siehe die Gleichung S. 10.)

beim Interferenzempfang sich die Amplitude der Ortsschwingung mit der der ankommenden addiert, so ist die Amplitude der resultierenden Interferenzschwingung größer als die der ankommenden Welle. Mit jeder Überlagerung ist also auch eine Verstärkung verbunden. Bei einer gedämpften Station hat man eine Überlagerung zwecks Hörbarmachung nicht nötig, denn durch die Dämpfung klingt die ankommende Welle mehrere hundert- bis tausendmal in der Sekunde auf Null ab. Sie sieht wie Abb. 15 aus und liegt daher mit ihrer Anzahl von Wellenstößen im Hörbereich.

Das Zusammentreffen von Wellen nannte man Interferenz, das Zusammentreffen von Wellen gleicher Wellenlänge in entgegengesetzter Phase totale Interferenz. Wir haben dabei die merkwürdige Tatsache kennengelernt, daß unter geeigneten Versuchsbedingungen Licht plus Licht Dunkelheit geben kann — wahrlich, die Morgensternsche Tag-Nachtlampe ist schon lange da!

Ist nun aber der Schall auch eine Wellenbewegung? So muß man auch bei ihm diese Interferenzerscheinungen nachweisen

können, denn jede Wellenbewegung läßt ja die oben beim Lichte angestellten Überlegungen zu. Dies läßt sich in der Tat zeigen. Wir benötigen dazu nur eine Stimmgabel und Gummischlauch. Wie Abb. 16 zeigt, machen wir in den Gummischlauch eine Abzweigung. Den einen Zweigschlauch machen wir veränderlich lang; dann werden beide Zweige wieder zu einem Rohr O vereinigt. Vor das längere Schlauchende A stellen wir eine Stimmgabel, vor das andere halten wir das Ohr. Macht man nun den einen Zweigschlauch um $\lambda/2$ länger oder kürzer als den anderen, so ist bei O in der Tat kein Ton wahrzunehmen. Wenn wir eine Stimmgabel von 432 Schwingungen benutzen (Kammerton), so ergibt die Gleichung

$$v = \lambda \cdot s, \quad \text{d. f. } 333 = \lambda \cdot 432,$$

$$\text{d. f. } \lambda = \frac{333}{432} \quad \text{d. f. } \lambda = 77 \text{ cm}$$

eine Wellenlänge von 77 cm. Der eine Schlauch wird also bei totaler Interferenz $38\frac{1}{2}$ cm länger sein.

Die wesentlichen Züge der Wellentheorie haben wir nun kennengelernt, und es handelt sich nun noch darum, uns mit einigen Grundbegriffen der Elektrizität bekanntzumachen. Zum Verständnis elektrischer Phänomene ist

es oft sehr vorteilhaft, sich unter Elektrizität als solcher eine grob wägbare Masse vorzustellen, sagen wir Wasser. Dies erleichtert die Vorstellung ungemein, und wir werden uns dieses Vergleiches öfter bedienen.

Wie dem Wasser, welches in einem Gefäße auf dem Tisch steht, eine gewisse potentielle Energie innewohnt, Arbeit zu leisten — es kann durch eine kleine Turbine nach der Erde fließen —, so wohnt einer Elektrizitätsmenge auch die Energie inne, Arbeit zu leisten, wenn man sie nach einem Orte niederer Spannung abfließen läßt. Wie um die Erde herum ein Schwerfeld herrscht, das die Gegenstände der Umgebung anzieht, so herrscht in der Umgebung eines mit Elektrizität geladenen Leiters ein elektrisches Feld (die bekannte An- und Abstoßung von geladenen Körpern be-

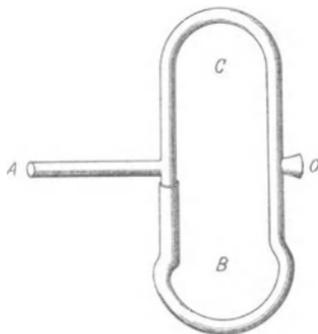


Abb. 16. Interferenzversuch beim Schall.

Totale Interferenz, also Stille in O tritt ein, wenn C um $\frac{\lambda}{2}$ von B verschieden ist.

ruht hierauf). Fließt jedoch ein Strom durch einen Leiter, so verhält sich dieser Draht wie ein Magnet, d. h. es entsteht in der Umgebung eines stromdurchflossenen Leiters ein magnetisches Feld. Damit haben wir die beiden Feldarten kennengelernt, welche in der Umgebung, einmal eines statisch geladenen, das zweitemal eines von Strom durchflossenen Leiters, auftreten. Mancher der Leser wird den Versuch kennen, welcher in Abb. 17 dargestellt ist. Eine Spule (das sind zahlreiche gleichgerichtete Leiter in einem engen Raume) aus isoliertem Drahte ist an ihren beiden Enden mit einem empfindlichen Anzeigeinstrumente verbunden. Nimmt man jetzt einen starken Hufeisen- oder besser Stab-

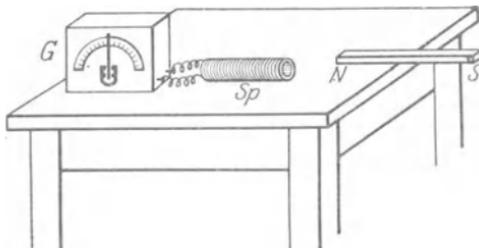


Abb. 17. Induktionsversuch.

G = Galvanometer. *Sp* = Spule. *N-S* = Stabmagnet.

magneten und nähert ihn plötzlich der Spule, so schlägt das Galvanometer nach einer Seite aus. Entfernen wir jetzt den Magneten plötzlich aus der Nähe der Spule, so schlägt das Galvanometer nach der anderen Seite aus. In der Spule floß also ein Strom,

und zwar beim Nähern des Magneten in umgekehrter Richtung wie beim Entfernen desselben. In der Umgebung eines Magneten herrscht aber ein magnetisches Feld, wie wir es bereits oben bei der Umgebung einer stromdurchflossenen Spule kennengelernt haben. Beim Nähern eines magnetischen Feldes und beim Entfernen desselben an resp. von einem Leiter entsteht also in dem Leiter ein Strom. Diese Wirkung nennt man allgemein Induktionswirkung. Da sich eine stromdurchflossene Spule ebenso verhält wie ein Magnet, müssen wir, wenn wir eine stromdurchflossene Spule nähern und entfernen, dieselben Beobachtungen machen können. Dem ist in der Tat so. (Es ist dem Leser sehr zu empfehlen, diese Versuche selber anzustellen. Alle Instrumente oder Apparate, welche er sich für diese Versuche nach den Angaben des praktischen Teiles bauen würde, würde er auch gut für die spätere Empfangsapparatur benützen können; z. B. Spule und Magnet für den Pendelgleichrichter). Doch fahren wir in unseren Überlegungen fort. Das, worauf es also bei der Induktionswirkung

ankommt, ist das Stärker- oder Schwächerwerden eines magnetischen Feldes; denn wenn wir den Magneten oder die stromdurchflossene Spule in ein und derselben Entfernung von der mit dem Galvanometer verbundenen Spule stillhalten, so zeigt das Instrument nie einen Strom an. Bisher haben wir die Schwankungen der Stärke des Magnetfeldes, in welchem sich die Spule befindet, immer durch Nähern oder Entfernen des Felderzeugers erreicht. Es gibt aber auch einen bequemeren Weg: Beide Spulen stellen wir dicht mit zwei Stirnflächen aneinander. Die mit dem Galvanometer verbundene Spule nennen wir die sekundäre, die andere die primäre Spule. Jetzt ändern wir das Magnetfeld nicht durch Bewegung der primären Spule, sondern durch Aus- und Einschalten des Stromes in derselben. Der Effekt wird ein bedeutend besserer sein; denn wir können den Strom viel schneller unterbrechen, wie wir die ganze Spule entfernen können. Die Induktionswirkung, die wir nunmehr gesehen haben, können wir auch so ausdrücken: Fließt in einem Leiter ein Strom, so wird in jedem Leiter der Umgebung ein Strom induziert, wenn der Strom in dem ersten sog. Primärleiter schwankt. Betrachten wir bloß einen Leiter, so können wir uns diesen aus vielen kleinen Leitern zusammengesetzt denken. Fließt in der ganzen Spule ein Strom, so fließt auch in jedem dieser gedachten Stücke ein Strom. Wenn jedoch in dem ersten Stück ein Strom fließt, so muß dieser, wenn er schwankt, auch bereits in dem zweiten Stück einen Strom induzieren. Denkt man sich nun noch diese Stücke des einen Leiters alle recht klein geworden, so erkennt man, daß auch bei jeder Spule, überhaupt bei jedem stromdurchflossenen Leiter, jeder Teil auf den anderen induzierend wirkt. Diese Art der Induktion eines Leiters auf sich selbst wird mit Selbstinduktion bezeichnet, im Gegensatz zu dem Beispiel von vorhin; wo man bei verschiedenen Leitern von Fremdinguktion spricht. Aus unseren Überlegungen ergibt sich, daß ein langer Leiter eine größere Selbstinduktion haben muß wie ein kurzer. Wenn wir einen geraden Draht zu einer Schleife zusammenwinden, so daß sich also zwei vorher entfernte Stücke wieder nähern, so wird die Selbstinduktion größer sein, als wenn wir den Draht gerade gelassen hätten. Ebenfalls folgt: je mehr Windungen ein Leiter unter sonst gleichen Bedingungen haben wird, um so größere Selbstinduktion wird er besitzen.

Nachdem Sie nun auch etwas von der Selbstinduktion erfahren haben, lassen Sie mich bitte noch einmal auf ein früheres Thema zurückgreifen. Wir hatten gesagt, daß sich in der Umgebung eines mit ruhender Elektrizität geladenen Leiters ein elektrisches Feld befindet, und daß dieses in bezug auf ein anderes Niveau ein gewisses Potential (Spannung) hat. Der geladene Leiter war mit einem auf dem Tische stehenden, mit Wasser gefüllten Gefäße zu vergleichen, von welchem das Wasser (die Elektrizität) durch

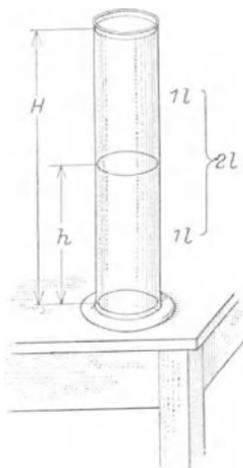


Abb. 18. Hohes Standgefäß zur Veranschaulichung der Kapazität.

Abfließen Arbeit leisten konnte. Wenn wir das Gefäß hoch wählen, so ist es klar, daß das Wasser einen bedeutend höheren Druck (H in Abb. 18) erhalten wird, wenn wir es bis an den Rand ($2l$ Liter) füllen, als wenn wir nur einige Zentimeter hoch den Boden bedecken. Je mehr Wasser wir also in das Gefäß tun, um so größer wird die potentielle Energie, die es hat. Bei der Elektrizität würde dies heißen, je mehr Elektrizitätsmenge (*Coulomb*) wir auf einen Leiter bringen, um so höher wird sein Potential. Um wieviel die Höhe des Wasserspiegels bei Zufügung von, sagen wir, einem Liter Wasser steigt, wird sehr von dem Fassungsvermögen des Gefäßes abhängen. In der Elektrizitätslehre ist es genau so. Je größer das elektrische Fassungsvermögen eines Leiters ist, um so mehr Elektrizitätsmenge ist erforderlich, um ihn auf ein bestimmtes Potential zu bringen. Benutzt man ein dünnwandiges Gefäß, d. h. ein Gefäß, welches bei hoher Spannung an seinen am stärksten beanspruchten unteren Partien Gefahr liefe, zu bersten, und wir wollen in dieses Gefäß recht viel Wasser hineinbringen, so werden wir ein recht großes Gefäß mit großer Bodenfläche wählen. Auch hier ist es bei der Elektrizität entsprechend. Einem übermäßig hohen Potential hält die stärkste Isolierung nicht stand, wie einem zu hohen Druck nicht das stärkste Gefäß. Wenn wir also irgendeine Elektrizitätsmenge verstauen wollen, so quetschen wir sie nicht in einen kleinen Leiter, aus welchem dann wegen der Höhe des Potentials ein Abströmen der Elektrizität

stattfinden würde, sondern wir bringen sie auf einen Körper mit möglichst hoher Kapazität (Fremdwort für Fassungsvermögen). Körper, die solche Eigenschaft haben, sind die Kondensatoren. Ein Schema eines solchen gibt die Abb. 19. Der eine Belag des Kondensators ist z. B. positiv geladen. Die positive Elektrizität stößt die positive der anderen Platte ab und zieht die negative an. Daher kondensieren sich die Elektrizitäten an den gegenüberliegenden Flächen und binden sich gegenseitig, verhindern sich am Abfließen; sie werden an den gegenüberliegenden Stellen kondensiert. Dort ist daher auch die größte Potential- oder Spannungsdifferenz vorhanden. Dort also, zwischen den Platten, muß also auch die beste Isolation sein! Um den Isolator herum, den man speziell bei Kondensatoren auch Dielektrikum nennt, befindet sich also fixierte Elektrizität; diese belastet aber nicht den anderen Teil der Platte, daher kann man mehr Elektrizität herauflassen wie ohne den gegenüberstehenden Belag. Je mehr Elektrizität durch gegenüberstehende Platten gebunden ist, um so größer ist also die Kapazität des Kondensators.

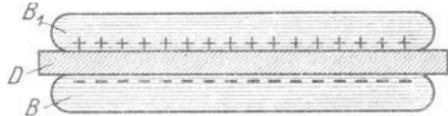


Abb. 19. Schema eines Kondensators. B und B_1 die leitenden Belege. D das isolierende Dielektrikum.

Nunmehr sind wir so weit, den ersten Versuch machen zu können, die Entstehung einer elektrischen Schwingung zu begreifen. In Abb. 20 sind die Enden einer Selbstinduktionsspule L an die beiden Belege eines Kondensators K geführt. Wird durch einen Funken oder sonstwie der eine Belag A des Kondensators aufgeladen, so entsteht durch Induktionswirkung auf dem anderen Belag des Kondensators die entgegengesetzte Elektrizität. Da nun aber der Kondensator an den Enden der Spule L liegt, so kann sich diese Spannungsdifferenz über die Spule ausgleichen. Das heißt, es fließt jetzt in dieser Spule ein Strom. Fließt aber so plötzlich in diese Spule ein Strom, so wird in dieser „Selbstinduktionsspule“ ein Strom induziert. Der Induktionsstrom fließt aber

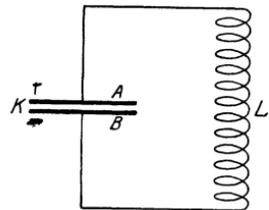


Abb. 20 Geschlossener Schwingungskreis mit Selbstinduktion L und Kapazität K . Die Belege der Kapazität sind A und B .

in umgekehrter Richtung und ladet die Belege des Kondensators diesmal mit umgekehrtem Vorzeichen auf. Wieder fließt die Elektrizität nun durch die Selbstinduktionsspule ab. Es entsteht durch den fließenden Strom ein magnetisches Feld, da aber der Strom wegen der geringen in K vorhandenen Elektrizitätsmenge sofort zu Ende ist, bricht das Magnetfeld auch sofort wieder zusammen. Beim Zusammenbrechen wird aber in der Spule der umgekehrte Strom erzeugt, und wieder ist der Kondensator in der alten Polarität aufgeladen; der Vorgang würde sich noch lange von neuem wiederholen. Immer das gleiche Bild: Eine Potentialdifferenz an den Belegungen gleicht sich aus, sie verschwindet scheinbar in der Spule, aus ihr ist aber ein Magnetfeld entstanden. Das Feld bricht wieder zusammen, und seine Energie erscheint wieder in der Spule als Induktionsstrom, der den Kondensator aufladet. Man erkennt sofort die weitgehende Analogie zwischen diesem periodischen Vorgange und der Pendelschwingung. Während sich das Pendel der tiefsten Lage nähert, verschwindet immer mehr potentielle Energie, und es entsteht dafür die kinetische Energie der Bewegung — je mehr Strom in der Spule verschwindet, um so größer wird die Stärke des Magnetfeldes um die Spule —, dann beginnt wieder die kinetische Energie des Pendels abzunehmen, und dafür erscheint die potentielle Energie in entsprechendem Maße — wie hier die Energie des Magnetfeldes verschwindet, erscheint wieder Elektrizität in der Spule und die Potentialdifferenz auf dem Kondensator mit ihrem elektrischen Feld. Wie bei dem Pendel, würde auch hier der Schwingungsvorgang unendlich lange fort dauern müssen, wenn nicht Widerstände gegen die Schwingung auch hier eine Dämpfung verursachen würden. Wenn wir daher durch einen Funken einen solchen schwingungsfähigen Kreis, der also aus Selbstinduktion und Kondensator, d. h. Kapazität, bestehen muß, durch einen Funken anstoßen, so entsteht eine gedämpfte elektrische Schwingung. Auch hier spricht man, genau wie früher ausgeführt, von schwach und stark gedämpften Schwingungen. Die Widerstände gegen das Fortbestehen der Schwingung waren in unserem mechanischen Beispiele der Luftwiderstand und die Reibung. Im Gebiete der elektrischen Schwingung ist es hauptsächlich der Ohmsche Widerstand, der die Dämpfung der Schwingung verursacht. Ebenso unmöglich, wie es in dem mechanischen Beispiele war, die Reibung

vollständig zu beseitigen, so unmöglich ist es, hier die Widerstände zu beseitigen. Für den Leser, der sich hierfür interessiert, sei darauf hingewiesen, daß man den Widerstand eines jeden metallischen Leiters dadurch herabsetzen kann, daß man ihn stark abkühlt, möglichst bis an die Temperatur des absoluten Nullpunktes heran (273 Grad unter dem Gefrierpunkt des Wassers). Dort werden die Widerstände so gering, daß man noch nach Wochen eine Schwingung nachweisen kann, die durch einen einzigen Anstoß erzeugt worden war.

Bisher hatten wir nur auf die gemeinsamen Punkte aufmerksam gemacht, die Vergleiche zwischen Mechanik und Elektrizität zulassen. In einem unterscheiden sich aber beide ganz generell, das ist die Geschwindigkeit, mit der die Vorgänge vor sich gehen. Es läßt sich mit Leichtigkeit ein Schwingungskreis zusammenbauen, in welchem die Elektrizität viele Millionen Male in der Sekunde hin und her pendelt. Wie oft die Elektrizität in der Sekunde in einem Schwingungskreis hin und her pendeln kann, also die Schwingungszahl des Kreises, hängt von der Größe der vorhandenen Selbstinduktion und Kapazität ab. Es wird uns plausibel erscheinen — auf die nähere Begründung hier einzugehen, würde zu weit führen —, daß, je länger der Draht, also auch die Selbstinduktion, und je größer die Kapazität, um so mehr Zeit die Elektrizität gebrauchen wird, um eine Schwingung zu vollführen. (Je größer die Kapazität, um so größer kann die schwingende Elektrizitätsmenge sein. — Wenig Wasser wird durch einen Schlauch gegebener Länge bei ein und demselben Druck schneller durchströmen wie viel Wasser durch einen langen Schlauch gleichen Querschnitts.) Die Schwingungszahl wird also um so geringer sein, je größer die Selbstinduktion und Kapazität eines Kreises ist. Wie beim Pendel mit der Länge, haben wir hier also mit diesen beiden Größen ein Mittel in der Hand, die Abstimmung eines Schwingungskreises auf einen anderen vornehmen zu können. Wir können jetzt einmal einen Mitschwingungsversuch anstellen, wie wir ihn bei den Pendeln und beim Schall bereits besprochen haben. Dazu benötigen wir die einfache Apparatur der Abb. 21.

Durch eine Influenzmaschine oder einen Funkeninduktor laden wir die linke Leidener Flasche auf. Eine solche Leidener Flasche ist nichts Anderes als ein Kondensator, denn sie besteht aus einem Glasgefäß G , welches das Dielektrikum darstellt, und

dieses ist innen und außen mit Silberpapier B beklebt. Damit man an den inneren Belag bequem heran kann, steht in der Flasche eine Metallstange, die oben einen Knopf trägt. Von einem Knopf, der dem ersten in geringem Abstände gegenübersteht, geht ein Drahtbügel L zu dem äußeren Belage. Bei der rechten Flasche ist der Drahtbügel in seiner Länge veränderlich. Durch Verschieben des Drahtstückes L_1 ist es möglich, ihn ebenso lang zu machen wie den unveränderlichen Bügel L der ersten, ebenso großen Flasche. Der veränderliche Drahtbügel stellt also eine veränderliche Selbstinduktion dar. Die beiden Bügel

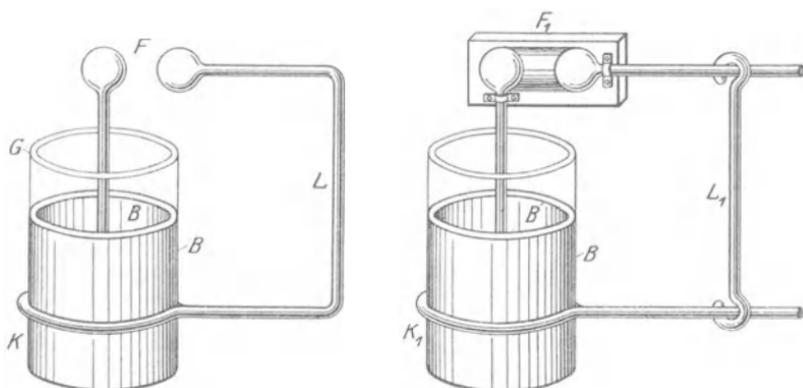


Abb. 21. Elektrischer Resonanzversuch mit Leydener Flaschen.

stellen wir parallel zueinander auf dem Tische in einer Entfernung von ca. 30 cm auf. Jetzt laden wir die Flasche linker Hand auf. Es springen an der kleinen Unterbrechung F des Bügels Funken über. Durch diese Funken wird uns vor Augen geführt, daß in der Tat durch den Anstoß, den die Elektrizität der Influenzmaschine oder des Induktors gibt, in dem Drahtbügel jener Pendelvorgang in Szene gesetzt worden ist. Nun verschieben wir den beweglichen Teil des Drahtbügels L_1 mit einem Glas- oder Hartgummistab. An der Stelle, wo gerade beide Bügel gleich lang sind, werden wir zu unserer Befriedigung sehen, daß auch bei dem Schwingungskreis F_1/L_1 , der gar nicht mit der Elektrizitätsquelle in Verbindung steht, Funken überspringen. Ist der Drahtbügel von anderer Länge, sind also die Kreise nicht aufeinander abgestimmt, so gelingt es nicht, bei F' Funken zu

erhalten. Nach unseren bisherigen Besprechungen ist uns der Vorgang schon klar, aber wir möchten doch noch einige Bestätigungen besitzen, die uns davon überzeugen, daß es sich hier tatsächlich um Schwingungen und nicht vielleicht um neue Erscheinungen handelt. Wir wissen schon von früher, daß die elektrischen Schwingungsvorgänge sehr schnell ablaufen. Es ist daher verständlich, daß unser Auge dieselben nicht analysieren kann wie eine Pendelschwingung. Aber wir können uns auch die Tatsache, daß die Elektrizität in dem Funken — also in dem, was wir von der Elektrizität bei dieser Versuchsanordnung wahrnehmen — schwingt, deutlich vor Augen führen. Hierzu benötigen wir eine kleine Hilfsapparatur, wie sie Abb. 22 in einer Ausführung zeigt. 3 oder 4 Spiegel sind zu einem prismatischen Körper zusammengesetzt. Dieser Körper ist um eine senkrechte Achse drehbar und wird durch eine Geschwindigkeitsübertragung mit der Hand in schnelle Umdrehung versetzt. Es sei dem Leser und seiner Geschicklichkeit überlassen, wie er sich einen solchen Apparat bauen will. Die Apparatur kann natürlich auch durch Montieren auf eine Motorachse oder durch Anbringung an der Nähmaschine vereinfacht werden. Das

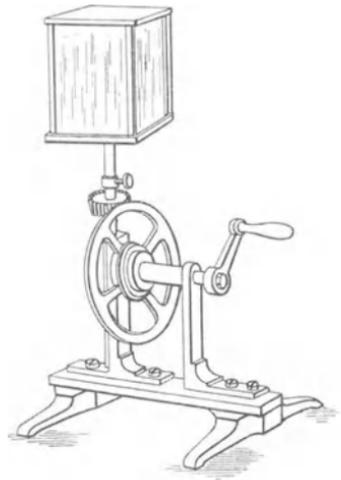


Abb. 22. Rotierender Spiegel zur Untersuchung von elektrischen Funkenbildungen.

Wichtige ist nur, daß ein aus ebenen Spiegeln fest zusammengesetzter Körper recht schnell rotiert. Betrachtet man nun den Funken durch diesen Spiegel, während der Spiegel mit hoher Tourenzahl in Bewegung ist, so wird der Funke für das Auge auseinandergezogen. Wir sehen viele Funken in gleichem Abstände voneinander. Der optische Vorgang ist einfach zu begreifen. Die Elektrizität geht nicht von der einen Kugel zu der anderen über, und damit ist ein Funke übersprungen, sondern sie pendelt viele Male hin und her. Die einzelnen Übergänge der Elektrizität folgen nur sehr schnell. Zwischen einem Übergang und dem folgenden hat sich jedoch der Spiegel um einen kleinen Winkel gedreht, daher

sehen wir den zweiten Übergang an einer anderen Stelle im Spiegel. Betrachten wir den Resonanzfunken des rechten Kreises, so ist auch hier dasselbe Bild vorhanden. Wir haben es also in der Tat mit einem Schwingungsvorgang und mit einem Mitschwingen zu tun. Nunmehr können wir noch viele Eigentümlichkeiten des elektrischen Mitschwingens an unseren primitiven Schwingungskreisen studieren. Der Mitschwingungsversuch glückt nur, wenn wir die beiden Bügel parallel zueinander aufstellen. In senkrechter Stellung ist auch bei Resonanz kein Funke zu erzielen. Da wir aber von dem Versuche bei paralleler Stellung wissen, daß an und für sich ein Mitschwingen möglich ist, d. h. die Schwingungskreise sind zum Mitschwingen fähig, so bleibt gar nichts weiter übrig, als daß die Kopplung der Kreise Eigentümlichkeiten besitzt, welche wir noch nicht kennen. Wir hatten bereits oben den Schwingungsvorgang als den Wechsel zwischen einem magnetischen Felde und der Aufladung des Kondensators, d. h. einem geladenen Körper, also einem elektrischen Felde, kennengelernt. Daher können wir die Schwingung auch als eine elektromagnetische bezeichnen, wobei wir gerade die beiden Begriffe nehmen, welche auf Grund ihrer Feldeigenschaft von vornherein in sich die Möglichkeit einer Fernwirkung haben. Denn das elektrische Feld und das magnetische Feld umgeben ja den gesamten Raum um ein elektrisch schwingendes Gebilde. In dem schwingenden Kreise folgen sich zeitlich aufeinander die beiden Stromrichtungen, in dem umgebenden Raume folgen sich dadurch bedingt magnetische und elektrische Felder zeitlich aufeinander. Erst geht von dem Kreise ein magnetisches Feld aus, dann ein elektrisches, dann wieder ein magnetisches und so fort. Beide Felder überdecken sich aber, denn auch beim Pendel gibt es nur einen Augenblick, in dem nur potentielle oder nur kinetische Energie vorhanden ist. Die Tatsache, daß nur bei paralleler Stellung der Selbstinduktionsbügel des Versuches Abb. 22 der Resonanzfunke nachweisbar ist, erklärt sich daraus, daß das magnetische Feld und das elektrische Feld zueinander senkrecht stehen. Da aber bei der gegebenen Versuchsanordnung der Resonanzkreis nur wenig auf das Spannungsfeld reagiert, jedoch gut auf das Magnetfeld, so erzielen wir eine Funkenbildung nur dann, wenn der Empfangsbügel günstig im Magnetfelde steht. Dies ist aber bei paralleler Lage der Bügel der Fall. Wir wollen uns nun vor-

stellen, daß wir die elektro-magnetischen Felder ebenso plastisch sehen können wie die Pendel bei der Machschen Wellenmaschine. Auch bei diesen Feldern möge uns ein an jedem Punkte des Raumes befindliches Pendel anzeigen, in welcher Phase gerade der Austausch von kinetischer und potentieller Energie — d. h. bei der elektrischen Schwingung —, von magnetischer und elektrischer Energie sich befindet. Da sich der Wechsel im Raume zeitlich hintereinander abspielt — wie ja auch die Pendel zeitlich hintereinander angestoßen wurden —, so würden wir auch hier den Eindruck einer Wellenbewegung haben. Daher spricht man bei den elektromagnetischen Schwingungen auch von elektro-magnetischen Wellen. Die Gesetze, die für diese gelten, müssen den Gesetzen jeder Wellenbewegung überhaupt natürlich gehorchen, und es wäre an uns, die Versuche zu machen, die die elektromagnetischen Schwingungen daraufhin prüfen, ob auch bei ihnen wie beim Licht eine totale Interferenz eintritt, ob auch bei ihnen wie beim Licht eine Reflexion durch Spiegel möglich ist oder nicht. Wir würden auch bei diesen Kontrollen alles bestätigt erhalten. Was ein Spiegel in der Optik, das ist für die elektromagnetischen Wellen eine leitende Fläche. Metallflächen lassen die Wellen nicht durch, sondern reflektieren sie. Dies müssen wir uns merken, da es auch praktisch von Wichtigkeit ist. In einem Blechkasten hat es also keinen Zweck, nach von außen kommenden Wellen zu suchen. Je besser jedoch ein Körper isoliert, um so besser läßt er die elektrischen Wellen passieren. Eine Fensterscheibe existiert also für die elektromagnetischen Radiowellen ebensowenig wie für die Lichtwellen.

Je stärker nun die elektromagnetischen Felder sind, um so leichter muß es sein, sie auch in größerer Entfernung nachzuweisen. Es handelt sich also darum: wie kann man die Felder verstärken? Je stärker die pendelnden Ströme sind, um so stärker werden die Felder sein — jeder weiß, daß die Klingel bei stärkerem Strom lauter klingelt; also das magnetische Feld ihrer Spulen stärker ist. Diese Verstärkung des Stromes werden wir natürlich nicht unendlich steigern können. Woraus sollen denn auch die Felder entstehen? Alles, was man auf der Welt machen will, kostet Energie, und bisher haben wir nur davon gesprochen, wie man die Dämpfung eines Schwingungskreises verringern kann und ihn dadurch mit einem Anstoße recht lange im Schwingen

erhält. Also, wir haben möglichst Energie gespart. Erhöhen wir also einmal die Verluste, und zwar auf eine Art und Weise, daß dafür stärkere elektromagnetische Felder entstehen. — Wenn bei dem Schwingungskreis der Abb. 20 das magnetische Feld zusammenbricht, so entsteht in der Selbstinduktionsspule der Gegenstrom, der den Kondensator aufladen würde. Zerreißen wir nun den Schwingungskreis und führen das eine Ende senkrecht nach oben, das andere Ende nach unten, so strömt die Elektrizität

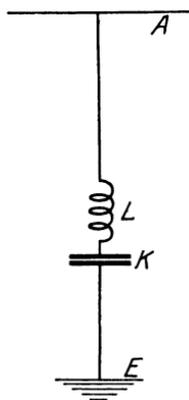


Abb. 23. Offener Schwingungskreis aus Kapazität K und Selbstinduktion L mit antennenartiger Verlängerung des einen Endes (A) und Erdung des anderen Endes (E).

quasi geschoßartig in die Drähte, kann aber nicht weiter, da kein Kondensator den Kreis schließt. Der Kondensator, wir hatten dies schon früher erkannt, hat aber die Eigenschaft, das Potential, d. h. die Spannung, herabzusetzen. In den freien Drahtenden (daher „offener“ Kreis) wird also das Potential in gewissem Sinne höher sein. D. h. das elektrische Feld, das entsteht, wird stärker. Es ist noch vorteilhafter, wenn man das untere Ende des Schwingungskreises an die Erde legt; dann wird der eine Kondensatorbelag maximal weit entfernt (Abb. 23). Eine solche Anordnung eines Schwingungskreises, der offen ist — ein Draht geht senkrecht in die Luft, der andere an die Erde —, das ist bereits eine Antennenanordnung. Wenn wir diesen sog. Antennenkreis durch einen Funken einmal anstoßen, so wird die Schwingung in ihm

wie bei dem einmal angestoßenen Pendel eine mehr oder minder gedämpfte sein. Wenn wir ihn aber während jeder Schwingung in dem richtigen Augenblick anstoßen, wie ein Uhrpendel, so wird die Schwingung eine ungedämpfte sein. Ganz wie beim Pendel wird es schwieriger sein, durch eine gedämpfte Schwingung deutliche Ausschläge bei einem Resonanzpendel zu erreichen, als wenn die Schwingung eine ungedämpfte ist und wir mehr Zeit zur Verfügung haben, um durch die dann zahlreicheren Impulse den Resonanzkreis allmählich hochzuschaukeln. — In die Antenne schießt also ein hochfrequenter Wechselstrom. Hochfrequenz besagt, daß viele Wechsel in der Sekunde stattfinden. Eine allgemein anerkannte Einigung darüber, was man

noch mit Niederfrequenz und was man schon mit Hochfrequenz bezeichnet, und was man schließlich noch mit Hochfrequenz bezeichnet, scheint mir noch nicht vorzuliegen. Von 16 bis höchstens 20 000 Schwingungen pro Sekunde empfindet das menschliche Ohr Schwingungen der Luft als Schall. Dieses Frequenzbereich wird vom deutschen Amateur mit Audiofrequenz oder Niederfrequenz bezeichnet. Die einfachste Bezeichnung dünkt mit Hörfrequenz zu sein. Wechselzahlen über 20 000 in der Sekunde bezeichnet man mit Hochfrequenz. Ultrahörfrequenz paßt sicher besser. Denn wenn wir die Frequenz der Schwingungen immer höher steigern, noch höher, als sie je in der drahtlosen Telegraphie oder Telephonie benutzt werden, so kommen wir in das Bereich der Wärmestrahlen und des Lichtes. Das sichtbare Licht ist vieltausendmal frequenter als die höchstfrequenten Wellen der Telegraphie. Hier spricht kein Mensch von höchstfrequenten Schwingungen, sondern man spricht von Licht und von ultraroten und von ultravioletten Strahlen. Es wäre daher das Gegebene, auch die Frequenzen der drahtlosen Telegraphie und Telephonie analog zu benennen. Nach dieser kleinen Abschweifung zurück zu dem „hochfrequenten Wechselstrom“, der dauernd in die Antenne schießt und dauernd von der Sendemaschinerie auf gleicher Amplitude gehalten wird. Seine Energie kann ganz beträchtlich werden. Hunderte von Pferdekräften können auf einmal in der Antenne spurlos für die Meßinstrumente verschwinden, so daß den Beobachter ein Staunen erfaßt, wo denn all die Ströme hingehen, die dauernd durch die Antennenampèremeter angezeigt werden. Sie eilen als Wellen in den Raum nach allen Seiten fort.

Wir brauchen uns nun mit unseren immerhin schon besseren Vorkenntnissen nicht mehr lange den Kopf zu zerbrechen, wie wir denn nun an irgendeinem Punkte des Raumes die Wellen nachweisen können, d. h. empfangen können. Wir bauen uns einen Schwingungskreis, den wir auf die gesuchte Welle durch eine variable Selbstinduktion oder durch einen variablen Kondensator oder durch beides auf die Frequenz der ankommenden Welle abstimmen. Wäre nun das ankommende Feld stark genug, so würde an einer Funkenstrecke unseres Kreises bei Resonanz ein Funke überspringen. Wir würden also Morsezeichen an einem oder an einer Serie von Funken erkennen können. Solche

starken Felder kann man auf größere Entfernung nicht erzeugen. Steht Sender und Empfänger in einem Zimmer, so mag der Versuch noch gehen. Aber die Wellen nehmen wie ihre Genossen, das Licht und der Schall, im Quadrate der Entfernung ab. In 10 km Entfernung kommt also nur noch der hundertste Teil der Energie in die gleich große Antenne wie in 1 km Entfernung. Wir müssen daher unsere Empfangsapparatur wesentlich empfindlicher gestalten. Erstens nehmen wir nicht einen Drahtkreis, sondern

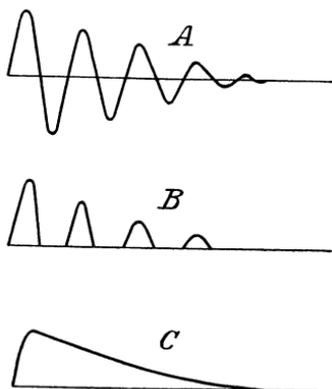


Abb. 24. Wirkung vom Detektor und Telephonkondensator. *A* gedämpfter Wellenzug in der Antenne; *B* derselbe hinter dem Detektor oder Gleichrichter; *C* derselbe im Telephon.

bauen eine möglichst hohe Antenne, damit unser erster oder offener Schwingungskreis mit den Wellen auf einer möglichst großen Fläche in Berührung kommt. Dadurch koppeln wir das wogende Äthermeer fester mit unserer Apparatur. Die Impulse, die wir erhalten, sind also größer, d. h. wir nehmen mehr Energie aus dem Äther auf. Dann nehmen wir nicht einen Funken als Indikator, sondern ein Telephon, welches schon sehr viel geringere Ströme unseren Sinnesorganen wahrnehmbar macht. In der Empfangsantenne fließt doch nun aber durch das Mitschwingen ein hochfrequenter Wechselstrom, d. h. die Membran des

Telephons zittert mehr als 20 000 Male in der Sekunde. Dies ist für uns kein Ton mehr. Das Telephon muß stumm bleiben¹⁾. Anders, wenn wir den Wechselstrom gleichrichten oder, was einfacher ist, die eine Phase desselben abdrosseln; dann erhalten wir gleichgerichtete Impulse. Diese können das Telephon schon beeinflussen. Die Impulse sind aber noch im hochfrequenten Rhythmus abgehackt; zum Ausgleich schalten wir daher eine Kapazität, also einen Kondensator, dem Telephon parallel. Die Gleichstromimpulse laden dann den Kondensator²⁾ auf, und dieser entläd

¹⁾ Daß eine Telephonmembran so schnellen Schwingungen nicht folgen kann, möge hier unberücksichtigt bleiben.

²⁾ Bei langen Telephonschnüren kann die Kapazität derselben genügen, so daß der Telephonkondensator fortfallen kann.

sich durch das Telephon als Gleichstrom. Abb. 24 veranschaulicht die Wirkung. Die Gleichrichter werden in der drahtlosen Telephonie und Telegraphie mit dem Namen Detektor benannt, d. h. Entdecker; denn sie sind es ja, die das Ohr erst die Schwingungen entdecken lassen können. Die einfachste denkbare Empfangsanordnung ist also durch Abb. 25 gegeben. — Ein noch heute viel verwandter Detektor ist der Kristalldetektor, welchen Abb. 26 im Schema zeigt. Ein Mineral — Pyrit, Bleiglanz oder auch das synthetisch hergestellte Siliziumkarbid [Karbonund¹⁾ der Technik, wegen seiner Härte beliebtes Schleifmittel] — wird unter leichtem Druck von einer Metallspitze berührt. Die Berührungsstelle läßt dann den Strom nur in einer Richtung durch. Es sei hier extra betont, daß dieser Gleichrichter- oder Detektoreffekt nur bei sehr schwachen Strömen auftritt. Die Idee, sich hier einen Gleichrichter für die Akkumulatorenladung bauen zu wollen, ist praktisch undurchführbar.

Der offene Antennenkreis der Abb. 23 wird auf Grund seines innigen Kontaktes mit dem Äther leicht mitschwingen; er wird aber auch mitschwingen, wenn seine Abstimmung nicht genau stimmt (starke Kopplung). Wenn wir also eine Station suchen, so wird man mit der einfachen Antennenkreisschaltung empfangen. Wenn wir nun aber die Station eingestellt haben, so kann es sein, daß eine mit nicht sehr verschiedener Wellenlänge funkende Station mitgehört wird. Um dies zu vermeiden, müssen wir die ankommende Energie nochmals durch einen weiteren Schwingungskreis, der weniger Kontakt mit dem Äther hat, also schärfer abstimmbare ist, sieben. Diesen Kreis schalten wir zwischen Antenne und Empfangsapparat, daher heißt er Zwischenkreis. Ein Zwischenkreisempfänger gestattet bereits einen sehr sauberen Empfang,

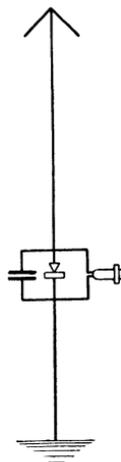


Abb. 25. Einfachste Empfangsanordnung. (Unabgestimmt.)

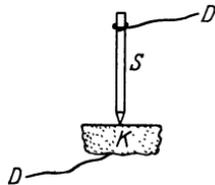


Abb. 26. Schema des Kristalldetektors.

K = Kristall,
S = Metallspitze.
D = Zuführungsdrähte.

¹⁾ Karborunddetektor erfordert Stromquelle von 1,5 Volt.

so daß für telephonische Zwecke ein dritter Kreis wohl keine Vorteile bringen dürfte. Der Zwischenkreis nimmt also die Energie aus dem Antennenkreis auf, er muß also mit dieser gekoppelt sein, um überhaupt mitzuschwingen zu können. Die Übertragung können wir nun einmal vornehmen in den Momenten, wo der Strom durch die Selbstinduktion fließt; dann müssen wir das Wechselfeld der Spule ausnützen und auf eine Spule des Zwischen- oder Sekundärkreises koppeln (induktive Kopplung), Abb. 27, oder wir

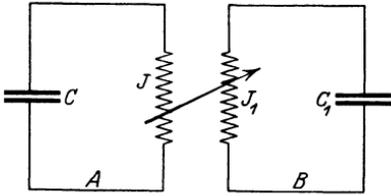


Abb. 27. Induktive Kopplung¹⁾.

C = Kapazität
 J = Selbstinduktion } des Kreises A,
 C_1 = Kapazität
 J_1 = Selbstinduktion } des Kreises B.

koppeln in dem Moment, wo der Strom einen Kondensator aufgeladen hat: dann koppeln wir durch einen Kondensator, und das ist eine kapazitive Kopplung (Abb. 28). Wie bei den Pendeln, können wir auch hier die Kopplung loser oder fester gestalten; je nachdem, ob wir durch einen kleinen oder durch einen großen Kondensator koppeln, je nachdem wir die Selbstinduktionsspulen der beiden Kreise einander nähern oder entfernen. Von galvanischer Kopplung spricht man, wenn direkte leitende Verbindung zwischen zwei Kreisen besteht. Nachdem wir nunmehr die Grundlage des Aussendens wie des Empfangens elektromagnetischer Wellen kennengelernt haben, wollen wir die weiteren speziellen Einzelheiten dem folgenden Kapitel überlassen und uns jetzt den Verstärkern zuwenden, welche einer kurzen theoretischen Würdigung bedürfen. Wir wollen versuchen, das Prinzip der Verstärkerröhren zu verstehen.

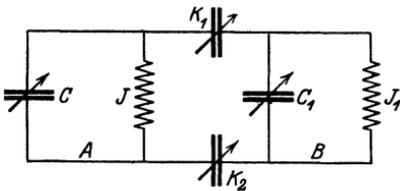


Abb. 28. Kapazitive Kopplung.

Der veränderliche oder abstimmbare Schwingungskreis $C A J$ ist mit dem zweiten Kreise $C_1 B_1 J_1$ durch die veränderlichen¹⁾ Kondensatoren K_1 und K_2 gekoppelt.

Der veränderliche oder abstimmbare Schwingungskreis $C A J$ ist mit dem zweiten Kreise $C_1 B_1 J_1$ durch die veränderlichen¹⁾ Kondensatoren K_1 und K_2 gekoppelt.

Wir wollen versuchen, das Prinzip der Verstärkerröhren zu verstehen.

Jede moderne Verstärkerröhre hat in ihrem Innern drei metallische Teile (Abb. 29). Abb. 30 zeigt schematisch die drei

¹⁾ Die Veränderlichkeit einer Größe, hier also der Kopplung, wird in den Schaltungschemen nach Übereinkunft durch einen Pfeil bezeichnet.

Metallteile. Einer dieser Metallteile *K* besteht aus einem Glühfaden, wie er sich in jeder elektrischen Birne befindet. Da er nicht zur Beleuchtung, sondern in diesen Röhren zur Heizung benutzt wird, so wird er mit Heizfaden bezeichnet. Jeder glühende Körper sendet Elektronen aus. Elektronen sind die Elementarteile der Elektrizität. Wenn wir sagen, daß in einem Flußbett Wasser ströme, so meinen wir damit, daß eine große Zahl von Elementarteilen des Wassers sich in diesem Flußbette fortbewegen. Wenn wir von einem elektrischen Strome sprechen, so heißt dieses, daß sich elementare Teile der Elektrizität, also Elektronen, im Drahte bewegen.

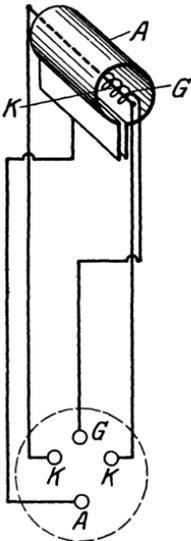


Abb. 29. Übliche Form der Röhrenteile moderner Verstärker- röhren.

Unten: Verteilung der Kontakte am Sockel. *G* = Gitter, *K-K* = Kathoden-Heizfaden, *A* = Anode.

Die Elementarteile der Elektrizität hat man sich als negativ geladen vorzustellen. Solche Teile werden also aus jedem glühenden Körper, also auch aus dem Glühfaden der Verstärker- röhre, herausgeschleudert. Sie fliegen aber directionslos im Raume der Röhre herum, daher spricht man von einer Elektronenwolke, Abb. 31 gibt ein Sinnbild einer solchen Wolke. Legen wir nun aber an den Heizfaden eine negative und an ein Blech (*A*) dem Heizfaden

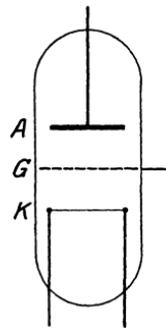


Abb. 30. Schema einer Verstärker- röhre.

A = Anode, *G* = Gitter, *K* = Heizfaden.

gegenüber eine positive, und zwar eine hohe Spannung, so sagt dies nichts weiter, als daß wir immer mehr Elektronen auf den Heizfaden pumpen und von dem Blech wegpumpen (auf dem Blech müssen sie ja an und für sich auch schon vorhanden sein, denn sonst könnte nicht jeder Körper beim Glühen welche aussenden). Die Elektronen werden also von dem Heizfaden weggedrückt und nach dem Blech — der Anode — gesaugt. Auch nach der alten Vorstellung von der Elektrizität können wir uns den Vorgang erklären. Die um den Heizfaden schwebende Wolke ist negativ geladen. Bringe ich jetzt auf den Heizfaden negative

Elektrizität und auf die Anode positive, so stößt der Heizfaden die Wolke ab, und die Anode zieht sie an. Auch so ergibt sich,

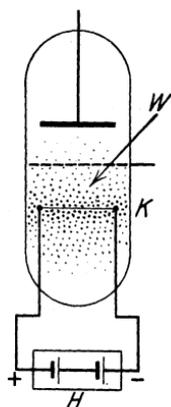


Abb. 31. Bildung der Elektronenwolke

W durch den von der Heizbatterie zum Glühen gebrachten Faden K .

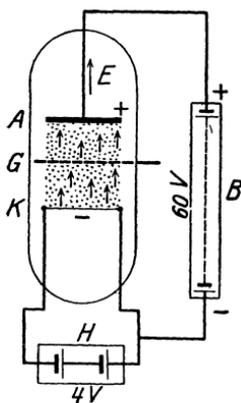


Abb. 32. Bildung des Elektronenstromes

E aus der Elektronenwolke durch die Anodenbatterie B .

daß nunmehr sich Elektronen von dem Heizfaden nach der Anode begeben, d. h. es fließt in dem Anodenkreise ein Strom (Abb. 32).

Damit nun diese Erscheinung ungestört abläuft, ist es nötig, daß das Vakuum in der Röhre ein äußerst hohes ist. Die Anwesenheit von Luftmolekülen würde stören, da dann die Elektronen beim Aufprall auf diese ganz andere Erscheinungen auslösen würden. Zwischen Heizfaden und Anode ist in den Röhren ein durchlöcherteres Blech angebracht, seiner ursprünglichen Form nach heißt es Gitter. Auch von ihm führt ein Draht nach außen.

Wenn wir durch diesen Draht das Gitter negativ aufladen, so werden die Elektronen, die von dem Heizfaden an dem Gitter vorbei nach der Anode wollen, von dem Gitter abgestoßen und zum Heizfaden zurückgedrängt.

Dies besagt, daß bei negativer Aufladung des Gitters der Strom im Anodenkreise verringert wird, ja bei genügend hoher Aufladung unterbrochen wird. Wenn wir das Gitter also richtig negativ aufladen, so wird ein dem Gitter überlagerter Wechselstrom mit seinen negativen Phasen ohne Einfluß auf den ja bereits durch die vorhandene negative Ladung unterbrochenen Anodenstrom bleiben. Während der positiven Phasen jedoch wird die vollkommene Bremswirkung des Gitters aufgehoben — es fließt also während der positiven Phasen im Anodenkreise ein Strom. Dies heißt aber nichts Anderes, als daß durch die negative Aufladung die Röhre eine Art Gleichrichter geworden ist, denn nur eine Phase

wirkt sich im Anodenkreise aus. Laden wir umgekehrt das Gitter positiv auf, so wird der Elektronenstrom beschleunigt — der Anodenstrom steigt an. Wir haben also mit der Elektronen-

oder Verstärkeröhre ein Mittel in der Hand, um durch Potentialdifferenzen auf dem Gitter den Anodenstrom im Rhythmus dieser Potentialdifferenzen zu steuern. Daher wird das Gitter auch Steuergitter genannt. Eine Vorrichtung, in welche Stromschwankungen hineingesandt werden und welche dann entsprechende Stromschwankungen in einem anderen Stromkreise hervorruft, wird in der Elektrotechnik mit dem Namen Relais belegt. Wir haben also in der Elektronenröhre ein solches Relais vor uns. Dieses hat aber gegenüber den sonst noch verwandten Relais den unübertrefflichen Vorteil, daß es praktisch ohne Masse ist. Die Elektronen, welche durch den Gitterstrom gesteuert werden, folgen allen Schwankungen mit absoluter Regelmäßigkeit. Daher können sie nicht nur den Schwingungen in Hörfrequenz, also denen der Musikstücke und denen der menschlichen Sprache folgen, sondern sie folgen auch den hochfrequenten Schwingungen praktisch ohne Verluste. Außerdem haben geringe Potentialdifferenzen auf dem Gitter beträchtliche Schwankungen des Anodenstromes zur Folge. Hiermit ist die Verstärkerwirkung verbunden. Die

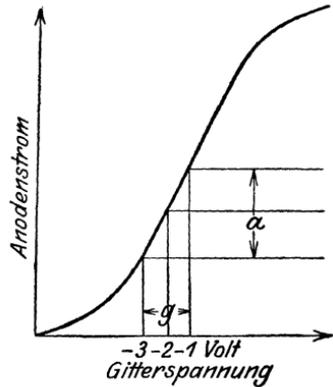


Abb. 33. Gitter-Anodencharakteristik.

Der Gitterspannungsschwankung g entspricht die verstärkte Anodenschwankung a .

Abhängigkeit des Anodenstromes von der Gitterspannung ist bei jeder Bauart der Röhre verschieden. Diese Abhängigkeit wird als eine Charakteristik der Röhre bezeichnet. Sie läßt sich am bequemsten durch eine Kurve darstellen, welche dadurch entstanden ist, daß man als horizontale Ortsbestimmung (Abszisse) eines Kurvenpunktes eine Gitterspannung wählt und als senkrechte Ortsbestimmung (Ordinate) die zugehörige Anodenstromstärke. Eine solche Kurve zeigt Abb. 33. Die Charakteristik der Röhre, ersieht man hieraus, ist nicht eine gerade Linie, sondern eine ansteigende Kurve. Der Teil der Kurve, der kurz hinter der Biegung unten folgt, ist ziemlich geradlinig. Auf diesem Teile der Charakteristik besteht also Proportionalität zwischen Gitterspannung und Anodenstrom. Hier

also steigt wirklich der Anodenstrom proportional zu der Gitterspannung. Wenn man also keine Verzerrung der Sprache haben will, so muß man die Röhre in diesem Teile ihrer Charakteristik arbeiten lassen, d. h. die Gitterspannung um die herum die aufgedrückten Potentiale schwanken, muß einige Volt minus betragen. Hier in diesem Teile der Charakteristik ist auch der steilste Verlauf der Kurve. D. h. den Gitterschwankungen entsprechen hier maximale Schwankungen des Anodenstromes; die Verstärkung ist hier also maximal. Für die Praxis ist es also von großer Wichtigkeit, sowohl für die gute als auch laute Wiedergabe, die Gitterspannung recht genau regulieren zu können. — Der Leser glaube nun nicht, daß er hiermit bereits eine Kenntnis von der Wirkung der Elektronenröhre vermittelt erhalten hat. Es gibt dort noch zahllose Dinge, die mit Recht aus dem Rahmen dieses Buches herausfallen, das Wesentlichste ist in obigen Zeilen gesagt. Eins nur sei noch hervorgehoben. Die Zahl der von dem Heizfaden abgegebenen Elektronen hängt von seiner Temperatur ab; je heißer er ist, um so mehr Elektronen werden ausgesandt. Legt man nun auch eine noch so hohe Spannung an die Anode, nie kann man mehr Elektronen zur Anode hetzen, als der Heizfaden herausläßt. Bei einer gewissen Höhe der Anodenspannung erreicht also der Anodenstrom einen Maximalwert, den Sättigungswert. Dann ist natürlich eine Beschleunigung des Elektronenstromes nicht mehr möglich. Es hat daher keinen Sinn, an eine Röhre mehr Spannung heranzulegen, als für ihre Dimensionen von der Fabrik angegeben worden ist. Andererseits hat es auch keinen Zweck, eine Röhre zu überheizen. Die Verstärkung nimmt hierdurch nicht zu, sondern ab; denn dann kann der Anodenstrom die Elektronenwolke nicht mehr bewältigen, und es herrscht übler Elektronentanz. Abgesehen davon hält eine Röhre das Überheizen nicht lange aus, und mit deiser teuren Zutat des Apparates ist größte Sparsamkeit am Platze.

Wir wollen nunmehr noch kurz wiederholen, worauf es bei der Verwendung von Verstärkerröhren ankommt.

1. Man arbeite auf dem richtigen Teile der Charakteristik der Röhre:
 - a) durch richtige Heizung,
 - b) durch richtige Anodenspannung,
 - c) durch richtige Gittervorspannung.

2. Man bringe auf das Gitter möglichst große Spannungsdifferenzen.

Lange genug ist nun die Geduld mit trockenen theoretischen Erörterungen auf die Probe gestellt. Wir wollen jetzt zu einigen praktisch wichtigen Schaltungsmöglichkeiten übergehen.

2. Schaltungen.

a) Einiges über Sendeschaltungen.

Wir haben die Möglichkeit des Aussendens elektromagnetischer Felder kennengelernt und auch gesehen, wie man durch Interferenz solche hochfrequenten Felder dem Ohre vernehmbar machen kann. Die Überlagerung fand am Orte des Empfanges mit einer etwas verschiedenen Welle statt. Es wäre nicht nötig, zu überlagern, wenn die Amplituden der Senderwelle in einem

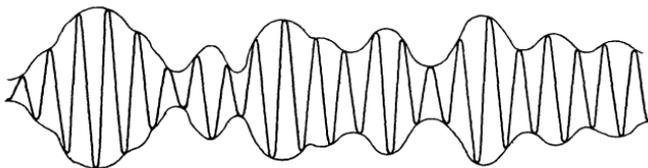


Abb. 34. Modulation der Grundwelle.
Links fast „ausgesteuert“.

hörfrequenten Rhythmus schwanken, denn dann würde der Telephonstrom auch in diesem Rhythmus schwanken. Würde man der Senderwelle die menschlichen Sprachschwingungen überlagern¹⁾, wie Abb. 34 veranschaulicht, so müßte die Sprache oder auch Musik im Empfänger zu vernehmen sein. Dies ist auch in der Tat der Fall und uns nach dem früher Besprochenen auch verständlich. Wie überlagert man nun einer hochfrequenten Welle die Sprachschwingungen? Um das zu verstehen, müssen wir uns erst etwas genauer mit den verschiedenen Möglichkeiten für das Aussenden der hochfrequenten Schwingungen befassen.

Das Aussenden von elektromagnetischen Schwingungen hatten wir im allgemeinen Teil bereits so weit kennengelernt, daß wir wissen, daß es sich technisch dabei um die Herstellung hochfrequenter Wechselströme handelt. Im elektrischen Funken

¹⁾ Diese Überlagerung im niederfrequenten Rhythmus der Sprache wird „Steuerung“ des Senders oder der Senderwelle genannt. Man spricht auch von Modulation der Hochfrequenzwelle, von Grundwelle und Modulationswelle.

hatten wir auch bereits eine gedämpfte elektrische Entladung kennengelernt. Auch heute ist der elektrische Funke das souveräne Mittel zur Erzeugung gedämpfter Schwingungen. Ursprünglich war er überhaupt die einzig bekannte Methode zur Erzeugung derselben. Jeder Funke hatte einen gedämpften Wellenzug zur Folge. Jede gedämpfte Schwingung hat im Empfänger ein Anziehen der Membran und beim Abklingen ein Wiederrückschnellen der Telephonmembran zur Folge. Der Ton, den wir beim Empfang gedämpfter Schwingungen hören, ist also abhängig von der Funkenanzahl, welche beim Sender erzeugt wird.

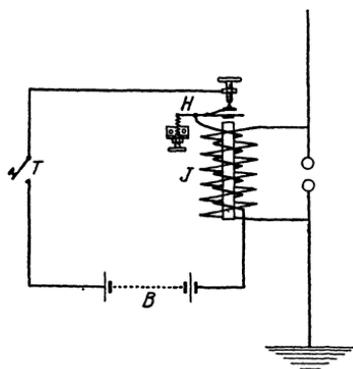


Abb. 35. Einfacher Marconi-Sender.

T = Taste, *B* = Batterie, *J* = Induktor, *H* = Wagnerscher Hammer.

Durch diese vorherrschende Rolle des Funkens hat sich die Benennung „Funkentelegraphie“ allgemein eingebürgert. Die ersten Marconischen Sender hatten nur eine Funkenfolge von 10—20 Funken in der Sekunde. Daher war ein Knattern im Telephon vernehmbar. Ein solches Knattern ist wegen seiner Ähnlichkeit mit Luftgeräuschen zur Telegraphie wenig geeignet. Die Schaltung eines solchen einfachen Marconie-Senders zeigt die Abb. 35. Als Energiequelle dient ein Funkeninduktor, der Gleichstrom zur Speisung benutzt. Die Antenne ist ein

einfach in die Höhe geführter Draht. Wenn, wie in der Abbildung, in die Antenne keine Abstimmittel eingefügt sind, so ist die Wellenlänge gleich der vierfachen Antennenlänge. Die Antenne ist an das eine Ende der Funkenstrecke gelegt, und die Erde liegt am anderen Ende. Ein Hauptfehler dieses Senders war darin zu suchen, daß die ausgesandten Schwingungen sehr stark gedämpft waren. Wie wir im allgemeinen Teil gesehen haben, ist dadurch die Abstimmungsmöglichkeit und Reichweite stark herabgesetzt. Daher war es bereits ein wesentlicher Fortschritt, als man die Schwingungen in einem Reservekreise nach dem Vorschlag von Braun speicherte, um sie durch eine variable Kopplung der Antenne zuzuführen. Gleichzeitig wurde die weniger gedämpft strahlende Schirmantenne eingeführt. Reichweite wie Abstimmung

wurden durch diese Anordnung beträchtlich vergrößert. Aber immer handelte es sich durch die langsame Funkenfolge noch um Knattertöne. Hier schuf Max Wien einen Fortschritt. Nicht mehr zwei einfache Metallkugeln, wie in Abb. 35, wurden zur Begrenzung der Funkenstrecke benutzt, sondern man ließ die Funken zwischen Kupferscheiben, welche isoliert in geringem Abstände voneinander aufgereiht waren, überspringen. Die Funkenzahl stieg hierdurch bis auf 1000 pro Sekunde, womit dann auf der Empfangsstation ein musikalischer, charakteristischer Ton entstand. Ferner war die Energie, welche man ausstrahlen konnte, durch diese sog. LösCHFUNKENSTRECKE vergrößert worden. Die großen Kupferplatten haben eine gute Kühlung der Funkenstrecke und damit ein schnelles Abreißen der Funken zur Folge. Die durch den kurzen Ruck an den Antennenkreis abgegebene Schwingungsenergie schwingt in diesem beträchtlich langsamer aus wie im Funken. Die Dämpfung wird daher geringer, und die Bezeichnung „Stoßfunken“ erklärt sich durch dieses Anstoßen des Antennenkreises, der dann nach seiner und nicht nach der Dämpfung des Erregerkreises ausschwingt. Durch diese Verbesserungen hat sich die Funkelegraphie im ursprünglichen Sinne des Wortes auch noch bis heute eine große Bedeutung bewahrt.

Das Problem, ungedämpfte Schwingungen zu erzeugen, löste zuerst 1902 Poulsen. Er benutzte als Schwingungserreger statt der Funkenstrecke einen Lichtbogen. Die Energie, die der Lichtbogen durch die Schwingungsabgabe verliert, wird durch den Speisestrom des Bogens immer von neuem ersetzt, wie die Pendelverluste bei der Uhr durch die Federkraft. Der Lichtbogen springt jedoch nicht von selber an. Man kann ihn daher nicht in dem schnellen Rhythmus der Morsezeichen unterbrechen und einschalten. Daher sendet man kontinuierlich Schwingungen aus und schaltet beim Senden der Zeichen einen Teil der Selbstinduktion des Antennenkreises kurz, so daß die Wellenlänge entsprechend dem Auf- und Niedergehen der Taste von einem größeren auf einen kleineren Betrag springt. Der Empfänger ist dann auf die kleine Welle abgestimmt. Würde er auf die größere abgestimmt sein, so würde er in einem Dauerton die Morsezeichen als Zwischenraum, d. h. als Stille erkennen lassen.

Bedeutend größere Energien kann man mit sog. Hochfrequenzmaschinen herstellen. Sie unterscheiden sich prin-

ziell nicht von einer Wechselstromdynamo. Durch Vergrößerung der Umlaufgeschwindigkeit und Erhöhung der Anzahl der an der Peripherie befindlichen Pole versucht man die Frequenz des resultierenden Stromes zu steigern. (Eine Dynamomaschine erzeugt Elektrizität durch Induktion; wie wir im theoretischen Teil sahen, kann man durch Bewegung einer Spule im Bereich einer anderen Strom erzeugen, wenn eine derselben stromdurchflossen ist. Bei der Annäherung floß der Strom umgekehrt als bei der Entfernung. Nähert sich also eine Spule des Rotors [rotierender Teil der Dynamo] einer Spule des Stators [feststehender Teil der Dynamo], so entsteht ein Strom in entgegengesetzter Richtung wie bei der Entfernung.) Bei jedem Polvorbeigang entsteht also ein Stromwechsel. Bei 100 Drehungen in der Sekunde und 100 Spulen an der Peripherie würde also ein Wechselstrom von 10 000 Perioden entstehen. Fressenden und Alexanderson ist es gelungen, Maschinen bis zu 100 000 Wechseln in der Sekunde zu bauen. Auf Long Island in Amerika laufen einige dieser Maschinen. Bei der deutschen Großstation Nauen benutzt man Maschinen, deren ursprüngliche Frequenz geringer ist, die also eine größere Grundwelle haben. Durch magnetisch gesättigte Eisentransformatoren gelingt es, diese Grundfrequenz zu verdoppeln. Die verdoppelte Frequenz kann man durch einen weiteren Transformator abermals verdoppeln, so daß man auch in das Bereich mittlerer Wellen kommt. Mit jeder Frequenzhochtransformierung sind Verluste verbunden. Es ist daher fraglich, ob sich die Maschinensender gegenüber den nunmehr hier zur kurzen Besprechung kommenden Röhrensendern auf die Dauer werden halten können. Zwar kann man heute mit den Röhrensendern noch nicht so große Energien beherrschen wie mit den Maschinen. Die Fortschritte sind aber in dieser Hinsicht sehr ermutigend, und theoretisch steht der Möglichkeit nichts im Wege. Die Röhren haben zur Zeit den Nachteil, eine viel zu geringe Haltbarkeit zu haben. Bei Empfangsröhren ist dieser Übelstand zum Teil schon beseitigt, bei Senderöhren noch nicht. Bei Röhrensendern hat es keine Schwierigkeiten, auf jede gewollte Wellenlänge fast augenblicklich überzugehen. Diese Möglichkeit besteht beim Maschinensender nicht.

Die Wirkung der Elektronenröhre bestand darin, daß im Anodenkreise Schwingungen in demselben Rhythmus entstehen,

wie sie im Gitterkreise der Röhre zugeführt werden — mit dem einzigen Unterschiede, daß die Schwingungen im Anodenkreise erheblich verstärkt sind. Führe ich nun die verstärkten Schwingungen des Anodenkreises auf den Gitterkreis zurück, so laufen sie nochmals durch die Röhre und werden abermals verstärkt. Die nun bereits zweimal verstärkten Schwingungen gehen wieder auf den Gitterkreis über, und so fort, bis sich die Amplitude der Schwingungen maximal hochgeschaukelt hat. Das System schwingt jetzt selbst mit einer Frequenz, die von der Kapazität und Selbstinduktion des Anoden- und des Gitterkreises abhängen wird. Diese Überführung der verstärkten Anodenschwingungen zurück auf den Gitterkreis nennt man allgemein Rückkopplung. Die Rückkopplung führt also, wie wir sehen, zum Selbstsenden der Apparatur. (Näheres vgl. unter „Rückkopplung“.) Die Röhre sendet ungedämpfte Schwingungen aus, da ja der Gitterkreis die Schwingungsenergie, die er verliert, immer wieder aus dem Anodenkreise ersetzt erhält. Eine solche rückgekoppelte Röhre ist als Sender zu benutzen. Die Taste wird in den Anodenkreis eingeschaltet, wie Abb. 36 zeigt.

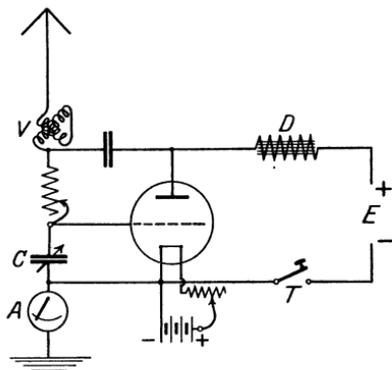


Abb. 36. Einfache Röhrensenderschaltung.

V = stetig veränderliche Selbstinduktion (Variometer) im Antennenkreise,
 C = kapazitive Rückkopplung,
 A = Amperemeter,
 D = Drosselspule mit Eisenkern,
 E = Gleichstromquelle,
 T = Taste.

Bisher haben wir mehr oder minder nur von Morsezeichen gesprochen, und es ist nunmehr an der Zeit, auch die Besonderheiten bei der Telephonie zu würdigen. Gedämpfte Wellen scheiden von vornherein aus, denn sie selbst schwanken bereits in einem niederfrequenten, d. h. hörbaren Rhythmus. Für Telephonie kommt daher zum Senden nur der Lichtbogensender und der Röhrensender in Frage. Bei dem Maschinensender läßt sich vorerst noch schwer vermeiden, daß die Grundwelle rein und konstant ist. Welchen Sender wir nun auch benutzen, gleichgültig, ob es sich darum handelt, zu telegraphieren oder zu telephonieren, die Schwierigkeiten werden immer größer, je größer die Sende-

energien werden. Es ist absolut nicht so einfach, Energien von vielen hundert Pferdekraften im Rhythmus der Morsezeichen gewissermaßen tanzen zu lassen. Durch eine Handtaste lassen sich diese Ströme nicht unterbrechen und schließen. Jedoch wird man durch Relais dieser Schwierigkeit Herr. Wenn es sich aber darum handelt, die ausstrahlende Energie gar im Rhythmus

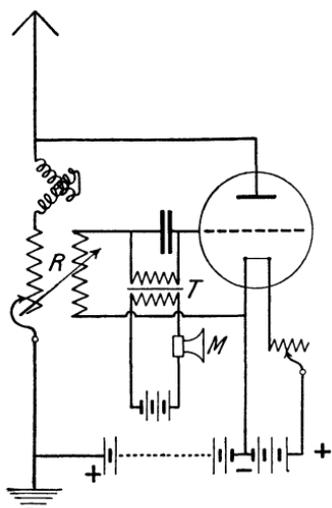


Abb. 37. Telephoniesender
(sogenannte Gitter-
besprechung).

R = Induktive Rückkopplung,
 T = Transformator,
 M = Mikrophon.

der Schwingungen der menschlichen Sprache zu steuern! da sind die Mißerfolge noch schwerer zu umgehen. Man hat aber auch hierin schon erhebliche Fortschritte gemacht. Die Schwingungen werden im allgemeinen durch ein Mikrophon aufgenommen, welches in seinem inneren Aufbau im Prinzip dem der Drahttelefonie gleicht und daher auch die Fehler der Mikrophone besitzt. Diese Fehler konzentrieren sich in den Eigenschaften der Membran, welche sich nicht so herstellen läßt, daß sie wirklich allen Schwingungen im akustischen Bereiche gleich gut folgt¹⁾. Die Abb. 37 gibt eine Schaltungsmöglichkeit für das Mikrophon, wenn es sich um kleine Sendeenergien handelt. Bei größeren Energien werden die Mikro-

phonströme erst durch einen Röhrensatz verstärkt und dann der Sendeapparatur überlagert. In diesem letzteren Falle spricht

¹⁾ Es sei erwähnt, daß man in der letzten Zeit diese Fehler des Mikrophons durch die Verwendung des Kathodophons umgangen hat. Dieses Instrument ist eine Art gitterloser Elektronenröhre; also eine sog. Glühkathodenröhre, jedoch ist zum Unterschied zu jener gar keine Evakuierung vorhanden. Ein Heizfaden — Nernststift — glüht vor der Öffnung eines Schalltrichters. Zwischen Schalltrichter und Faden wird eine hohe Spannung gelegt. Es findet durch die vom Heizfaden fortgeschleuderten Elektronen eine Ionisation der Gasstrecke zwischen Fäden und Trichter statt. Diese Ionisation wird durch die Schallwellen beeinflußt, daher schwankt der Strom in dem Hochspannungskreise genau im Rhythmus der Schallwellen.

man von Fremdsteuerung des Senders, während die Schaltungen, bei welchen die hochfrequenten Ströme direkt gesteuert werden, hierzu den Gegensatz bilden.

b) Empfangsschaltungen.

Jeder Aufnahmeapparat für elektromagnetische Schwingungen muß nach unseren früheren Ausführungen bestehen aus 1. dem abgestimmten Antennenkreise, 2. einer Gleichrichtervorrichtung, 3. einem Indikationsinstrument — dem Telephon. Hierzu treten nun für bessere Abstimmzwecke evtl. ein Zwischenkreis, ferner Verstärkereinrichtungen, die entweder vor der Gleichrichtung die hochfrequenten Schwingungen verstärken oder nach der Gleichrichtung die in Hörfrequenz erfolgenden Schwingungen verstärken. Für eine große Empfangsapparatur wäre die Reihe also folgende: Abgestimmter Antennenkreis, abgestimmter Zwischenkreis, Hochfrequenzverstärker, Gleichrichter, Niederfrequenzverstärker, Telephon.

α) Abstimmelemente.

Schaltung bei Empfang mit offenem Schwingungskreise. Dieser besteht aus der Antenne als solcher und den Abstimmmitteln, welche in einer Selbstinduktion und einer Kapazität bestehen. Will man ein großes Wellenbereich beherrschen, so empfiehlt es sich, beide variabel zu gestalten. Beschränkt man sich nicht auf einen der an besonderer Stelle beschriebenen einfachen Kristalldetektorempfänger, so wird man eine der Abstimmmöglichkeiten kontinuierlich variabel machen. Üblicherweise wird bei den käuflichen Apparaten die kontinuierliche Veränderung meist durch einen Drehkondensator, also durch eine veränderliche Kapazität, bedingt. Bei Benutzung eines der beschriebenen Variometer stimmt man durch kontinuierliche Veränderung der Selbstinduktion fein ab (z. B. beim Sender der Abb. 36 durch V). Die Variometer sind leichter zu bauen wie die Kondensatoren. Gleichgültig, ob man mit Variometer oder Drehkondensator die Feinabstimmung beherrschen will, wird man außerdem eine stufenweise veränderliche Selbstinduktion anwenden, wie wir sie in den käuflichen Honigwabenspulen vor Augen haben. Dem Amateur, der nicht diese Honigwabenspulen kaufen will, ist nicht zu raten, das Prinzip der Steckbuchenspule

anzuwenden, es sei denn, daß er eine Drehbank besitzt. Die selbstgebaute Drehkondensatoren werden oft an dem Übelstande kranken, daß ihr Kapazitätsbereich nicht sehr groß ist — ein Übelstand, der in gleichem Maße den Vorteil der leichten Feineinstellung mit sich bringt. Je kleiner aber das Bereich der kontinuierlichen Variation in dem Schwingungskreis ist, um so feiner

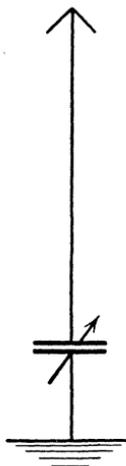


Abb. 38.



Abb. 39.



Abb. 40.

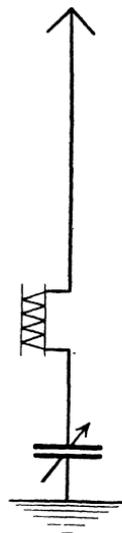


Abb. 41.

Antennenkreisschaltungen.

Abb. 38 mit kontinuierlich (stetig) veränderlicher C (Kapazität).

Abb. 39 mit kontinuierlich variabler Selbstinduktion L .

Abb. 40 mit sprungweise und kontinuierlich variabler L .

Abb. 41 mit sprungweise veränderlicher L und kontinuierlich variabler C . Zum Empfang kurzer Wellen, daher „Kurz“-Schaltung genannt.

müssen wir die stufenweise veränderliche Selbstinduktion unterteilen. Gehen wir daher nach dem Prinzip der Honigwabenspulen des Handels vor, so werden wir viel zu zahlreiche Spulen benötigen. Daher empfiehlt es sich, unterteilte Spulen zu verwenden. Wie solche unterteilten Spulen herzustellen und zu montieren sind, ist an anderer Stelle geschildert. Hier sei bereits darauf hingewiesen, daß zwei unterteilte Honigwabenspulen oder Spulen anderer freistehender Windungsart nicht nur durch evtl. Unterkontakte, sondern bei drehbarer Anordnung auch durch

ihre Selbstinduktionsvariation die Wellenlänge verändern. Sie sind daher eine für den Amateur sehr brauchbare Einrichtung.

Nach dem Gesagten sind die Antennenschaltungsschemen der Abb. 38—42 ohne weiteres verständlich.

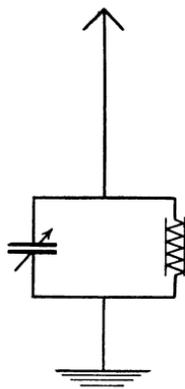


Abb. 42. „Lang“-Schaltung.

L und C der Abb. 41 in Parallelschaltung¹⁾ (Schwungradschaltung) zum Empfang langer Wellen.

Die Schaltung Abb. 42 wird mit „lang“ bezeichnet, weil man mit ihr längere Wellen aufnehmen kann wie bei Serienschaltung der gleichen Kapazitäten und Selbstinduktion. Sie empfiehlt sich auch nur für lange Wellen, da bei kurzen die Verluste in der durch die Selbstinduktion ja direkt geerdeten Antenne groß sind. Ein einfacher Umschalter erlaubt beide Schaltungsmöglichkeiten (Abb. 43).

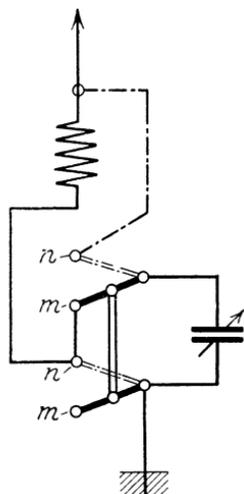


Abb. 43. Antennenkondensator

bei $m m$ in Serie bei $n n$ (— . — gezeichnet) parallel zur Selbstinduktion (nach E. Nesper).

Von dem Antennenkreis

soll die Energie nun in dosierbarer Höhe auf einen Zwischenkreis übertragen werden. Die Kreise müssen gekoppelt werden.

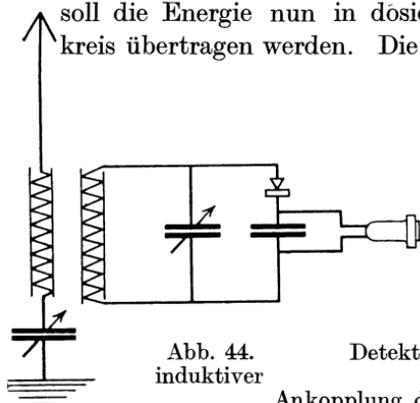


Abb. 44. induktiver

Detektorempfänger mit Ankopplung des Zwischenkreises.

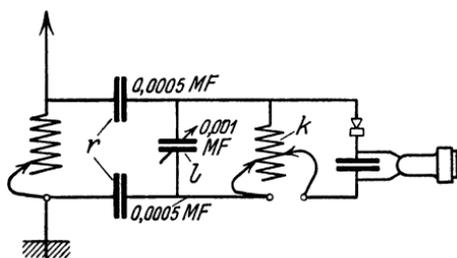


Abb. 45. kapazitiver

Wenden wir die schon an anderer Stelle (Abb. 27 und 28) besprochenen Kopplungsmöglichkeiten an, so resultiert die Schaltung 44 und 45, in welchen ein Kristalldetektor als Gleichrichter

¹⁾ Vgl. S. 68.

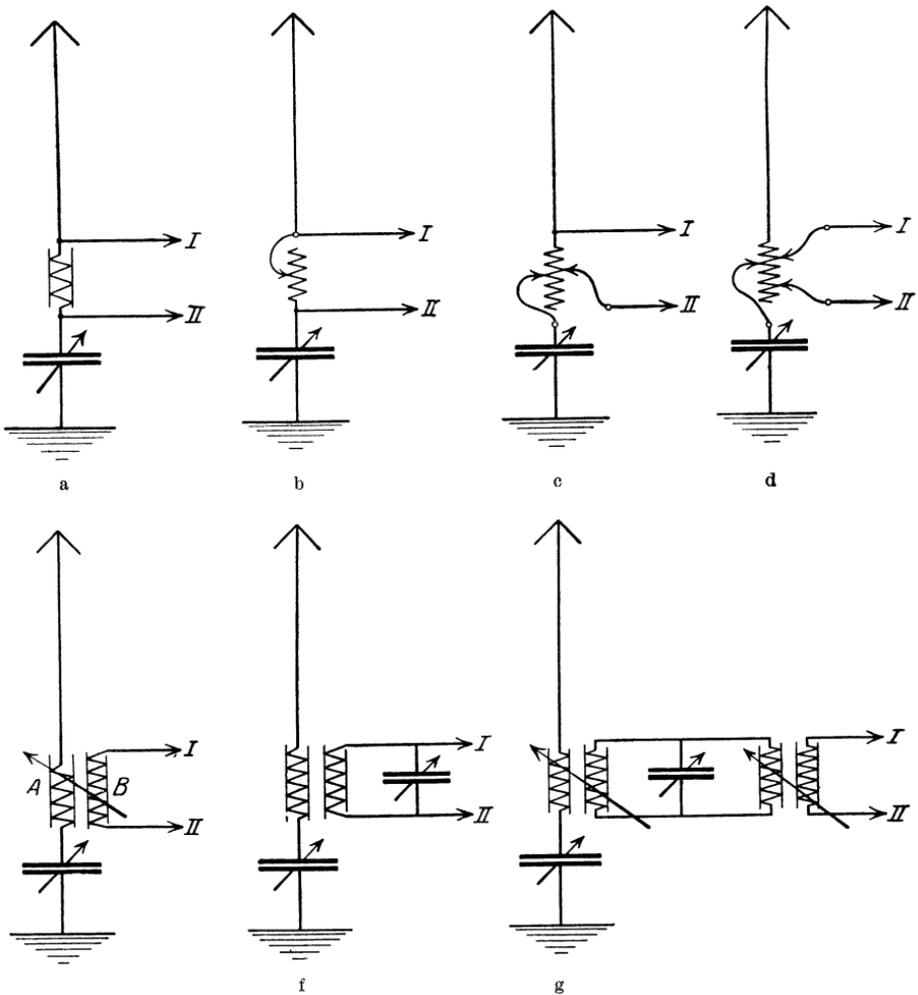


Abb. 46 a—g. Schaltung der Abstimmeelemente.

- a Detektor und Telefon sind fest an die Drähte *I* und *II* der Selbstinduktion angekopfelt.
- b Die Selbstinduktion besteht aus einer Schiebepule (oder sonst irgendwie bereits feiner einregulierbaren unterteilten Spule). Die variable Kapazität kann also klein sein, während sie bei Schaltung 46 a, die als Selbstinduktion gedachten Honigwabenspulen überlappen muß (bei käuflichen 1000 cm).
- c und d Der Detektor ist mit weiteren Kontakten an der Schiebepule variabel angekopfelt.
- e Induktive Ankopplung des Detektors. Auch hier läßt sich die Ankopplung des Detektors weiterhin verändern. Sowohl für *A* als *B* können Schiebepulen verwendet werden.
- f Induktiv gekoppelter Zwischenkreis (vgl. Abb. 44). Dieser hat bereits gute Abstimm-schärfe und dürfte für alle Amateurzwecke die Schaltung der Wahl sein.
- g Induktiv gekoppelter Zwischenkreis mit abermals induktiv angekoppeltem Detektor. Durch Zwischenschalten einer variablen Kapazität zwischen *I* und *II* analog wie in Abb. 46 f erhielt man einen Tertiärempfang.

angenommen ist. Die Schwingungen können aber auch einem Röhrengitter überlagert werden. Im Anodenkreis dieser Röhre liegt dann der Gleichrichter oder eine weitere Röhre zwecks weiterer Hochfrequenzverstärkung. Hinter die gleichgerichteten Hochfrequenzschwingungen, also an die Telephonbuchsen, können wir einen der für sich besprochenen Niederfrequenzverstärker schalten.

Für die Schaltungen der Abstimmittel geben die Abb. 46 a—g eine bessere Übersicht als Worte. Für die induktiven Kopplungen (*A--B* in Abb. 46 e) läßt sich ein Variometer benutzen.

Der Kondensator des Antennenkreises kann in allen Schaltungen entsprechend der Abb. 42 der Antennenselbstinduktion parallel geschaltet werden, um lange Wellen zu empfangen.

Ferner sei an die Abb. 28 erinnert, welche durch Einsetzen in die Abb. 46 e—f die entsprechenden kapazitiv gekoppelten Zwischenkreisempfänger ergeben.

Zunächst sind weniger selektive Schaltungen zusammengestellt, sie werden nach unten zu immer besser abstimmbare und optimaler einregulierbar. Die Pfeile *I* und *II* nach rechts in den Zeichnungen geben die Drahtführungen an, an welche der Gleichrichter und das Telephon kommen. Zwischen diese beiden Drähte kann also das Gitter und die Kathode einer Röhre kommen oder irgendein Kristalldetektor. (In Schaltung der Abb. 47 und 48.) Bei Röhren würde das Telephon in den Anodenkreis der Röhre gehören, bei Kristalldetektoren liegt es in Serie zum Detektor.

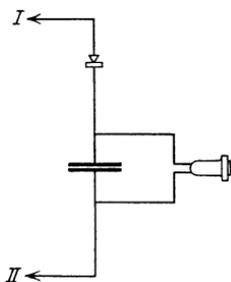
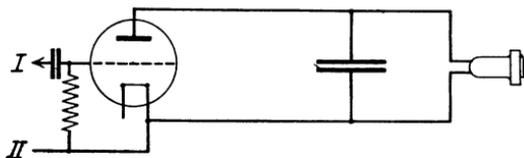


Abb. 47.

Lage von Telephon und Telephonkondensator im Detektorkreise

Abb. 48¹⁾.

Anodenkreise.

Wird als Detektor eine Röhre benutzt, so kann auf jede der Induktionsspulen, welche in den Abbildungen angegeben sind, zurückgekoppelt werden. Verwendet man Honigwabenspulen, so

¹⁾ Die Anodenbatterie ist fortgelassen.

legt man eine in den Antennenkreis, die zweite in den Zwischenkreis, und mit der dritten koppelt man auf die Antennen oder Zwischenkreisspule zurück¹⁾. Es läßt sich auch leicht ein Variometer verwenden. Hierzu werden in dem großen Spulenzylinder zwei kleine drehbare Spulen angebracht (s. auch unter Variometer).

Schaltung der Abstimmeelemente bei Empfang mit geschlossenem Schwingungskreise. Bereits S. 26 haben wir zwischen den Zeilen erfahren, daß die Rahmenantenne eine bessere Abstimmung gibt, und daß hierfür ein Grund auch in der geringeren Kopplung zu suchen ist, durch welche sie mit den Ätherschwingungen verbunden ist. Ein Hauptgrund ist jedoch überhaupt durch den geschlossenen Schwingungskreis als solchen gegeben, welcher nicht auf die elektrische Komponente des ankommenden elektromagnetischen Feldes reagiert, sondern auf die magnetische. Hier bei der Rahmenantenne wird uns daher das ganze Prinzip der drahtlosen Nachrichtenübermittlung sehr gut nochmals klar. Der Sender erzeugt unter anderem ein magnetisches Wechselfeld; wir bringen in dieses magnetische Wechselfeld eine Spule, und genau so, wie wir es bei den einfachen Induktionsversuchen kennengelernt haben, entsteht durch die Wechsel des Feldes in der Spule ein Wechselstrom entsprechender Frequenz, welcher zwar nur bei Resonanz der Schwingungskreise eine solche

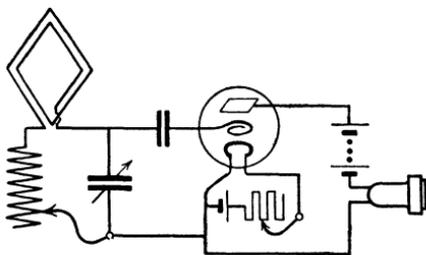


Abb. 49. Typische Rahmenempfangsschaltung.

Größe erreichen kann, daß er leicht nachweisbar wird. Die Energie, welche dem magnetischen Felde durch die Rahmenantenne entzogen wird, ist bei den üblichen Abmessungen dieser Spulen eine geringe, man muß daher, um gleiche Lautstärke zu erzielen, bedeutend höher verstärken. Wie wir aber

auch bereits wissen, ist die Induktion durch ein magnetisches Wechselfeld in einer Spule abhängig von der Lage der Draht-

¹⁾ Der Anfänger kloppe immer auf den Zwischenkreis zurück, damit die Strahlung bei falscher Bedienung nicht zu groß werde. Sehr gut wirksam ist auch die Rückkopplung auf den Sperrkreis der ersten Röhre, wobei die Sendefahr ganz gering ist.

windungen der Spule im Felde. Hierauf beruht die Richtwirkung der Rahmenantenne. Durch diese Richtwirkung, welche bedingt, daß die Rahmenantenne nur mit einem Teil der im Äther vorhandenen Felder gekoppelt ist, wird nur ein Teil der vorhandenen Störungen aufgenommen. Der Empfang ist daher störungsfreier und erlaubt eine größere Verstärkung.

In allen bereits besprochenen Schaltungen, in welchen bereits ein geschlossener Schwingungskreis vorhanden ist, also z. B. die induktiv gekoppelte Zwischenkreisschaltung der Abb. 46 f und g, kann man sich die Selbstinduktion der Schiebe-, Honigwaben- oder Variometerspule durch die Selbstinduktion einer Rahmenantenne ersetzt denken.

Es resultiert daraus dann die einfache Rahmenempfangsschaltung Abb. 49. Abb. 50 gibt eine Empfangsschaltung, welche sich besonders für kurze Wellen eignet. Der Rahmen in Abb. 50 ist in der Mitte angezapft. Die Rückkopplung wird durch einen variablen Gitterkondensator vom Sperrkreis der ersten Röhre reguliert (siehe weiter unten).

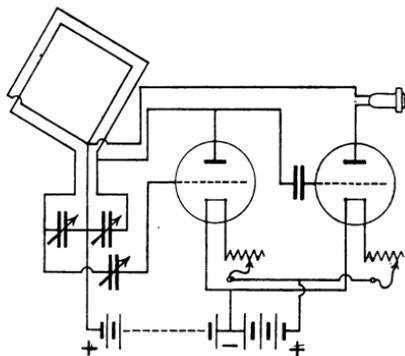


Abb. 50. Rahmenempfang für kurze Wellen.

β) Die Hochfrequenzverstärkung.

Die Hochfrequenzverstärkung ist diejenige, welche dem sorgfältigen Amateur beim Selbstbau die geringeren Ausgaben und Schwierigkeiten machen wird. Leider ist es nicht möglich, die Zahl der Hochfrequenzröhren beliebig zu vermehren. Durch die schließlich resultierende ganz enorme Verstärkung lassen sich unfreiwillige Rückkopplungen nicht vermeiden. Dieselben haben nicht nur zur Folge, daß dadurch ein geordneter Funkverkehr unmöglich gemacht wird, sondern sie schließen evtl. eigenen Telephonieempfang ganz aus. Man darf daher im Apparate nur ein Minimum von versteckten Rückkopplungen haben. Wenn man zurückkoppeln will — man vergesse nicht, alle Punkte des Absatzes über Rückkopplungen zu beherzigen —, so muß man diese Rückkopplung

bewußt an einer Stelle des Apparates lokalisieren, damit man sie stets in der Gewalt hat. Wer in bezug auf die Störung des eigenen und fremden Empfangs sicher gehen will, wird wohl zur Vermeidung derselben bei mehrfacher Hochfrequenzverstärkung durch Verbleien der Drähte od. dgl. besondere Arbeit verwenden müssen. Über 3 Röhren in der besprochenen Kaskadenschaltung wird man doch nicht gehen. Wer die Röhren in einzelne Kästen gebaut hat oder zu bauen gedenkt, wird vielleicht auch beim Selbstbau bis zu 4 Hochfrequenzröhren gehen können.

Die Röhre mit ihren wichtigsten Eigentümlichkeiten haben wir bereits kennengelernt. Um Hochfrequenzschaltungen aus-

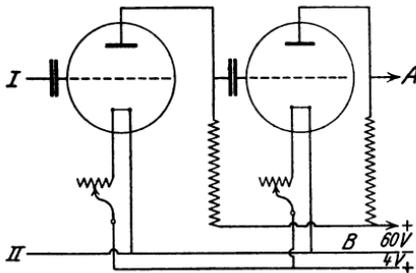


Abb. 51. Hochfrequenzverstärkung mit Widerstandskopplung.

zuführen, müssen wir uns also bloß noch darüber klar werden, wie wir von einer Röhre die Energie zu der nächstfolgenden übertragen. Zunächst ist klar, daß wir stets die Schwingungen des Anodenkreises der letzten Röhre auf das Gitter der folgenden bringen müssen. Dabei haben wir zu berücksichtigen, daß erstens das

Gitterpotential die richtige Höhe hat, und zweitens, daß die übertragenen Stromschwankungen recht groß sind. Die Anode jeder Röhre ist immer von der Batterie auf ein hohes positives Potential geladen, dieselbe darf also nie in direkte Verbindung mit dem Gitter der folgenden Röhre kommen, welches ja kein Anodenpotential erhalten darf. Vor das Gitter schaltet man daher einen Kondensator kleiner Kapazität, 100–300 cm. Dieser läßt den Gleichstrom nicht durch, jedoch den hochfrequenten Wechselstrom. Die Anode der Röhre steht nun aber mit der Anodenbatterie und über diese mit der Kathode in guter leitender Verbindung. Um hier eine möglichst hohe Spannungsdifferenz abgreifen zu können, müssen wir in den Anodenkreis zwischen Batterie und Ableitung zum Gitter der folgenden Röhre einen Widerstand einfügen, welcher in seiner Größe möglichst so groß sein soll wie der Widerstand der Röhre zwischen Kathode und Anode. Die Größe dieses Widerstandes

wird in der Praxis einige hunderttausend Ohm betragen. Solche Widerstände nennt man Hochohmwiderstände, und diese Übertragungsart auf die folgende Birne nennt man Widerstandsübertragung. Sie ist eine häufig angewandte. Ihr Schema für zweifache Hochfrequenzverstärkung gibt die Abb. 51, aus welcher wir gleichzeitig entnehmen, daß der Heizwiderstand am praktischsten in den positiven Heizdraht gelegt wird, während der negative direkt zum Glühfaden geht. Abb. 52 gibt dieselbe Schaltung, nur sind die Glühfäden über einen Widerstand versorgt. Dies wird als Sparschaltung bezeichnet, da der Stromverbrauch etwas geringer; dafür muß man aber auf die individuelle Einregulierung jeder einzelnen Röhre verzichten. Bei der Niederfrequenzverstärkung und bei der letzten Hochfrequenzröhre, welche gewöhnlich gleichzeitig als Gleichrichter — Audion — geschaltet ist, ist jedoch ratsam, einen besonderen Heizwiderstand zu benutzen. Bei beiden obigen

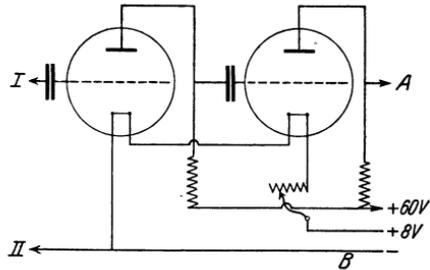


Abb. 52. Sparschaltung.

Schaltung der Abb. 51. Die Heizfäden jedoch in Serie geschaltet.

Hochfrequenzverstärkern kommen an I und II die entsprechenden Drähte von den Abstimmeelementen. Von A und B geht es zum Gleichrichter, der auch ein Kristalldetektor sein kann.

Die soeben besprochene Vergrößerung der Potentialdifferenz, welche der folgenden Röhre überlagert werden soll, stellt nun nicht den einzigen Modus dar. Für manche Fälle arbeiten Drosselspulen statt der Hochohmwiderstände besser. Erstens kann man denselben auch einen immerhin nennenswerten Widerstand geben, so daß eine Widerstandsverstärkung auch in Rechnung geht. Wichtiger aber ist, daß sie für den Wechselstrom durch ihre große Selbstinduktion einen sehr großen Widerstand darstellen, ihn gewissermaßen stauen und nur nach dem Gitter abfließen lassen. Leider sind solche Spulen für verschiedene Frequenzen verschieden durchgängig, so daß man sich am besten verschiedene herstellt [Draht 0,05 mm \varnothing ¹⁾]. Die

¹⁾ Will man mit einer Spule ein größeres Wellenbereich abdrosseln, so verwende man Widerstandsdraht (Nickelin usw.), wodurch die Dämpfung der Spule vergrößert wird.

Übertragung kann nun weiterhin durch sog. Hochfrequenztransformatoren geschehen. Dies sind Spulen, welche keinen Eisenkern haben (Kern nur für sehr lange Wellen). Die Spulen der Transformatoren können in abgestimmten Kreisen liegen, die Übertragung ist dann besser, und es empfiehlt sich besonders die Abstimmung wenigstens der Gitterkreise. Andererseits ist die Abstimmung mit Schwierigkeiten verknüpft, die lange Zeit und große Fertigkeit zur Einstellung erfordern. Abb. 53 gibt die Übertragung unabgestimmt (aperiodisch) mittels eines Hochfrequenztransformators, wobei man natürlich, wenn man schon transformiert, in die Höhe transformieren kann. Abb. 54 gibt die Übertragung durch zwei abgestimmte (periodische) Kreise. Wegen der besprochenen Mängel ist die Schaltung für Amateurzwecke weniger geeignet und wurde nur der Vollständigkeit halber erwähnt, weil sie für kompliziertere, sehr gute Schaltungen erforderlich ist.

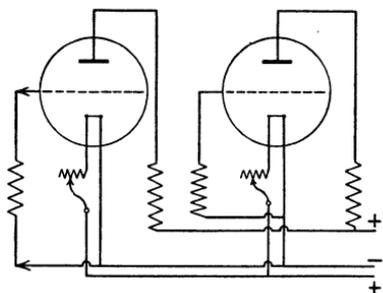


Abb. 53. Hochfrequenzübertragung. Durch unabgestimmte (aperiodische) Transformatoren.

In ähnlicher Weise, wie wir soeben die Kopplung einer Röhre auf eine folgende kennengelernt haben, wird die Rückkopplung bewirkt. Nur wird bei dieser, wie noch an anderer Stelle ausgeführt, umgekehrt, also vom Anodenkreis auf das Gitter einer vorhergehenden Röhre ausgeführt. Auch hier können wir periodisch und aperiodisch koppeln. Abb. 55 zeigt die Lage eines abgestimmten Kreises im Anodenkreis, die Spule desselben kann zur Rückkopplung benutzt werden. Wie wir aus der gleichen Abbildung ersehen, ist beim Einschalten eines abgestimmten Kreises in den Anodenkreis eine Drosselspule oder ein Hochohmwiderrstand nicht erforderlich, da der Kreis die Energie aufnimmt. Man spricht daher in diesem Falle auch von einem Sperrkreis, der im Anodenkreise liegt.

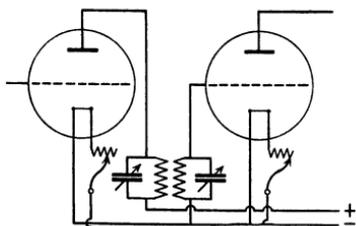


Abb. 54. Hochfrequenzübertragung.

Vom abgestimmten Anodenkreis auf den abgestimmten Gitterkreis.

Abb. 55 zeigt die Lage eines abgestimmten Kreises im Anodenkreis, die Spule desselben kann zur Rückkopplung benutzt werden. Wie wir aus der gleichen Abbildung ersehen, ist beim Einschalten eines abgestimmten Kreises in den Anodenkreis eine Drosselspule oder ein Hochohmwiderrstand nicht erforderlich, da der Kreis die Energie aufnimmt. Man spricht daher in diesem Falle auch von einem Sperrkreis, der im Anodenkreise liegt.

γ) Der Hochfrequenzgleichrichter.

Nachdem wir nunmehr die Schaltung der Abstimmeelemente sowie die der Hochfrequenzverstärkung kennengelernt haben, kämen wir zu dem Hochfrequenzgleichrichter, dem sog. Audionrohr. Abb. 56 zeigt die typische Audionschaltung einer Röhre. Der Silitstab, welcher zwischen negative Kathode und Gitter gelegt wird, hat je nach der Röhre 1—4 Millionen Ohm. Er leitet die negative Batteriespannung zum Gitter über. Der dem Telephon parallel liegende Kondensator bildet für die Hochfrequenzströme einen bequemen Durchgang. Es sei hier nochmals hervorgehoben, daß bei kurzen

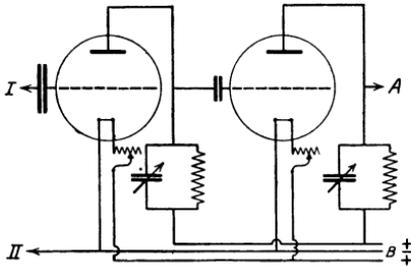


Abb. 55. Hochfrequenzübertragung.
Durch einen abgestimmten Sperrkreis. (Hoher Wechselstromwiderstand.)

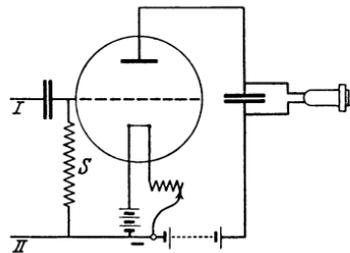


Abb. 56. Typische Audionschaltung der Röhre.
S = Silitstab.

Wellen, also bei hohen Frequenzen, auch die beiden Telephonschnüre bereits eine genügende Kapazität besitzen können, so daß der Empfang bereits ohne Kondensator maximal ist.

δ) Die Niederfrequenzverstärkung.

Die Elektronen, welche der glühende Heizfaden aussendet, könnten dem schnellen Wechsel der Hochfrequenzschwingungen praktisch ohne jede Verzögerung folgen. Noch viel exakter folgen sie den langsameren Schwingungen der menschlichen Sprache und Musik. Im Grunde genommen ist ihre Wirkung aber dieselbe wie bei der Hochfrequenzverstärkung. Jede Niederfrequenzverstärkung muß dort anfangen, wo man sonst auch schon das Telephon einschalten könnte, also an den Telephonklemmen, an welchen ein Gleichstrom im Rhythmus der Sprache oder Musik schwankt. Auch hier würde es sich nun wieder darum

handeln, diese Schwingungen dem Gitter einer Elektronenröhre aufzudrücken unter möglichster Erhöhung des Potentials und unter genauer Einhaltung der Gittervorspannung. Für die Niederfrequenz liegt der günstigste Punkt etwas tiefer im Negativen als für die Hochfrequenz. Während es bei der Hochfrequenz nicht üblich — weil nicht von nennenswertem Vorteile — ist, den Strom in die Höhe zu transformieren, ist dies bei der Niederfrequenz der übliche Weg. Durch Verwendung eisengeschlossener Transformatoren läßt sich der Wirkungsgrad weiter steigern. Die Übertragung von einer Röhre auf die andere findet also durch Transformatoren statt. Abb. 57 gibt z. B. einen Dreifach-Nieder-

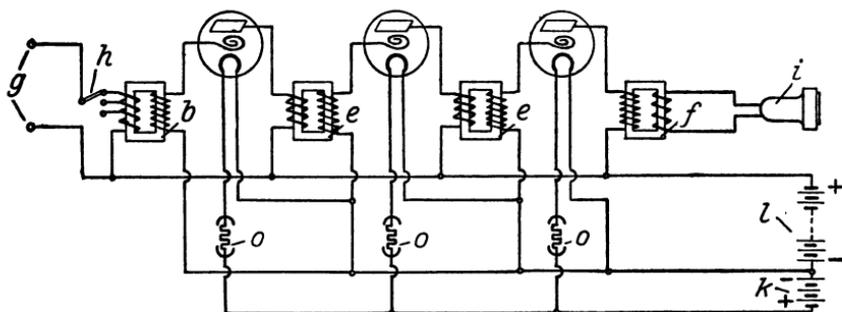


Abb. 57. Dreifach-Niederfrequenzverstärker mit Transformatorenübertragung (nach E. Nesper).

frequenzverstärker; bereits vor der ersten Röhre wird der Strom hochtransformiert. Diesen Transformator *b*, welcher am Eingang der Niederfrequenz liegt, nennt man den Eingangstransformator, und besonders für diesen ist es vorteilhaft, verschiedene Übersetzungsverhältnisse einstellen zu können¹⁾. Von der ersten Röhre führt dann ein zweiter Transformator — Zwischentransformator *e* — zur nächsten Röhre. Das Telephon *l* oder der Lautsprecher liegt im Anodenkreise der letzten Röhre oder an der Sekundärwicklung eines sog. Ausgangstransformators *f*. Das übliche und erfahrungsgemäß beste Übersetzungsverhältnis für die Transformatoren ist: Eingangstransformator 1 : 10 bis 1 : 6, Zwischentransformator 1 : 8 bis 1 : 4, Ausgangstransformator 1 : 5. Außer-

¹⁾ Die Maße des Eingangstransformators gelten für den Fall, daß die Niederfrequenzverstärkung einem Kristallgleichrichter folgt. Hinter einer Audionröhre sind Eingangs- und Zwischentransformator gleich, da ja auch der „Eingangstransformator“ zwischen zwei Röhren liegt.

dem müßte der Widerstand der Primärwicklung — entsprechend den Silitstäben der Hochfrequenz — möglichst dem inneren Röhrenwiderstand angepaßt sein. Bei der Selbstherstellung von Transformatoren wird man also dies bei der Spulenbemessung

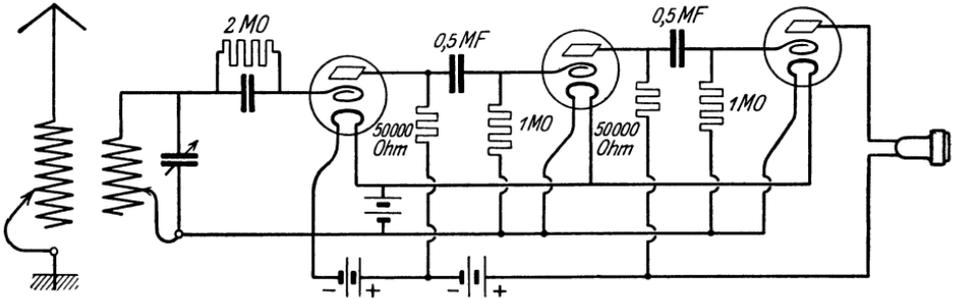


Abb. 58. Zweifach-Niederfrequenzverstärker mit Widerstandskopplung an einem Zwischenkreisaudionempfänger (nach E. Nes per).

berücksichtigen. Die eigentlich erforderlichen Widerstände lassen sich in der Praxis nicht durchführen, besonders auch, weil die Kapazität so großer Spulen der Niederfrequenz einen Nebenweg bieten würde. Man wähle für die Primärwicklung 5000 Windungen eines 0,05 mm dicken, einfach seideumspunnenen Drahtes (siehe Tabelle). — Es ist aber absolut nicht nötig, bei der Niederfrequenz mit Transformatoren zu arbeiten. Entsprechend der Widerstands-

übertragung der Hochfrequenz läßt sich auch hier Silitstab und Blockkondensator verwenden. Die Blockkondensatoren sollen hier jedoch der Niederfrequenz den Durchgang gestatten. Es genügen daher nicht einige

hundert Zentimeter Kapazität, sondern man nimmt solche bis zu 1 MF. Als Beispiel gebe ich hierfür die Schaltung nach Abb. 58 aus dem Radio-Amateur von Nes per wieder. Die Niederfrequenzübertragung mit Kondensatoren arbeitet bedeutend reiner

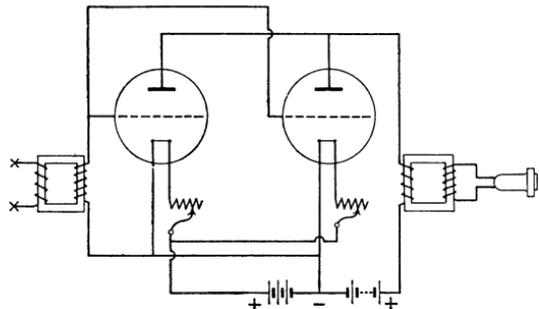


Abb. 59. Niederfrequenzverstärkung.

Parallelschaltung zweier Röhren zur Erhöhung der Stromstärke.

als die mit Transformatoren, ergibt jedoch nicht eine ebenso große Verstärkung.

Vor dem Lautsprecher kann es sich darum handeln, die Stromstärke zu vergrößern, während die Größe der Amplituden des Stromes genügt. Schaltung Abb. 59 zeigt hierfür zwei parallel geschaltete Röhren (Kraftverstärkung).

ε) Fertige Empfangsschaltungen.

Bisher wurde gesondert besprochen: Die Schaltung: *A* der Abstimmelemente, *B* der Hochfrequenzröhren, *C* des Kristalldetektors, *D* der Röhre als Detektor (Audion), *E* der Niederfrequenzverstärkung. *A* und *C* sind unbedingte Notwendigkeiten für den Empfang, während *B*, *D* und *E* bereits besseren Apparaten reserviert sind. Für alle obigen Apparatabschnitte können die angegebenen Schaltungsschemen beliebig kombiniert werden. Jede

der 7 Schaltungen der Abstimm-elemente (Abb. 46 a—g) kann vorgesetzt werden vor Abb. 47 und 48. Hierdurch entstehen 7 Detektor-

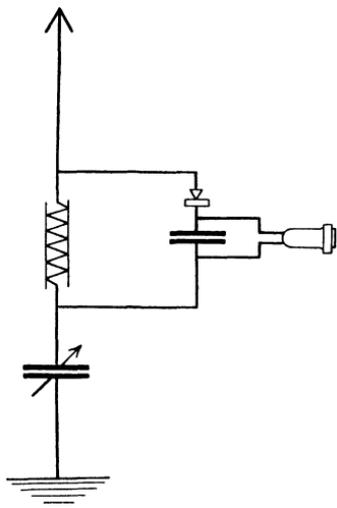


Abb. 60. Schaltungsbeispiel.

Kombiniert aus Abb. 41 (resp. 46a) und Abb. 47: Einfacher Antennenkreisdetektorempfänger.

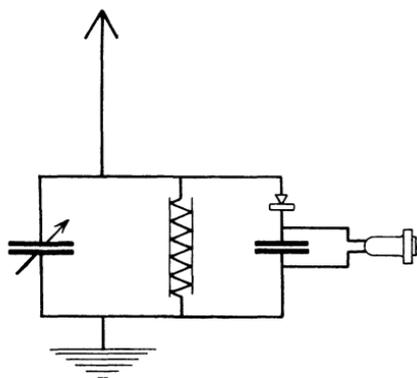


Abb. 61. Schaltungsbeispiel.

Kombiniert aus Abb. 42 und Abb. 47: Detektorempfänger für lange Wellen.

empfangsapparate und 7 1-Röhren-Apparate. Die Hochfrequenzschaltungen können dazwischengesetzt werden, und die Niederfrequenzen können statt des Telephons in jeden der Apparate gefügt werden. (Wenn hinter eine Röhre gesetzt, so ist das

Übersetzungsverhältnis des Eingangstransformators gleich dem der Zwischentransformatoren!) Die Störungsfreiheit des Empfängers

und scharfe Abstimmbarkeit hängt einzig und allein von der Schaltung der Abstimmelemente ab. Die Lautstärke jedoch hängt einzig und allein von der Anzahl der Verstärkerröhren, ihrem Wirkungsgrad und ihrer Schaltung ab.

Durchschnittlich

kann man sagen, daß jede Röhre in den gewöhnlichen Schaltungen die Lautstärke mit 10 multipliziert. In den Schaltungsabbildungen 44 und 45 sind bereits fertige Empfangsschaltungen gegeben. In den Abb. 60—63 sind Beispiele für Kombinationen gegeben.

Besondere Schaltungen. Abb. 64 gibt eine Reflexschaltung wieder, den sog. S.T.-150-Kreis von Scott-Taggart. Das Wesen jeder Reflexschaltung beruht darauf, daß eine Röhre, welche bereits für die Hochfrequenzverstärkung benutzt worden ist, nochmals für die Niederfrequenz verwandt wird.

Die Schwierigkeiten sind hierbei: 1. Rückkopplungen, welche stören, zu vermeiden, und 2. sowohl für die Hoch- als auch für die Niederfrequenz geeignete Wege zu und von der Röhre zu

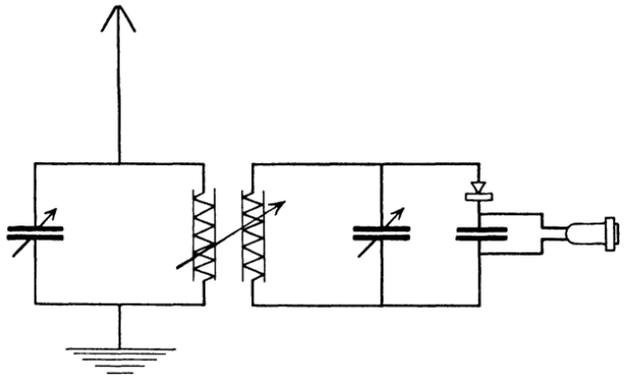


Abb. 62. Schaltungsbeispiel.

Kombiniert aus Abb. 42, 46f und 47: Zwischenkreisdetektor-schaltung für lange Wellen.

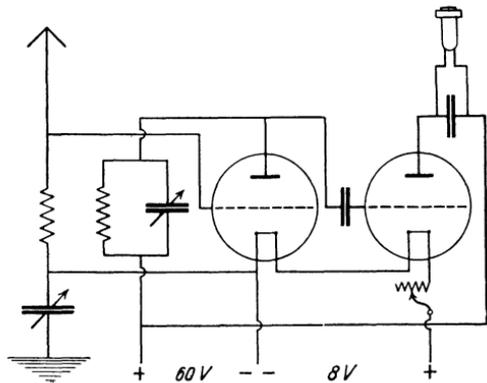


Abb. 63. Schaltungsbeispiel.

Kombiniert aus Abb. 41 (resp. 46a), Abb. 55 und 56. Außerdem ist der Sperrkreis auf die Antenne zurückgekoppelt.

schaffen. — Der Empfangskreis L_1C_1 liegt in Schwungradschaltung mit seinem Antennenende am Gitter der ersten Röhre, mit seinem unteren Ende liegt er über C_2 an Erde und negativer Kathode.

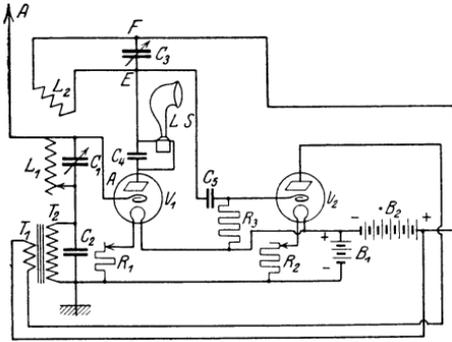


Abb. 64¹⁾. Reflexschaltung für Lautsprecher.

einen Ende über L_1 am Gitter der ersten Röhre und mit dem anderen Ende an der Kathode. Da T_1 im Anodenkreise der zweiten als Audion geschalteten Röhre liegt, so werden also in die erste Röhre hoch- und niederfrequente Schwingungen geleitet. Beide treten im Anodenkreis dieser Röhre verstärkt auf. Hier findet die Hochfrequenz in dem Kondensator C_4 einen bequemen Weg und gelangt zu dem Sperrkreise L_2/C_3 , welcher in üblicher Weise auf die Antenne zurückgekoppelt ist. Die Niederfrequenz kann C_4 jedoch nicht passieren und erregt den parallel liegenden Lautsprecher, um sich durch L_2 zur Batterie auszugleichen. Die starken Spannungsschwankungen

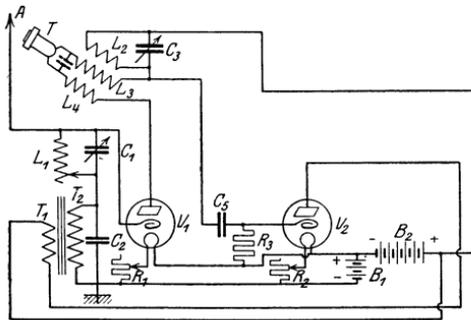


Abb. 65. Reflexschaltung für Kopfhörerempfang.

an dem Sperrkreise L_2/C_3 liegen aber über die Batterie resp. den Gitterkondensator C_5 an Gitter und Kathode der zweiten als

C_2 parallel liegt die sekundäre Wicklung des Transformators T_1T_2 . Die Hochfrequenz geht also über den Kondensator C_2 zur Erde und zur Kathode, während die Niederfrequenz, die in dem Transformator auftritt, durch die relativ kleine Kapazität von C_2 sich nicht ausgleichen kann. T_2 liegt also mit dem

Die starken Spannungsschwankungen an dem Sperrkreise L_2/C_3 liegen aber über die Batterie resp. den Gitterkondensator C_5 an Gitter und Kathode der zweiten als

¹⁾ Diese Schaltung wäre als Kombination aus Abb. 42, Abb. 55, Abb. 56 sowie Abb. 57 aufzufassen. Jedoch ist für den Zweck der Abb. 57 die erste Röhre nochmals verwandt worden.

Audion geschalteten Röhre, in deren Anodenkreis ja der Transformator lag, und damit ist der Schaltungskreislauf geschlossen. — Da die Abstimmung von der Lage des Lautsprechers bei dieser Schaltung beeinflußt werden kann, eignet sich für Kopfhörer besser die in Abb. 65 wiedergegebene Abart.

c) Die Rückkopplung.

Solange es eine Rundfunkbewegung in Deutschland gibt, tobt ein Kampf für und wider die Rückkopplung. Von einigen Seiten wird immer wieder von neuem behauptet, daß alle Rückkopplungen von der Behörde verboten seien. Dem ist aber nicht so. Verboten ist ganz generell, daß durch irgendeinen Empfänger der Betrieb anderer Empfänger — seien sie auch in privaten Händen — gestört wird. Dies ist eine Selbstverständlichkeit. Die sog. Rückkopplung ist nun aber ein Mittel, mit welchem eine Empfangsapparatur in Selbstschwingungen geraten kann, welche als Wellen in die Ferne dringen und an entlegenen Stellen stehende Empfänger stören. Da andererseits mittels der Rückkopplung die Empfindlichkeit der Apparatur erheblich gesteigert werden kann, muß man das Gebiet der Rückkopplung absolut beherrschen, damit man ohne zu senden dennoch seinerseits die Vorteile der Rückkopplung genießen kann. Die nun folgenden Ausführungen sind daher am eingehendsten zu studieren; aber es genügt nicht, zu wissen, wie man die Störung anderer vermeidet, man muß bei der praktischen Handhabung sein Wissen auch anwenden. Das dauernde Zwischenheulen und Pfeifen falsch gehandhabter Apparate stellt die ganze Rundfunkbewegung in Frage und in höchste Gefahr. Gerade der Bastler darf nicht vergessen, daß es eine riesige Gemeinde von Hörern gibt, welche von den technischen Dingen keine Ahnung haben und auch keine haben wollen, welche durch ihren gekauften Apparat Genuß und Unterhaltung haben wollen. Durch falsch bediente Apparate der Umgebung verjagt man diese Teilnehmer. Die Zahl der Teilnehmer und mit ihr die Höhe der einkommenden Gebühren bedingt aber die Güte der Darbietungen, welche die Rundfunkstationen bieten. Durch Stören untergräbt man also offensichtlich auch die eigene Position. Wer im März 1924 im Westen Berlins seine Aufmerksamkeit den Störern zugewandt hat, wird bereits gegen früher einen Fortschritt bemerkt haben. Da gab es früher Leute,

die stundenlang an ihrem Kondensator drehen und dabei munter in die Gegend heulten — heute bemerkt man bereits, daß die Überzahl der Störer nach wenigen Sekunden selbst bemerkt, daß sie sendet und dann weniger zurückkoppelt. Das ist bereits ein Zeichen, daß das Wesen der Rückkopplung besser verstanden wird und gibt die Hoffnung, daß schließlich alle vermeidbaren Störungen verschwinden werden, ohne daß man auf empfindliche Apparaturen verzichten muß. Unverständlich ist mir — und mir ist ein solcher Fall bekannt —, wie jemand, der einmal einen Moment gestört hat, daher mit der Rückkopplung zurückging, immer und immer wieder von vorne die Rückkopplung bis zum Senden steigert, um zu sehen, ob sich die Rückkopplung nicht ohne zu senden weiter steigern läßt. Hat man eine ganz bestimmte Einstellung der Apparatur und variiert nur die Rückkopplung, so tritt das Senden natürlich immer bei ein und demselben Grade der Rückkopplung ein. Es ist daher völlig sinnlos, immer von neuem denselben Fehler zu begehen.

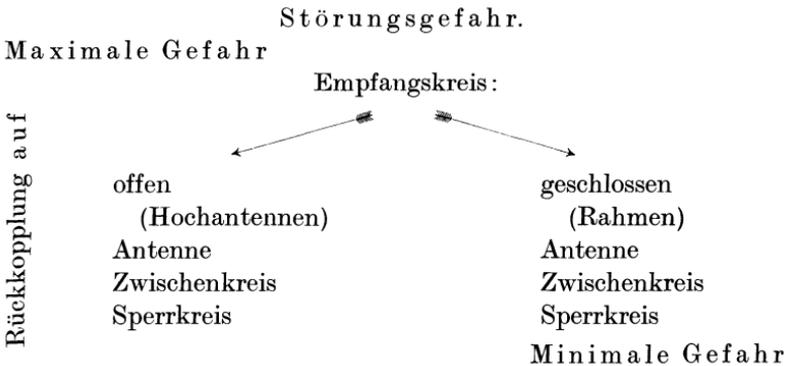
Das Prinzip der Rückkopplung besteht darin, daß die durch eine oder mehrere Elektronenröhren verstärkten Schwingungen zur Rückwirkung auf einen Teil der Apparatur gebracht werden, in welchem noch nicht oder doch weniger verstärkte Schwingungen vorhanden sind. Die verstärkten Schwingungen treten, wie wir gesehen haben, immer im Anodenkreis der Röhre auf, vom Anodenkreis einer Röhre muß man also zurückkoppeln. Teile, in welchen die Schwingungen noch nicht verstärkt sind, sind die Abstimmkreise und die Gitter der Röhren, daher wird auf diese zurückgekoppelt. Wie man koppeln kann, haben wir bereits im theoretischen Teile des Buches kennengelernt. Es gibt daher analog den Kopplungsmöglichkeiten eine induktive und eine kapazitive Rückkopplung. Jeder Draht aber, der in der Apparatur gezogen ist, hat sowohl eine Selbstinduktion als auch eine Kapazität. daher ist in jeder Apparatur bereits eine Rückkopplung vorhanden, und diese ungewollte Rückkopplung wird um so größer sein, je länger die Drähte sind, je näher sie zusammenliegen und je stärker die Stromschwankungen sind. Daher lautet die Grundregel: Man ziehe die Drähte bei einer Verstärkerapparatur stets kurz, nähere sie nie mehr als 3—4 cm und lasse die Drähte sich nach Möglichkeit senkrecht schneiden. Senkrecht aufeinander stehende Drähte haben eine sehr geringe Kapazität zueinander

und auch sehr geringe gegenseitige Induktion. Bei einer Mehr-
röhrenapparatur wird es nun nicht möglich sein, alle Drähte
immer senkrecht zueinander sich kreuzen zu lassen, denn es gibt
ja nicht mehr als drei aufeinander senkrecht stehende Richtungen
im Raume. Je mehr Drähte also vorhanden sind, um so öfter
muß man von den obigen Forderungen abweichen. Außerdem
wird ja die Amplitude der Schwingungen mit jeder weiteren Röhre
vergrößert. Je höher man also die Verstärkung treibt, um so
größer wird auch aus diesem Grunde die Rückkopplung. Bei
drei Röhren Hochfrequenzverstärkung ist selbst bei optimaler
Anlage der Verbindungen bereits eine so große Rückkopplung
vorhanden, daß sich der Einbau einer extra an besonderer Stelle
befindlichen Rückkopplung für Telephonieempfang erübrigen kann.
Eine völlig rückkopplungsfreie Apparatur zu bauen, ist sehr
schwer, wenn nicht überhaupt unmöglich. Man muß aber stets
mit seinem Bestreben darauf hinaus wollen, denn die Rückkopp-
lung, die einmal in einem Apparate enthalten ist, läßt sich nicht
durch Verstellen von Hebeln regulieren. Die Aufgabe ist stets die,
erst einen rückkopplungsfreien Empfänger zu bauen
und dann in diesen eine Rückkopplung einzubauen. Wie, lautet
daher die Frage: Ist das Auftreten von Rückkopplungen zu ver-
meiden? Und diese Frage beantwortete sich derjenige zuerst, der sich
eine Mehr-
röhren-Hochfrequenzapparatur bauen will, welche wohl
mancher vorziehen wird, da sie bei gewissen Schaltungen billiger ist
als die Niederfrequenz und auch sonst gewisse Vorteile bietet.
Generell werden in der Hochfrequenz bei der einfachen Widerstands-
übertragung die kurzen Wellen schlechter verstärkt als lange!
Außer obigen Regeln für die Drahtführungen, durch deren Befolgung
sich die Rückkopplung in der Apparatur bereits reduzieren läßt,
kann man durch Verwendung von Bleikabeln die Rückkopplungen
weiter reduzieren. Die Bleiumhüllungen der gesamten Drähte
werden dann miteinander verbunden und geerdet. Es ist nun
nicht nötig, Bleikabel gleich von vornherein zu ziehen. Man zieht
gewöhnlichen, gut isolierten Draht. Nachdem alle Verbindungs-
stellen gut verlötet sind, werden sie mehrfach mit Schellacklösung
bestrichen. Nachdem der Schellack getrocknet, werden sie mit
Isolierband sauber umwickelt. Jetzt umgibt man die Isolation
mit einem leitenden Mantel, welchen man aus Silberpapier oder
aus dünnem Walzblei herstellt. Bei Verwendung von Walzblei,

welches die Apparatur zwar beschwert, werden die Umhüllungen mit dem Kolben an diverse Stellen verschweißt, um schließlich an die Erdklemme gelegt zu werden. Da aber nicht die ganze Apparatur aus Drähten besteht, so bleiben noch viele Teile übrig, welche man nicht durch Umhüllungen gewissermaßen unter die Erde gelegt hat. Z. B. liegen die Kondensatoren mit ihren oft recht großen Streufeldern frei. Bereits die genäherte Hand oder sonst ein Gegenstand, der in der Nähe des Apparates bewegt wird, kann, wenn man die Apparatur empfindlich eingestellt hat, die Kopplungsverhältnisse so ändern, daß der Apparat sendet. So kann der Fall eintreten, daß man die Apparatur mit der linken Hand am Kondensator, mit der rechten an der Rückkopplung eingestellt hat, und in dem Moment, wo man sich zurücklegt und die Hände fortnimmt, ist man bereits am Pfeifen, oder die Lautstärke sinkt, oder die Sprache wird verzerrt (sie erhält bei geringen Graden mitunter nur einen knarrenden Ton), bei stärkeren Graden können Lautverdoppelungen eintreten und anderes. Diese hauptsächlich kapazitiven Einwirkungen der Umgebung lassen sich leicht vermeiden, wenn man die Hinterseite des Montagebrettes mit einem leitenden nicht magnetischen, also aus Silber- oder Bleipapier bestehenden Belage versieht, welcher geerdet ist. Der Belag darf natürlich keine leitenden Teile der Apparatur berühren, sondern er muß die Isolationsverhältnisse unverändert lassen. Man erreicht dies dadurch, daß man dort, wo Metallteile die Wand durchsetzen, in den Metallbelag ein genügend großes Loch macht. Derjenige, der sich die an anderer Stelle beschriebenen Universalbretter baut — also jede Röhre in einem besonderen Kasten unterbringt —, kann durch Auslegen aller Seiten des Kastens mit Metall die Rückkopplungen abermals verringern. Trotz aller dieser Vorsichtsmaßnahmen kann man die Rückkopplungen nicht nach Belieben reduzieren. Daher kann man mit der Verstärkung ein gewisses Maß nicht überschreiten. Einem exakten Arbeiter, der wirklich alle Regeln beachtet, mag es gelingen, 3—4 Hochfrequenzverstärkerröhren und 3 Niederfrequenzverstärkerstufen hintereinander zu schalten. Diese Zahlen werden aber für selbstgebaute Apparate in der weit überwiegenden Anzahl der Fälle ein ideales Maximum darstellen. Selbstverständlich gelten die Angaben nicht für Doppelgitterröhren oder Reflexschaltungen. Bei letzteren würde eine Lampe

sowohl als Hoch- als auch Niederfrequenzstufe zählen. Man sieht aus all dem Angeführten, daß der Bau von großen Apparaturen eine Sachkenntnis erfordert, die nicht durch ein Buch allein übermittelt werden kann. Daher beginne man mit den einfachsten Dingen, um selber Erfahrungen sammeln zu können. Mancher wird dann bei einer Niederfrequenzverstärkung schon seine Mühe haben, Pfeifen und Verzerrung zu verhindern, und sich freuen, daß er den Rat befolgt hat, nicht gleich auf eine dreifache Verstärkung loszusteuern. Eine bequeme Möglichkeit, ohne Umbau die Apparatur zu vergrößern, bieten hier wie überhaupt die erwähnten Einheitsgeräte.

In Anbetracht der Wichtigkeit der Rückkopplung sei hier noch eine Übersicht über die Sendegefahr bei verschiedenen Schaltungen gegeben, sowie die Hauptsymptome im Hörer erwähnt; welche bei störendem Senden der eigenen Apparatur auftreten.



Generell gilt: Je größer die in den Abstimmkreisen vorhandene Kapazität, um so geringer ist die Störungsgefahr.

Das Anzeigeinstrument dafür, ob die eigene Apparatur Schwingungen ausstrahlt, ist der Hörer, und durch den Hörer ist es das Ohr, welches durch Töne oder Geräusche von dem Senden der Apparatur Kenntnis erhalten kann. Da nun aber die Senderschwingungen in einem hochfrequenten Rhythmus stattfinden, ist es an und für sich leider in dieser Hinsicht so, daß man im Telefon nicht unter allen Bedingungen Pfeifen oder sonst etwas zu hören braucht. Erst in dem Augenblicke, wo zwei benachbarte Wellen interferieren, also ein hörbarer Differenzton entsteht, können wir

feststellen, daß unsere Apparatur am Senden ist. Die beiden für den Differenzton also erforderlichen Wellenzüge können nun beide in unserer Empfangsapparatur entstehen oder beide von außen kommen, oder die eine kommt von außen, und die zweite wird in der Empfangsapparatur erzeugt. Letzteres ist der Fall bei dem besprochenen Überlagerungsempfang, welchen man anwendet, um sich ungedämpfte ankommende Wellenzüge hörbar zu machen.

Fall 1. Beide Wellenzüge kommen von außen. In der Praxis ist dies der Fall, wenn, während ein Rundfunksender ausstrahlt, irgendein falsch bedienter Rückkopplungsempfänger gleichfalls strahlt. Letzterer muß dabei mit einer Frequenz senden, deren Differenz von der Frequenz des Rundfunksenders im Hörbereich liegt. Strahlt jener störende Empfänger aber genau die Welle des Rundfunksenders aus, oder besser: liegt seine Sendefrequenz weniger als 16 oder mehr als 20 000 Schwingungen von der des Rundfunksenders entfernt, so kann er uns bei dem Empfang dieses selben Senders nicht stören, da der entstehende Differenzton ja jenseits des Hörbereiches liegt, also eigentlich kein Ton mehr ist. Sucht der Störer immer nervös durch dauernde Änderung seiner Kapazität und Selbstinduktion, so durchläuft der Differenzton, welchen wir hören, dauernd die ganze Tonskala und kann uns den Empfang völlig unmöglich machen. Änderungen des Tones, welchen wir hören, hängen einzig und allein von den Kapazitäts- und Selbstinduktionsveränderungen des Störers ab, da die Welle des Rundfunksenders konstant bleibt. Diese störenden, pfeifenden, heulenden Geräusche können sich nicht in der Tonhöhe ändern, wenn wir unseren Drehkondensator verändern. Sie sind unabhängig von unserer Apparatur.

Fall 2. Beide Wellenzüge entstehen in unserer Apparatur. Erstes Kennzeichen: Wenn wir unsere Apparatur nicht berühren, so ist der entstehende Ton absolut konstant in Stärke und Tonhöhe, jede Änderung der Einstellung bedingt aber sofort eine Änderung des Tones. Variieren wir die Kapazität, so durchläuft der Ton auch die Tonskala, aber in völliger Abhängigkeit von der Stellung des Kondensators. Gehen wir mit der Rückkopplung zurück, so verschwindet das Pfeifen oder auch regelmäßiges Knacken, und es tritt völlige Stille im Telephon ein. Außerdem ist kennzeichnend, daß die Erscheinungen bestehen bleiben können, wenn die Antenne und die Erde ausgeschaltet sind. Ein

Telephonieempfang ist in diesem überkoppelten Zustande gewöhnlich unmöglich.

Fall 3. Die eigene Empfangsapparatur sendet die eine Schwingung, der Rundfunksender die zweite aus. Wenn man sich einer scharf umschriebenen Stelle mit dem Kondensator nähert, geht der immer lauter werdende Empfang in ein intensives Pfeifen über, dessen Tonhöhe immer geringer wird, über brummende Geräusche kommt man zu deutlichem Telephonieempfang, der gewöhnlich stark verzerrt ist und nur an einer sehr kleinen Kondensatorstelle rein. Geht man über diesen Punkt hinaus, so wird die Sprache wieder unrein, unverständlich, brummende Töne folgen, dann Pfeifen, und der Empfang ist fort. Während der Empfang bei der Annäherung an die erste Pfeifzone immer lauter wurde, verschwindet er also hier. Der Punkt, an welchem wir zwischen den beiden Pfeifzonen guten Empfang hatten, ist der, an welchem wir genau die Welle des Rundfunksenders selber ausgesandt haben. Damit — die sog. Schwingaudionschaltung — stören wir jeden, der in der Umgebung nicht den gleichen Sender wie wir, sondern einen auf benachbarter Welle sendenden empfangen will. Der Betreffende hört in seinem Apparate konstantes Pfeifen. Man ersieht hieraus, daß es eine starke Rücksichtslosigkeit ist, in dieser Rückkopplungsstellung — im sog. Dämpfungsreduktionspunkt — zu empfangen. Diese Kritik gilt besonders bei Verwendung einer Hochantenne. Bei Zimmerantennen dürfte die Störgefahr schon geringer sein. Auf jeden Fall merke man sich genau die Stellung des Dämpfungsreduktionspunktes, damit man die Apparatur vollständig fertig einstellen kann, bevor man Anodenspannung gibt. Dann stört man wenigstens nicht diejenigen, die auf der gleichen Welle empfangen. Leider geben die deutschen Sender keine Gelegenheit, vor dem eigentlichen Konzert abstimmen zu können, wenigstens hat der Berliner Sender den Brauch, zuvor einige Grammophonplatten zu spielen, aufzugeben. Jedoch habe ich beobachtet, daß die Grundwelle immer schon einige Minuten vor dem Konzert zu hören ist. Mit dieser kann man immer einregulieren zu einer Zeit, wo man noch nicht das Konzert stört.

Um überhaupt die erwähnten Phänomene zu hören, ist es natürlich notwendig, daß das Telephon auch an einem Orte eingeschaltet ist, zu welchem die Differenztöne ohne Schwierigkeit

durchkommen können. Die Differenztöne, welche im niederfrequenten Rhythmus erfolgen, werden durch jede Niederfrequenzverstärkerschaltung auch verstärkt. Die Niederfrequenz macht uns die Erscheinungen also nur noch deutlicher. Liegt aber hinter dem Kreise, in welchem durch zu starke Rückkopplung Sendeschwingungen auftreten, noch eine weitere Hochfrequenzverstärkung, so kann die niederfrequente Komponente den vorhandenen kleinen Kondensator nicht passieren. Wir können also nicht mit einem weiter hinten liegenden Telephon den Interferenzton wahrnehmen. Daher mache man sich zur Regel, das Telephon entweder direkt in den Kreis zu schalten, welcher zurückgekoppelt wird, oder der von diesem Kreise nur durch Niederfrequenzverstärkerstufen getrennt ist. Nur dann hat man bei der Einstellung die sichere Möglichkeit, trotz Rückkopplung das Stören anderer Empfänger zu vermeiden.

3. Einheiten, Berechnungen, Materialtabellen.

Für die Leser, welche sich nicht mit den Zahlenangaben des praktischen Teiles begnügen wollen, folgen nunmehr die Angaben, welche zur Berechnung der Einzelteile erforderlich sind. Zunächst

a) die Einheiten der Elektrizitätslehre,

bezogen auf das Gramm-Zentimeter-Sekundensystem.

Volt. 1 Volt ist die Spannungsdifferenz oder sog. elektromotorische Kraft (EMK), welche durch einen Draht von einer Widerstandseinheit (Ohm) eine Einheit der Stromstärke hindurchschieken kann.

Ohm. 1 Ohm ist der Widerstand, durch welchen 1 Volt eine Stromstärkeneinheit hindurchschieken kann. Praktisch ist es festgelegt als der Widerstand eines Quecksilberfadens von 1 mm² Querschnitt und 106,3 cm Länge bei 0 Grad Celsius und üblichem Barometerstande.

Ampère ist die Einheit der Stromstärke, ein Strom dieser Stärke wird durch 1 Volt in einem Drahte von 1 Ohm erzeugt. Ein solcher Strom scheidet aus einer Silbernitratlösung 1,118 mg Silber pro Sekunde ab.

Coulomb ist die Einheit der Strommenge. Es ist die Menge Elektrizität, die bei einem Strome von 1 Ampere in der Sekunde durch den Querschnitt des Drahtes fließt.

1 Watt ist die Einheit der Stromleistung. 1 Watt ist die Leistung eines Stromes von 1 Volt und 1 Ampère. 1 Kilowatt sind 1000 Watt.

1 Kilowattstunde ist die Leistung eines Stromes von 1 Kilowatt während einer Stunde.

1 Farad ist die Einheit der Kapazität. Wird in dieselbe ein Coulomb eingeführt, so ist sie auf 1 Volt geladen. 1 Mikrofarad ist der millionste Teil eines Farad. 1 cm ist der 900 000ste Teil eines Mikrofarad, gleich der Kapazität einer Kugel mit dem Radius 1 cm. 1 Farad daher $9 \cdot 10^{11}$ cm.

1 Henry ist die Einheit der Selbstinduktion. Eine Spule hat 1 Henry, wenn eine Stromänderung um 1 Ampere in der Sekunde in derselben die Gegenspannung von 1 Volt induziert.

Abkürzungen der Einheiten sowie übliche
Buchstabenbezeichnungen:

V = Volt.	W = Watt.
O = Ohm.	F = Farad.
A = Ampere.	H = Henry.
C = Coulomb.	

Vor diese Einheiten können Zahlenbegriffe gesetzt werden, um weitere einfache Einheiten zu erhalten.

Es bedeutet vor x gesetzt:

1 Mikro	$x = 10^{-6} x \equiv 0,000001 x,$
1 Milli	$x = 10^{-3} x \equiv 0,001 x,$
1 Zenti	$x = 10^{-2} x \equiv 0,01 x,$
1 Dezi	$x = 10^{-1} x \equiv 0,1 x,$
1	$x \equiv 1 \quad x \equiv 1 \quad x,$
1 Deka	$x = 10 \quad x \equiv 10 \quad x,$
1 Hekto	$x = 10^2 \quad x \equiv 100 \quad x,$
1 Kilo	$x = 10^3 \quad x \equiv 1000 \quad x,$
1 Meg(a)	$x = 10^6 \quad x \equiv 1\,000\,000 \quad x.$

Von letzteren wird abgekürzt:

MF = Mikrofarad.
MH = Millihenry.
MO = Megohm.

Ferner versteht man häufig unter

C = eine Kapazität,
L = eine Selbstinduktion,

HF = Hochfrequenz über 10 000 Wechsel/sec.

AF = Audio- (Hör-) Frequenz . . über 100"/sec.

(Dies ist die „Niederfrequenz“
im Sprachgebrauch der deut-
schen Amateure.)

NF = Niederfrequenz unter 100 Wechsel/sec.

Grundbegriffe für Schaltungen.

Die beiden beliebigen Größen A und B heißen in Serie zueinander geschaltet,

$$- A - B - ,$$

wenn der Strom dieselben zeitlich hintereinander durchläuft. Daher spricht man auch von Hintereinanderschaltung.

A und B liegen parallel oder in Parallelschaltung,



wenn der Strom sie gleichzeitig durchlaufen kann.

Serienschaltung stromgebender Elemente erhöht die Spannung, Parallelschaltung läßt sie unverändert, erhöht jedoch die Belastungsgrenze.

b) Berechnung von Wellenlängen, Selbstinduktion und Kapazitäten.

Die genaue Begründung der verwandten Gleichungen würde den Rahmen dieses Buches überschreiten.

Ein Schwingungskreis mit der Selbstinduktion C cm und der Kapazität L cm hat die Wellenlänge λ in m

$$\lambda = \frac{2\pi}{100} \sqrt{C \cdot L} . \quad (1)$$

Diese Gleichung rührt von Thomson (Lord Kelvin) und wird als Thomsonsche Gleichung bezeichnet. Sind also zwei der Größen λ , L oder C bekannt, so läßt sich die dritte berechnen.

Ist λ , L und C nicht in m resp. cm gegeben, so müssen wir sie vor dem Einsetzen in obige Formel in m resp. cm umrechnen. Für diese Umrechnungen der Einheiten gilt:

Längeneinheiten:

1 km (Kilometer) = 10^3 m (Meter). 1 m = 10^2 cm (Zentimeter).
1 km = 10^5 cm.

Kapazitätseinheiten:

$$1 \text{ F (Farad)} = 10^{+6} \text{ MF (Mikrofarad).}$$

$$1 \text{ MF} = 9 \cdot 10^5 \text{ cm.}$$

$$1 \text{ F} = 9 \cdot 10^{11} \text{ cm.}$$

Selbstinduktionseinheiten:

$$1 \text{ H (Henry)} = 10^9 \text{ cm.}$$

π ist das Verhältnis des Kreisumfanges zum Durchmesser und näherungsweise 3,14159. Setzen wir diesen Ziffernwert in die Thomsonsche Gleichung ein und variieren die Maßeinheiten, so erhalten wir folgende Gleichungen für die Abhängigkeit von λ , L und C .

$$\lambda = 198 \cdot 10^5 \sqrt{LC},$$

λ in m. L in Henry, C in cm einzusetzen.

$$\lambda = 596 \cdot 10^3 \sqrt{LC},$$

λ in m, L in cm, C in MF.

$$\lambda = 596 \cdot 10^6 \sqrt{LC},$$

λ in m, L in cm, C in F.

$$\lambda = 1885 \cdot 10^{10} \sqrt{LC},$$

λ in m, L in Henry, C in Farad.

Sie lassen sich alle wie die Thomsonsche ursprüngliche Gleichung benutzen.

Z. B.: $\lambda = 2 \text{ km}$, $C = 1000 \text{ cm}$, wie groß muß die Selbstinduktion x sein?

$$2 \text{ km} = 2 \cdot 10^3 \text{ cm} = 2000 \text{ m.}$$

Eingesetzt in Gleichung (1):

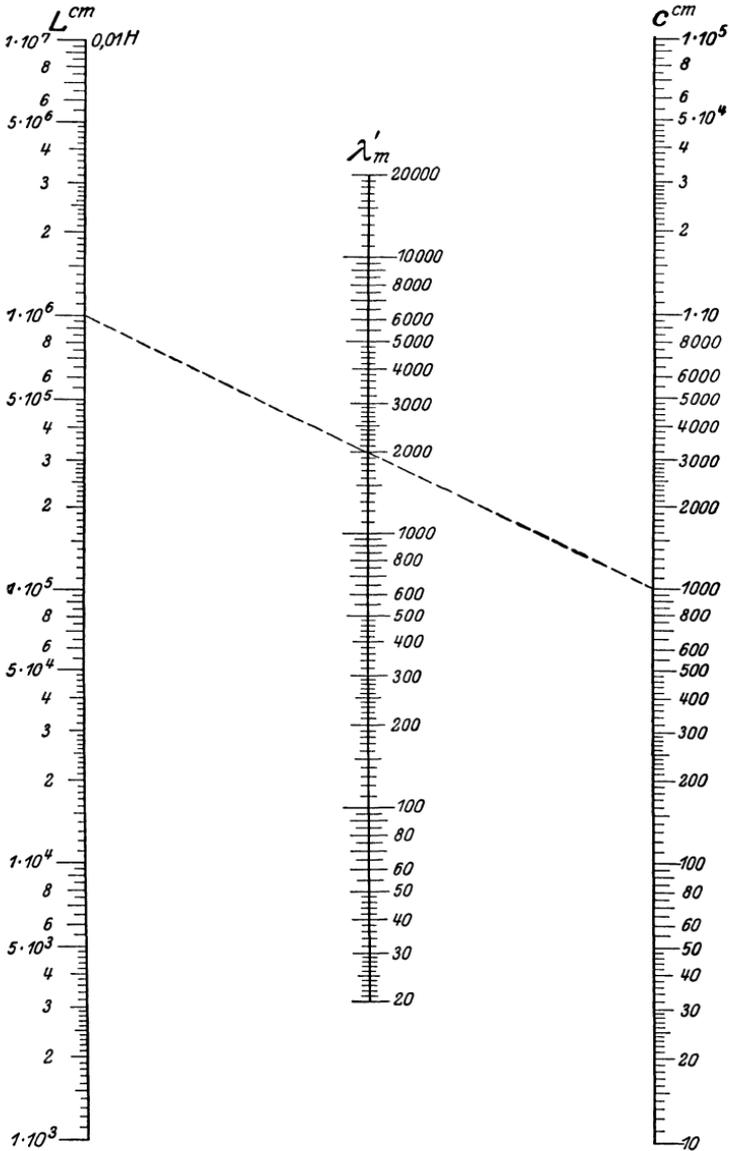
$$2000 = \frac{2\pi}{100} \sqrt{1000 \cdot x},$$

$$2000^2 = \frac{4\pi^2}{10^4} 1000 x,$$

$$4 \cdot 10^6 = \frac{4000\pi^2}{10^4} x,$$

$$\frac{4 \cdot 10^6 \cdot 10^4}{4000 \pi^2} = x,$$

Tafel zur graphischen Bestimmung der Abhängigkeit von Selbstinduktion, Wellenlänge und Kapazität.



$$x = \frac{4 \cdot 10^{10}}{4 \cdot 10^3 \cdot \pi^2},$$

$$x = \frac{10^7}{\pi^2},$$

$$\text{da } \pi \text{ rund} = \frac{22}{7}, \quad \pi^2 = \frac{22^2}{7^2} = \text{rund } 10.$$

$$x = \frac{10^7}{10} = 10^6. \text{ cm}$$

Die Rechnung ist nicht schwer; jedoch für den, der die Rechnung scheut, sei die Tafel 1 zur Benutzung empfohlen.

Alle Punkte der linken, mittleren und rechten Skala, welche auf einer Geraden liegen — für obiges Beispiel $L = 10^6$ cm, $\lambda = 2000$ m und $C = 1000$ cm —, sind nach der Thomsonschen Gleichung zueinandergehörige Werte. Legt man ein Lineal oder die gerade Kante eines Papiers an die beiden Punkte, welche den gegebenen Werten entsprechen, so schneidet die Papierkante die dritte Skala in dem gesuchten Punkte, welcher dem dritten Werte entspricht.

Sind Werte von L oder C in der Tafel nicht vorhanden, so verfährt man wie folgt:

Fall 1: L oder C zu klein.

Man multipliziert mit 100. Sucht für den 100fachen Wert die zugehörige λ . Diese dividiert man durch 10.

Fall 2: L oder C zu groß.

Man dividiert durch 100. Sucht für den 100sten Teil die zugehörige λ . Diese multipliziert man mit 10¹⁾.

c) Berechnung der Periodenzahl.

Die Abhängigkeit der Wellenlänge von der Periodenzahl ist bereits S. 17 ausführlich besprochen:

$$v = \lambda \cdot P. \quad (2)$$

$v = 300000$ km, λ in km, P hat Benennung 1/sec.

1) Man kann generell für Fall 1 mit x^2 multiplizieren und das Resultat durch x dividieren, für Fall 2 durch x^2 dividieren und dann mit x multiplizieren.

Z. B.: Welches ist die Periodenzahl eines Senders auf Welle 400?
Eingesetzt in Gleichung (2).

$$300\,000 = 0,4 \cdot x, \quad \text{d. f.} \quad x = \frac{300\,000}{0,4} = \frac{3\,000\,000}{4} = 750\,000.$$

Die Periodenzahl pro Sekunde = 450 000.

d) Berechnung von Kapazitäten.

Werden die n Kapazitäten C_n bis C_1 parallel geschaltet, so ist die resultierende Kapazität gleich der Summe der Einzelkapazitäten.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n.$$

Bei Serienschaltung ist:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

Mithin, wenn 2 Kapazitäten gleicher Größe: $C_1 = C_2$ verwandt werden:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}, \quad \text{d. f.} \quad \frac{1}{C} = \frac{2}{C_1} \equiv C = \frac{C_1}{2}.$$

Die Kapazität zweier in Serie liegender gleicher Kapazitäten ist also halb so groß wie die jeder einzelnen! (Bedenke dies besonders bei den Zellengleichrichtern.)

Kapazität von Plattenkondensatoren.

$$C = 0,792 \frac{(n-1) \cdot e \cdot f}{a},$$

wenn

n = Anzahl der Platten,

e = Dielektrizitätskonstante des zwischen den Platten befindlichen Isolators,

f = Fläche der Einzelplatte in cm^2 ,

a = Abstand zweier Platten (also Dicke von e).

Die Größe von e entnimmt man der folgenden Tabelle I.

Für die Bestimmung von f beachte man:

Der Inhalt eines Rechteckes ist gleich Grundlinie mal Höhe,

$$J = g \cdot h,$$

der Inhalt eines Kreises $J = r^2 \pi$,

der des Halbkreises also $J = \frac{r^2 \pi}{2}$, wenn r der Radius des Kreises ist.

Ferner bedenke man: Die Minimalkapazität eines Drehkondensators ist nie gleich Null.

Ein \neq von 500 cm maximaler Kapazität hat 100–200 cm minimale Kapazität.

Ein \neq von 1000 cm maximaler Kapazität hat 150–300 cm minimale Kapazität.

Tabelle 1. Dielektrizitätskonstanten¹⁾.

Feste Körper:	Flüssige Körper:
Paraffin 1,7 bis 2,3	Petroleum 2
Wachs 1,9	Terpentinöl 2,3
Guttapercha 3,0	Benzol 2,3
Kautschuk 2,0 bis 3,5	Schwefelkohlenstoff 2,6
Hartgummi 2 bis 4	Rizinusöl 4,7
Ölpapier 2	Äthylalkohol 26
Papier 2,5	Nitrobenzol 36
Gummi 2,4	Wasser 81
Kolophonium 2,6	
Schellack 2,7 bis 3,7	
Bernstein 2,8	
Schwefel 3 bis 4	
Eis 3,2	
Zelluloid 4	
Siegellack 4,3	
Glas, gewöhnliches 5 bis 7	
Porzellan 6	
Glimmer 6 bis 8	
Kalkspat 8 und 8,5	
Marmor 8,5	
Glas, optisches bis 10	
Vakuum 1,0000	
Luft 1,0006	

Berechnung von Selbstinduktionen²⁾.

Für eine Zylinderspule (z. B. Schiebepule) gilt annähernd, wenn l im Verhältnis zu r groß ist:

$$L = 4\pi^2 r^2 n^2 l, \quad (3)$$

wenn

r = der Radius der Windung in cm,

n = Anzahl der Windungen pro cm Länge,

l = Spulenlänge in cm.

¹⁾ Teils nach Grimsehl.

²⁾ Teils nach v. Happach und Nesper.

Für Honigwabenspulen gibt Tabelle 2 eine Übersicht:

Tabelle 2. Maße von Honigwabenspulen.

Drahtlänge in m	Anzahl der Windungen	Differenz der Win- dungszahlen	Draht mit einf. Baum- wollisol.	Selbst- induktion in Millihenry	Außen- Ø in cm	Wellenlänge ¹⁾ in m
4	25	25		0,052	5,5	180—430
6	35	10		0,088	5,6	200—560
9	50	15		0,106	5,7	250—615
14	75	25	0,56 mm	0,293	5,9	400—1020
20	100	25		0,543	6,2	500—1310
30	150	50		1,140	6,6	700—2010
42	200	50		2,190	6,9	1000—2790
50	250	50		3,675	7,2	1300—3610
63	300	50	0,5 mm	5,107	7,6	1600—4260
84	400	100		8,750	8,0	2000—5575
115	500	100		14,350	9,2	2500—7150
122	600	100		19,660	7,8	3205—8350
160	750	150		31,700	8,2	4000—10 600
225	1000	150	0,36 mm	59,260	9,3	6000—14 500
280	1250	250		97,150	10,3	8000—18 500
370	1500	250		145,000	11,5	9000—22 700

Mit 1000-cm-Drehkondensator überlappt man bereits das Wellenbereich der Spulen.

In Spalte 3 sind die Windungszahlendifferenzen eingefügt. Sie geben also die Zahl an, nach wieviel weiteren Windungen man bei einer unterteilten Spule abzweigen wird. Diese logarithmische Abzweigeordnung ist stets praktisch. Man kann natürlich auch nach einem dekadischen System abzweigen, z. B. alle 50 oder 25 Windungen. Diese Abzweigzahlen sind also auch für Zylinder-spulen usw. zu empfehlen.

Genauer wie Gleichung (3) ist die Gleichung:

$$L = 4l \cdot r^2 \cdot n^2 K \quad (4)$$

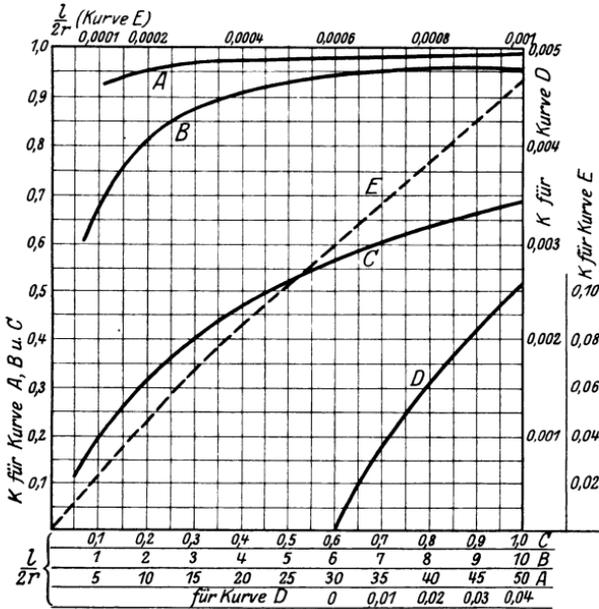
für alle runden Spulen gültig.

K ist ein Faktor, der von $\frac{l}{2r}$ abhängig ist. Er wird aus dem Diagramm entnommen.

¹⁾ Unter der Voraussetzung einer um ca. 1400 cm kontinuierlich variablen Kapazität im gleichen Schwingungskreise.

Anleitung zur Benutzung des Diagramms.

Um die Selbstinduktion einer Zylinderspule von der Länge l cm und dem Durchmesser $2r$ cm zu finden, bildet man den Quotienten $\frac{l}{2r}$. Dieser schwankt in seiner Größe von 0,0001 bis 50.



Um dieses große Bereich auf einem Diagramm genau darstellen zu können, ist es in 5 Teile geteilt; nämlich für:

Kurve	Bereich von $\frac{l}{2r}$ aufzusuchen	Bereich von k aufzusuchen
E	0—00001	oben
D	0—0,04	unten Zeile 4
C	0—1,0	unten Zeile 1
B	0—10,0	unten Zeile 2
A	0—50,0	unten Zeile 3

} 0—1,0
ganz rechts
rechts
links

Beim Aufsuchen benutzt man die Kurve mit dem kleinsten zureichenden Bereich, z. B. wenn $\frac{l}{2r} = 0,6$, die Kurve C. Jetzt steigt man vom Wert 0,6 (unten Zeile 1) senkrecht in die Höhe bis zur Kurve C. Von diesem Kurvenpunkt geht man horizontal

nach links und findet für k den Wert 0,57. Dieser ist dann in Gleichung (4) einzusetzen.

Für quadratische Spulen (Rahmenantennen) gilt annähernd (nach v. Hapbach)

$$L = 1,2 l \cdot s^2 \cdot n^2 \cdot K,$$

wenn s die Seitenlänge der Spule. K wird auch aus obigem Diagramm gefunden. s tritt für $2r$ in die Rechnung ein.

e) Material und Hilfstabellen.

Tabelle 3. Nickelindraht-Tabelle.

Durchmesser in mm	Querschnitt in m ²	Widerstand pro m in Ohm	Maximale Belastung in Amp.
0,05	0,00196	215	nur für Anodenstromkreis zu nehmen
0,08	0,0050	84	
0,1	0,0079	53,2	
0,2	0,0314	13,4	
0,3	0,0707	5,95	
0,4	0,1260	3,33	2,5
0,5	0,1960	2,15	4,5
0,6	0,2830	1,48	6,8
0,7	0,3850	1,09	8,0
0,8	0,5030	0,85	9,0
0,9	0,6360	0,66	9,75
1,0	0,7850	0,53	10
1,5	1,7670	0,23	23
2,0	3,1415	0,13	38
2,5	4,9062	0,08	45
3,0	7,0650	0,06	50

Tabelle 4. Kupferdraht-Tabelle.

Durchmesser in mm	Querschnitt in m ²	Widerstand pro m	Länge pro Ohm	Länge pro Kilogramm		
				blank	emailliert	1 fach Baumwolle umspinnen
0,1	0,0079	2,215	0,45	14 300	13 200	10 900
0,2	0,0314	0,554	1,8	3 576	3 340	2 782
0,3	0,0707	0,247	4,0	1 590	1 327	1 210
0,4	0,126	0,138	7,2	894	845	730
0,5	0,196	0,089	11,28	570	530	495
0,6	0,283	0,062	16,25	397	330	320
0,7	0,385	0,045	22,12	292	260	253
0,8	0,50	0,035	28,90	223	207	202
0,9	0,64	0,027	36,57	176	160	156
1,0	0,79	0,022	45,14	143	130	127

Tabelle 5.

Umrechnung amerikanischer (englischer) Drahtstärken in Millimeter.

Bezeichnung SWG =	Engl. Zoll	mm	Bezeichnung SWG =	Engl. Zoll	mm
50	0,0010	0,0254	21	0,032	0,813
49	0,0012	0,0305	20	0,036	0,914
48	0,0016	0,0406	19	0,040	1,01
47	0,0020	0,0508	18	0,048	1,22
46	0,0024	0,061	17	0,056	1,42
45	0,0028	0,071	16	0,064	1,62
44	0,0032	0,081	15	0,072	1,83
43	0,0036	0,091	14	0,080	2,03
42	0,0040	0,101	13	0,092	2,33
41	0,0044	0,111	12	0,104	2,64
40	0,0048	0,122	11	0,116	2,94
39	0,0052	0,132	10	0,128	3,25
38	0,0060	0,150	9	0,144	3,65
37	0,0068	0,172	8	0,160	4,06
36	0,0076	0,193	7	0,176	4,47
35	0,0084	0,213	6	0,192	4,87
34	0,0092	0,233	5	0,212	5,38
33	0,0100	0,254	4	0,232	5,89
32	0,0108	0,274	3	0,252	6,40
31	0,0116	0,294	2	0,276	7,01
30	0,0124	0,315	1	0,300	7,62
29	0,0136	0,345	0	0,324	8,23
28	0,0148	0,376	2/0	0,348	8,84
27	0,0164	0,416	3/0	0,372	9,45
26	0,018	0,457	4/0	0,400	10,16
25	0,020	0,508	5/0	0,432	10,97
24	0,022	0,559	6/0	0,464	11,78
23	0,024	0,610	7/0	0,500	12,70
22	0,028	0,711			

Zu Tabelle 3. Der Widerstand von Manganin ist ebenso groß, der von Konstantan, Resistan, Spezial und Rheotan ca. 15%, der von Chromnickel ca. 100% größer. Die maximal zulässige Belastung ist ungefähr entsprechend niedriger.

Bei Montage auf schmelz- oder brennbaren Materialien gehe man nur bis zu der halben Belastung.

Im übrigen gilt:

1. Der Drahtquerschnitt ist dem Quadrate des Durchmessers proportional.

2. Der Drahtwiderstand ist dem Querschnitt umgekehrt proportional.

3. Die Drahtlänge pro Ohm ist dem Querschnitt direkt proportional.

4. Die Länge pro kg ist dem Querschnitt umgekehrt proportional.

Da in den deutschen Veröffentlichungen vielfach noch die Maße der englischen Standard-Drahtskala verwandt werden, sei hier eine Umrechnungstabelle gegeben. (Nach E. Nesper: Zeitschr. „Der Radio-Amateur“, 1924.)

In der Tabelle 5 bezeichnet: SWG = Imperial Standard Wire Gauge.

In englischen Veröffentlichungen haben ferner folgende Abkürzungen die beistehende Bedeutung:

s.s.c. = einmal mit Seide umspinnen,

d.s.c. = zweimal mit Seide umspinnen,

s.c.c. = einmal mit Baumwolle umspinnen,

d.c.c. = zweimal mit Baumwolle umspinnen.

Tabelle 6. Lötzinlegierungen.

	x Teile Zinn + x Teile Blei		Schmelzpunkt in °C
1	100	50	187
2	100	100	192
3	100	125	210
4	100	200	235
5	100	300	246

2 und 3 für Amateurzwecke zu empfehlen.

II. Praktischer Teil.

1. Die Selbsterstellung von Empfängern und Empfängerteilen.

a) Empfangskreise.

Antennen sind die mit dem Äther gekoppelten, im allgemeinen groß dimensionierten Gebilde des ersten Schwingungskreises der Empfangsapparatur. Je nachdem, ob der erste Schwingungskreis nun ein offener ist oder ein geschlossener, spricht man von Hoch- oder Rahmenantennen.

Im allgemeinen nimmt eine Rahmenantenne nur den 100sten Teil der Energie einer Hochantenne auf. Es ist daher nicht möglich, mit einem Kristalldetektor (also ohne Röhren) mit einer Rahmenantenne zu empfangen. Die Rahmenantenne setzt immer eine beträchtliche Verstärkung voraus. Hochantennen haben keine oder nur eine sehr geringe Richtwirkung; sie sprechen also auf Wellen, die aus allen Himmelsgegenden kommen, gleich stark an. Luftstörungen aus allen Himmelsrichtungen werden daher von der Hochantenne auch aufgenommen. Die Störungen sind daher beim Rahmenempfang bedeutend geringer. Dieser hat eine ausgesprochene Richtwirkung. In der Ebene der Drahtwindungen ist der Empfang maximal, senkrecht zu dieser Ebene ist er gleich Null. Dazwischen finden sich alle Übergänge der Stärke. Die größte Lautstärke ist aber auch bei schlecht gewickelten, selbstgebauten Rahmen nur auf wenigen Winkelgraden ausgesprochen vorhanden, so daß oft ein Abweichen von 10 Grad genügt, um einen Empfang zum Verschwinden zu bringen, der vorher im auf dem Tisch liegenden Telephon noch in 1 m Entfernung zu verstehen war.

Jede der beiden Antennenarten gliedert sich in Freiantennen und Unterdachantennen. Freiantennen befinden sich frei in der Luft und sind den Unbilden der Witterung schutzlos ausgesetzt. Die anderen befinden sich auf dem Dachboden oder in der Wohnung oder sonstwo in gedeckten Räumen. Bei beiden Arten muß

man bestrebt sein, die Entfernung von der Erde möglichst groß zu gestalten, damit die Antenne den Wellen von allen Seiten ungehindert zugänglich ist. Auf freiem Lande wird man mit einer Antenne, die vom Fenster zu einem vereinzelt Baume führt, schon sehr gute Erfolge erzielen, wenn die Höhe über dem Erdboden 5–10 m beträgt. In der Großstadt hat eine gleiche

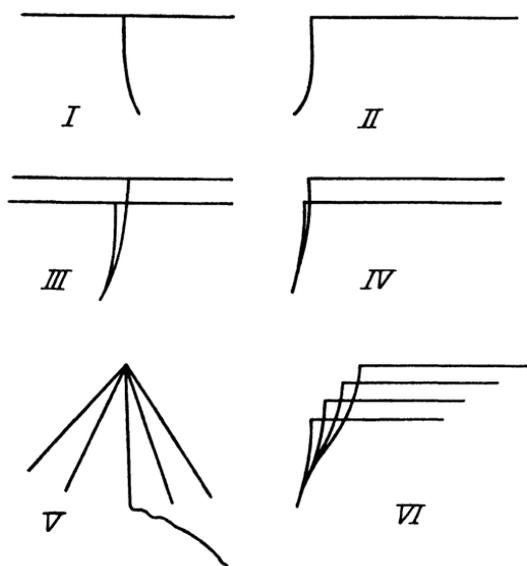


Abb. 66. Antennenformen.

- I* Eindraht T-Antenne,
- II* Eindraht L-Antenne,
- III* Doppeldrätige T-Antenne,
- IV* Doppeldrätige L-Antenne,
- V* Schirmantenne,
- VI* Harfenantenne.

Antenne viel schlechtere Wirkung. Alle metallischen Leiter der Umgebung der Antenne absorbieren und reflektieren die ankommende Energie, so daß für die Antenne immer weniger übrig bleibt. Die Balken der Häuser, die elektrischen Leitungen für Licht und Kraft und Telefon, die Klingelleitungen und viele anderen mehr repräsentieren diese Metallteile. Daher ist es in der Großstadt noch wünschenswerter wie auf dem Lande, die Antenne hoch über den

Häusern entlang zu ziehen. Die verschiedenen Antennenformen, welche in Frage kommen, sind in der Abb. 66 veranschaulicht. Die beste Wirkung mit einem Minimum von Drahtverbrauch wird durch die 50 m lange Eindrahtantenne erzielt. Erst eine 30–35 m lange doppeldrätige Antenne hat die gleiche Wirkung. Hat man daher genügend weit voneinander entfernte Befestigungspunkte zur Verfügung, so wird man die Eindrahtantenne wählen. Der Ableitungsdraht von der Antenne soll an einem Ende oder in der Mitte befestigt sein. Eine andere Zuführungsstelle empfiehlt sich nicht. Wird er am Ende befestigt, so ergibt sich die L-Antenne; bei Be-

festigung in der Mitte die T-Antenne. Der Steigedraht, also der Draht, der von der Apparatur zur Antenne führt, wird bei der L-Antenne immer an dem dem Apparate am nächsten befindlichen Ende angebracht. Hat man für die Lagerung der Antenne alle Möglichkeiten, so lege man die Antenne in die Richtung, in welcher man am meisten zu empfangen gedenkt. Baut man sich eine L-Antenne, so nehme man das Knie des L an der Seite, zu welcher die am meisten empfangene Station liegt. Bei jeder Freiantenne ist auf die gute Isolation hervorragender Wert zu legen. Bei trockener Witterung wird auch eine schlecht isolierte Antenne guten Empfang geben, wenn es jedoch feucht ist oder gar regnet, so bilden sich Kriechströme aus, die den Empfang überhaupt unmöglich machen können. Die Isolation der Hochantenne nimmt man am besten mit Eierisolatoren vor. 4—5 zu einer Isolierkette zusammengefügt, dürften für Amateurzwecke genügen.

Aus einer alten Weinflasche läßt sich auch ein guter Isolator selbst herstellen. Wir müssen ihr jedoch den Boden absprengen. Hierzu verfahren wir wie folgt: Zwei Wülste aus Schnur werden recht fest um den unteren Teil der Flasche gelegt. Beide Wülste laufen parallel und lassen zwischen sich einen ringförmigen Spalt des Flaschenglases sichtbar. Nunmehr wird ein kräftiger, knotenloser Bindfaden mit einem Ende an einem festen Gegenstand — einem Haken in der Wand oder auch der Türklinke — befestigt. Nachdem dies geschehen, wird der Bindfaden in einer Schleife um die Flasche in die Rille gelegt und das Ende einem Helfer zum Halten gegeben. Man faßt nun die Flasche mit beiden Händen auf beiden Seiten des Fadens und beginnt heftiges Armbeugen und -strecken in der Richtung des Fadens, der von dem Helfer möglichst straff gezogen wird. Durch die Reibung erhitzt sich die Flasche zwischen den Wülsten so stark, daß sie nach einigen Dutzend Bewegungen den Bindfaden sengt und es brenzlich zu riechen beginnt. Trotzdem gibt man noch einige Bewegungen zu und hält dann die Flasche sofort in einen Eimer kalten Wassers. In der Mehrzahl der Fälle glückt der Versuch, und das Glas springt zirkulär zwischen den Bindfadenwülsten. Wie wir nun die Flasche als Isolator benutzen, geht deutlich aus den Abb. 67 und 68 hervor. Die Verspannung hält sich von außen an der Flasche durch ein Drahtnetz, das direkt auf der Flasche — am besten auch aus Antennendraht — geflochten wird. Die Antenne

geht durch den Flaschenhals und endet in der Flasche an einem kleinen Kreisbrett. Selbstverständlich kann man die Antenne auch außen anbringen und nach innen die Verspannung führen. Dies ist im übrigen ein einfacher Weg, um sich einen reusenförmigen Antennenkörper herzustellen, welcher sich besonders zum Empfang kleiner und kleinster Wellen empfiehlt. Die Flasche oder die Isolierkette setzt man nicht direkt an den Abspannungspunkt, sondern man schaltet 1 m Hanfseil ein. Dieses Stück Hanfseil bedingt nicht nur seinerseits eine Isolation, sondern es schafft auch einen Abstand zwischen Antenne und Abspannungs-

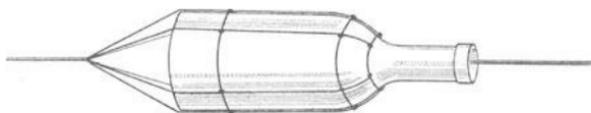


Abb. 67. Antennenisolator aus einer Flasche.

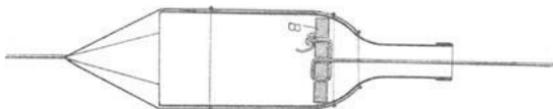


Abb. 68. Befestigung des Innendrahtes an dem Kreisbrettchen B.

punkt. Da der Abspannungspunkt im allgemeinen oft Erdleitung besitzt, verhindert man so eine zu große Kapazität der Antenne gegen Erde. Als Erde gilt nicht nur der Erdboden. Wenn wir eine Antenne über einem Zink- oder Kupferdach spannen, das meist mit dem Blitzableiter noch geerdet ist, so kann man das Dach als Erde ansehen. Hier würde nur ein recht hoher Mast auf dem Dache der Antenne eine wirksamere Höhe geben¹⁾. Es sollen sich die Antennendrähte nirgends einem Gegenstande mehr als 1 m nähern, vor allen Dingen nicht, wenn der Gegenstand leitend und geerdet ist. Mauern, Fenstersimse, Balkongitter usw. soll man also besonders meiden. Die Wellen gehen nicht nur auf der Oberfläche des Drahtes entlang, sondern auch in seiner Umgebung. Daher führt man die Zuleitung zu der Antenne nicht unter denselben Gesichtspunkten wie eine Telephon- oder Starkstromleitung. Es ist unvorteilhaft, die Zuführung

¹⁾ Jedoch das Dach selber mal als Antenne versuchen.

durch eine große Anzahl Zimmer zu führen, womöglich noch auf Isolatoren an Steinwänden entlang oder durch Steinwände hindurch. Man tut besser, den Apparat in der Nähe des Ortes aufzustellen, wo der Steigedraht in das Gebäude kommt. Durch Anlage von Leitungen und Steckdosen kann man bequem die niederfrequenten Ströme in jedes Zimmer der Wohnung leiten. Mit der Hochfrequenz gehe man nie hausieren! Den Zuführungsdraht läßt man also frei von der Antenne in einem Bogen herabhängen und führt ihn durch das Fensterkreuz. Also auch hier vermeidet man die Nähe der Mauer! Der Antennendraht selbst als auch die Zuführung werden nun doch mit anderen stromdurchflossenen Leitern in Verbindung stehen, wenn auch der Abstand immer größer als 1 m gehalten worden ist. Es kann daher die Antenne durch diese immerhin noch benachbarten Ströme influenziert werden, wodurch Nebengeräusche entstehen können. Die Antenne soll daher möglichst alle als Störer in Betracht kommenden Leitungen senkrecht kreuzen, da dann eine Induktionswirkung praktisch nicht vorhanden ist. Da es sich oft darum handelt, mehrere dieser Fremdleitungen zu vermeiden, kann das Problem des senkrechten Kreuzens sehr schwierig werden. Man wird dann besonders auf die am nächsten laufenden Leitungen und auf die, welche die stärksten Ströme führen, die meiste Rücksicht nehmen.

Eine gute Hochantenne, welche womöglich über den Blitzableitern angebracht ist, ist ihrerseits eine Blitzgefahr, wenn man sie nicht durch Erden selbst zu einem guten Blitzableiter macht. Auch hieran muß man denken, denn der Blitz muß überall gute und feste Kontakte vorfinden, damit er auch den Weg geht, auf den wir ihn leiten wollen. Die Antenne führt daher nie direkt zu der Apparatur, sondern erst zu dem Hebel eines einfachen Umpol Schalters. Dieser gestattet, die Antenne sowohl an den Apparat als an die Erde zu legen. Bei Nichtgebrauch und bei Blitzgefahr muß dieser Schalter immer an Erde liegen. Es ist sehr gut, wenn man diesen Schalter außen am Fensterkreuz anbringt und die Erdung des Schalters auch draußen anlegt. Jedenfalls soll man für den Blitzschutz nicht dieselbe Erdungsleitung benutzen wie für die Apparatur, also nicht dadurch erden, daß man die Antennenklemme und Erdklemme des Apparates kurzschließt! Diese Art der Blitzableitung hat

gewöhnlich schlechten Kontakt und kostet, wenn der Blitz wirklich einschlagen sollte, die Apparatur. Die Antenne soll also ohne jede Verbindung mit dem Empfänger direkt an Erde liegen,

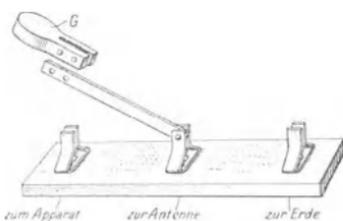


Abb. 69. Sogenannter Blitzschalter.

Bezüglich der Kontakte vgl. Abb. 158/159. Der Griff G ist der Deutlichkeit halber abmontiert gezeichnet.

und diese Erdleitung soll möglichst außen am Hause entlang gehen. Die Bedeutung dieser Ausführungen ist für das freie Land von größerer Wichtigkeit als für die Stadt. Eine richtig geerdete Antenne ist keine Blitzgefahr, sondern ein nicht zu unterschätzender Blitzschutz. In der Stadt, wo die Blitzableiter und Antennen sich häufen, schaffen all diese Gebilde sogar einen Ausgleich der Lufterktrizitäten, so daß Ge-

witter verhindert werden können. Bei nahendem Gewitter wird man mit dem Empfang aufhören, d. h. bei nahendem Gewitter treten so viele Nebengeräusche und Störungen auf, daß ein richtiger Empfang von selbst aufhört. Will jemand doch während des Gewitters Empfangsversuche machen, so ist hierfür die Rahmenantenne ein viel geeigneteres und ganz ungefährliches Instrument — wenn, was wohl nicht anzunehmen ist, der Amateur sich kein riesiges Gebilde im Freien baut. Das Schaltungsschema des Blitz-

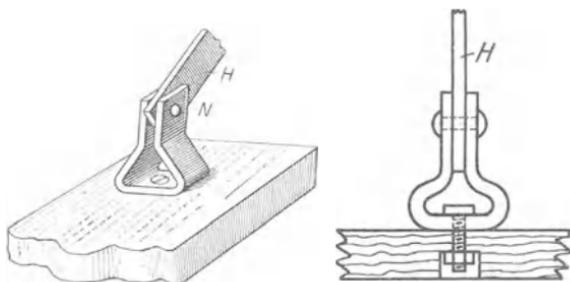


Abb. 70 und 71. Lagerung eines Schalterhebels.

H = Hebel, N = Niete

schalters usw. geben die Abb. 69 bis 71. Textliche Einzelheiten für die Selbsterstellung desselben sowie weitere Abbildungen siehe: Hochohmwidstände.

Die Punkte, an welchen man die Antenne befestigt,

müssen genügend stabil sein, um auch auf die Dauer den Zug des Drahtes auszuhalten. Durch Schnee und Reif kann das Gewicht des Drahtes beträchtlich zunehmen, man muß also die Festigkeit der Stützpunkte eher nach oben übertreiben. Natürlich spielt

eine große Rolle, welche Anforderungen man selbst an die Festigkeit stellt. Wer auf dem Lande seine Antenne vom Fenster an einen Baum zieht, kann natürlich zur Befestigung einen Nagel einschlagen. Es ist nicht zu sagen, wie lange ein solcher Nagel zu halten geruht. Da er sicher in einem Moment abgeht, wo man gerade gestört wird, ist es doch vorteilhaft, auch dort, wo weder Schaden durch den fallenden Draht, noch besondere Arbeit bei der Wiederanbringung entsteht, gleich von vornherein für gute Befestigung zu sorgen. Schornsteine werden mit dem Hanfseil umschlungen, Bäume werden auch umschlungen, und die Abspannung wird so lang gewählt, daß die Antenne selbst nicht mehr in das Bereich der Zweige fällt, wobei man nicht vergesse, an die Belaubung im Sommer zu denken! Bei Stangen und mastenförmigen Gebilden muß man besonders auf die Stabilität Rücksicht nehmen, — im übrigen muß man bei Bruch dem Hauswirt allen Schaden ersetzen.

Fahnenstangen, die nicht dick genug sind, kann man nach einer bis drei Richtungen durch

Drahtseile oder geteerte Taue stützen. Hierdurch erhöht man die Widerstandskraft bedeutend. Wenn man sich mit einer Versteifung begnügen kann, so wird sie an der Gegenseite der Antenne angelegt, um die Zugspannungen aufzufangen.

Wesentlich einfacher wird der Bau der Antenne, wenn wir sie in gedeckten Räumen unterbringen (Abb. 72). Gegenüber einer schlecht isolierten Außenantenne ist eine Innenantenne wirksamer. Unter einem Metaldach können wir auf dem Boden natürlich keine Antenne anbringen. Steht uns ein langer Bodenraum zur Verfügung, so werden wir eine L-Form wählen. Ist er kürzer, so müssen wir mehrere Drähte spannen und nähern uns dem Bilde der Harfenantenne. Den Abstand der Drähte voneinander nehmen wir $1-1\frac{1}{2}$ m. Auch können wir den Draht im Zickzack den Boden entlang ziehen, hier muß der Abstand der Befestigungspunkte mindestens 1 m betragen (Abb. 72 III). Eine

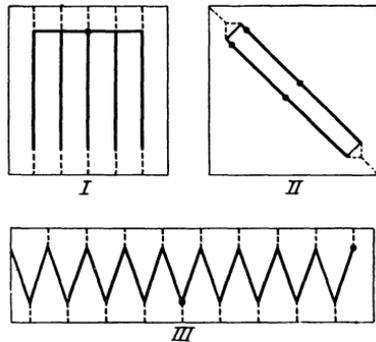


Abb. 72. Unterdachantennen.

— Draht, --- paraffinierte Verspannungsschnur, • Punkte für Ableitungen.

solche Antenne auf dem Boden ist einer Außenantenne meist gleichwertig. Je tiefer wir mit der Antenne gehen, um so geringer wird die Wirkung derselben sein. Wer im Erdgeschoß in der Wohnung seine Antenne spannt, muß in der Stadt sicher Glück haben, wenn er guten Empfang erhält. Die Isolation bedarf nicht so großer Vorsicht, da die Innenräume meist gleichmäßig trocken sind. Kleine Porzellanisolatoren, an denen eine kleine, 20 cm lange Schnur befestigt ist, welche an den Antennendraht geht, genügt. Hat man die Schnüre in Paraffin gekocht, so kann man sie direkt an einem Nagel in der Wand befestigen. Wenig sichtbar ist die Anordnung nach Abb. 73, welche die Wand schont. Sonst gilt für die

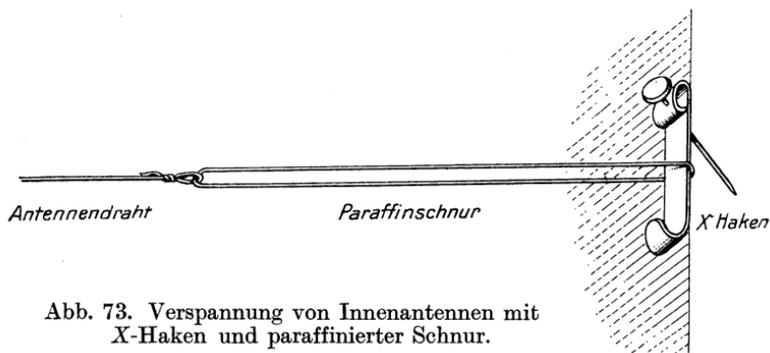


Abb. 73. Verspannung von Innenantennen mit X-Haken und paraffinierter Schnur.

Innenantenne alles, was für die Außenantenne gesagt wurde; es ist bloß bei dem zur Verfügung stehenden beschränkten Raume schwerer zu bewerkstelligen, daß alle günstigen Momente wahrgenommen werden. Eine große Empfangsapparatur kann viele Mängel der Antenne wettmachen. Bei solchen Empfängern genügen dann für eine nahe Sendestation oft die primitivsten Mittel. Ein Draht von einigen Metern Länge, auf den Fußboden geworfen oder über ein paar Stühle gehängt, eine Bettstelle, eine elektrische Stehlampe, die Gasleitung als Antenne, die Wasserleitung als Erde. Kurz, alle mehr oder minder gut von der Erde isolierten metallischen Leiter. Noch auf eine Möglichkeit für Hilfsantennen sei hingewiesen. Ein Draht vom Dach durch das Treppengebäude, diesen wird man isoliert wählen. Schließlich kann ein Apparat auch ohne Antenne empfangen, wenn die Verstärkung eine derartige ist, daß das kurze Drahtstück des Antennenkreises, welches in der Apparatur liegt, genügt, resp. die Selbstinduktions-

spule des Zwischenkreises als Rahmen wirkt. Alle diese Extreme sind sehr interessant, aber nicht als Maßstab anzusehen. Auch heute gilt noch, daß eine gute Antenne unersetzbar ist.

Die Erdung. Alle mit offenem Empfangskreise arbeitenden Apparaturen bedürfen einer guten Erdung. In der Stadt ist diese durch die Wasserleitung gegeben. Mit einer Blechschelle befestigt man den Erddraht an dem Zuführungsrohr vor dem Hahn. Die Zuleitung von dort zum Apparate soll nicht überflüssig lang sein. Isolation ist für diese völlig unnötig. Auf dem Lande nehme man den Blitzableiter, der bei guter Erde vorzüglichen Empfang gestattet. Sonst versenke man eine möglichst große Metallfläche in einem Tümpel oder Brunnen, z. B. ein 2 m langes altes Gasrohrende. Mit dem Erdbohrer kann man mitunter bis in das Grundwasser kommen und erreicht hierdurch eine gute Erdung. In allen Fällen hilft die Errichtung eines Gegengewichtes. Dieses ist ein beliebiges Drahtgebilde, das ein Vielfaches der Antennenlänge haben soll.

Wie an anderer Stelle bereits ausgeführt, kommt eine Rahmenantenne nur für eine Röhrenapparatur in Frage. Da der Empfang gleich im Antennenkreise durch einen geschlossenen Schwingungskreis stattfindet, sahen wir auch bereits früher, daß die Verwendung eines Zwischenkreises sich erübrigt. Die Selbstinduktion des Empfangskreises wird daher beim Rahmenempfang oft ganz in die Rahmenantenne verlegt. Selbsverständlich kann man auch vor die Rahmenspule Verlängerungsspulen schalten (z. B. Abb. 49), für welche sich, wie allerorten, Honigwabenspulen, Flachspulen, Einlagenspulen, Schiebepulen usw. eignen. Rückkoppeln kann man dann auf den Rahmen direkt (z. B. Abb. 50) oder auf die Verlängerungsspule. Bei kürzeren Wellen ist es vorteilhafter, Spulen von etwas größerem Durchmesser zu nehmen, 1,5—2 m Kantlänge, bei 6—8 Windungen mit 3 cm Abstand. Für längere Wellen sind auch Spulen von 1 m Kantlänge (und darunter) gut verwertbar. Ganz kleine Spulen geben bei entsprechender Apparatur auch Empfang. Da die Rahmenantennen sehr leicht zu verfertigen sind, ist es gut, wenn man einige derselben sich macht. So wird man die große Antenne vielleicht fest an der Wand über Holzpaneele (Abb. 74) montieren. Man bringt sie an der Wand an, welche am besten in der Richtung der am meisten abgehörten Station liegt. Die 1 m große Antenne läßt sich bereits in einem

Zimmer drehbar montieren. Für die Montierung genügen gewöhnliche Bretter, da man isolierten Draht verwenden wird. Die

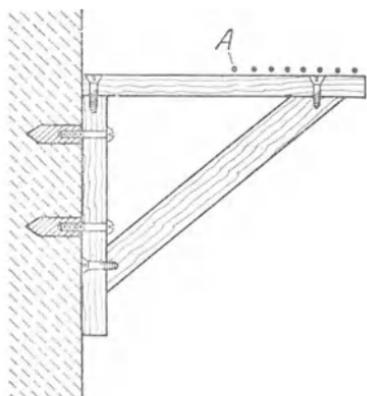


Abb. 74. Montage der Rahmenantenne an der Wand.

Der Antennendraht *A* ist möglichst weit von der Wand entfernt.

langen Bretter werden nach Abb. 75 zusammengefügt. Auf die Enden des kreuzförmigen Gestells werden 4 Querbretter (*R* in Abb. 75) geschraubt, deren Länge für die Rundfunkwellen 20–25 cm betragen wird. (Hochfrequenzlitze oder Vollkupfer von 1 mm².) Es ist nicht praktisch, eine solche Antenne auf einen Fuß zu stellen. Am besten hängt sie an der Decke, wo sie am wenigsten stört und auch am wenigsten gestört wird.

Bringt man sie statt einer Krone in der Mitte des Zimmers an, so kann bei hohen Räumen ihre Abmessung noch größer sein. Bei allen Rahmenantennen ver-

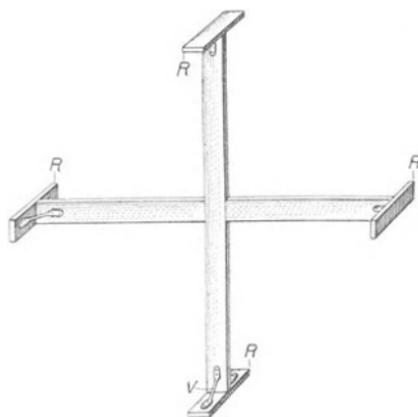


Abb. 75. Grundgestell für eine Rahmenantenne mit 8 Versteifungen *V*.

gesse man nicht, auch das Aussehen sehr zu berücksichtigen, sie sind ein immerhin auffallendes Möbel, welches nicht den Zimmereindruck verderben darf. Daher muß das Holz nicht nur gehobelt, sondern auch gebeizt und lackiert werden — eine geringe Mühe im Vergleich zu der besseren Wirkung aufs Auge¹⁾. Auch sieht es nicht schön aus, wenn die Drähte lasch und winkelig hängen. Sie sollen stramm gespannt sein und in gleichem

Abstände gezogen werden. Um die Drähte straff spannen zu können, versteife man die Querbretter *R* des Grundgestells durch die 8 Versteifungen *V*, welche man sich aus 15 cm langen Band-

¹⁾ Vgl. S. 76.

eisenenden nach Abb. 76 herstellen kann. Die straffen Drähte heben nicht nur das Aussehen, sondern bedingen auch eine bessere Peilwirkung des Rahmens. Will man verschiedene Windungszahlen in den Rahmen einschalten können, so erreicht man dies mit einem einfachen Kurbelschalter, wie er weiter hinten in Abb. 181 gezeigt ist. Der übrige Teil des Rahmens endet blind und kann durch Schwingen den Empfang stören. Es ist daher vorteilhafter, durch ein Stöpselbrettchen die Schaltungen nach Belieben ändern zu können (Abb. 77). Zum Unterteilen bei Stöpselschaltung empfiehlt sich z. B. für einen Rahmen mit 31 Windungen, bei 1, 3, 7 und 15 Windungen zu unterbrechen. Wenn die zwischen den Unterbrechungen liegenden Windungszahlen steigen, so läßt sich jede ganze Zahl von Windungen einstöpseln. Auch kann man einen Teil der Windungen für die Rückkopplung benutzen.

Drehfüße für stehende Rahmenantennen. Die Fußgrundfläche soll ein Minimum nicht unterschreiten, da sonst der Rahmen leicht kippt. 10 cm Durchmesser genügt für Rahmen bis 60 cm Kantenlänge, 25 cm für Rahmen von 1 m Kantenlänge. Größere Rahmen wird man immer an die Decke hängen. Die Füße müssen im Verhältnis zum Rahmen schwer sein. Folgende Konstruktion läßt sich leicht ausführen. Abb. 78 zeigt im Querschnitt einen Kasten, dessen Grundfläche 25×25 cm ist. (Ansicht des Kastens Abb. 79.) In der Mitte durchzieht den Kasten ein Holzklötz, in welchem nach genauem Vorbohren ein Stück einer Gardinenstange eingeschlagen ist. Um den Kasten schwerer zu machen, kann man ihn mit

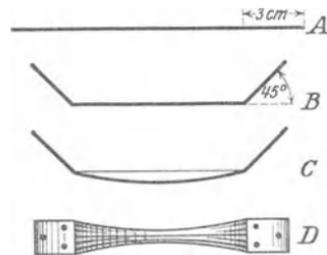


Abb. 76. Herstellung der Versteifungen zur Rahmenantenne.

Das Bandeisens *A* wird an den Enden umgebogen (*B*) und in der Mitte abgeflacht (*C*) so daß *D* die Flächenansicht wird.

die zwischen den Unterbrechungen liegenden Windungszahlen steigen, so läßt sich jede ganze Zahl von Windungen einstöpseln. Auch kann man einen Teil der Windungen für die Rückkopplung benutzen.

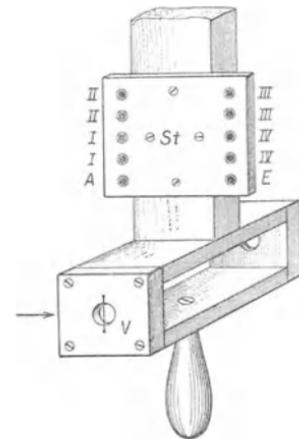


Abb. 77. Rahmenantenne.

Unteres Ende mit Stöpselbrett *St* für vierfach völlig unterbrochene Leitung. *V* = Visiervorrichtung; Pfeil in Augenhöhe.

Kies füllen. Damit die Füllmasse nicht hin und her schaukelt, mischt man Gips oder Zement bei. In die Achse des Rahmen-

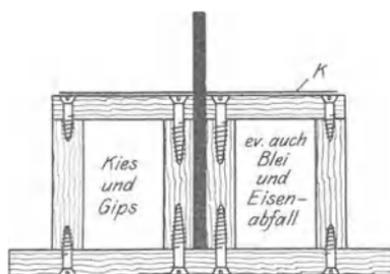


Abb. 78. Drehfuß für Rahmenantenne.

K = Peilkarte oder Windrose.

aus einem Fuß für einen Weihnachtsbaum einen Rahmenfuß zu machen.) Ein Zeiger, der an dem Rahmen befestigt ist, bewegt sich über einer Skala, die auf dem Kastendeckel angeklebt ist. Die Skala kann in Form einer Windrose gehalten werden. Man kann auch eine der Peilkarten nehmen, welche käuflich zu erwerben sind. Peilkarten sind für jeden Ort der Erde verschieden und gehen nur an dem Ort zu gebrauchen, welcher den Mittelpunkt der Karte bildet. (Die in größeren Atlanten vorhandenen Karten, welche die Erde vom Pol aus gesehen zeigen, wären Peilkarten für eine Rahmenantenne, die auf dem Pol steht.)

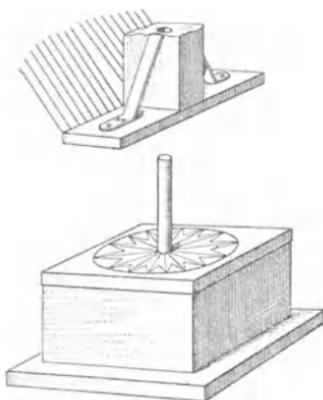


Abb. 79. Ansicht des Drehfußes.

Drehvorrichtung für hängende Rahmenantennen. Auch die hängende Rahmenantenne braucht eine Drehvorrichtung, denn ein Faden würde immer zu große Torsionskraft haben, und die Antenne käme nicht zur Ruhe.

Die Drehvorrichtung kann man ganz einfach gestalten. Ein Brett (*A* in Abb. 80) entsprechender Größe wie *R* in Abb. 75, von 1–2 cm Dicke wird in der Mitte durchbohrt. Hier wird ein Bolzen (siehe Abb. 138) durchgeführt, der sich an der kleinen Blechscheibe *S* der Abb. 81 reibend bewegen kann. Mit zwei

kleinen Brettchen *B* wird das Bolzenbrett am Rahmen befestigt¹⁾. Denken wir uns die Abb. 80 umgekehrt und statt des Bolzens einen Holzgriff eingeschraubt, so haben wir gleich eine bequeme Handhabe zum Drehen der Antenne. In der Abb. 77 war diese Konstruktion gezeichnet. Die kleinen Seitenbretter sind mit einem zentralen Loch von einigen Zentimetern Größe versehen, die Löcher kann man im senkrechten Durchmesser mit einem Draht überspannen (vgl. Abb. 164), wodurch man eine sehr genaue Visiervorrichtung erhält. — Die Verbindungslinie der Visierlöcher *V* soll dann in

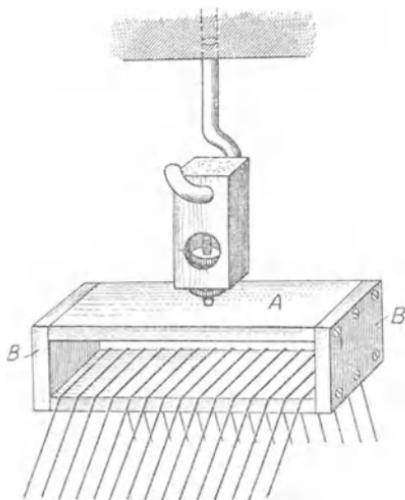


Abb. 80. Drehvorrichtung für hängende Rahmenantenne.

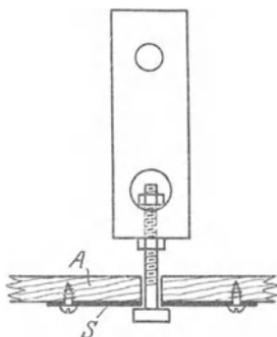


Abb. 81. Die Drehvorrichtung der Abb. 80 im Querschnitt.

Augenhöhe hängen (\Rightarrow in Abb. 77), wonach man zweckmäßig gleich die Größe der Antenne bemessen kann²⁾. Kleine Zettel mit einer Marke an der Wand bezeichnen dann die einzelnen Stationen, deren Richtung man durch Anpeilen oder nach der Karte bestimmt.

b) Abstimmittel.

1. Kapazitäten (Kondensatoren).

Kontinuierlich veränderliche Kapazitäten. Die Dimensionierung der Teile kann man sich aus den Angaben im theoretischen Teile dieses Buches errechnen. Man wird dabei Rücksicht

¹⁾ Wie die Antenne an der Zimmerdecke befestigt wird, geht genügend aus der Abb. 80 hervor.

²⁾ Zimmerhöhe vermindert um Augenhöhe gleich Antennendiagonale.

auf die vorhandenen Materialien nehmen und fernerhin die Größe auch nach dem Raume wählen, der für die Anbringung der Einzelteile zur Verfügung steht.

Die im Handel am weitesten verbreiteten Kondensatoren, welche kontinuierlich variabel sind, sind die Drehkondensatoren. Ihre Selbsterstellung ist bei Vorhandensein einiger Werkzeuge absolut nicht so schwierig, wie es auf den ersten Blick scheint. Die Darstellung wird jedoch um so schwerer und erfordert um so größere Sorgfalt, je mehr Kapazität man auf ein und demselben Raume unter Beibehaltung der Luft als Dielektrikum unterbringen will. Ich will daher mit einer räumlich relativ ausgedehnten Konstruktionsbeschreibung beginnen.

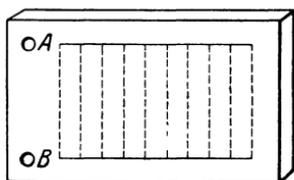


Abb. 82. Grundbrett eines Drehkondensators.

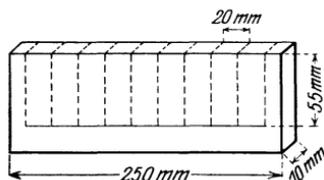


Abb. 83. Seitenbrett eines Drehkondensators.

Auf ein Grundbrett gemäß Abb. 82 zeichnen wir uns ein leiterförmiges Gebilde mit Zirkel und Lineal auf. Der Abstand zwischen den einzelnen Sprossen betrage z. B. 2 cm, die Breite der Leiter 11 cm. Bei 10 Sprossen werden wir dann das Brett 25 cm lang und 15 cm breit wählen, so daß allseitig ein Rand von 2,5 cm bleibt. Jetzt verfertigen wir uns ein ähnliches Brett, bei welchem jedoch die Abbildung ganz an den Rand gerückt ist. Abb. 83 zeigt hierfür die Maße. Die Länge der Zähne dieser kammförmig aussehenden Abbildung sind stets halb so lang zu wählen, wie die Sprossen der Leiter lang waren, d. h. in unserem Falle 5,5 cm. Mit der Laubsäge werden jetzt die in den Abbildungen gepunktet gezeichneten Linien eingesägt, wobei wir uns bemühen, die Säge recht senkrecht zu halten. (Wie man dies sehr leicht bewerkstelligt, kann man unter technischen Winken nachlesen.) Nunmehr gehen wir zur Herstellung des einen Kondensatorbelages über, der in den soeben verfertigten Schlitzten der beiden Bretter seinen Halt finden soll. Durch die Größe der Schlitzte bedingt, muß er $5,5 \times 11$ cm Größe pro Platte haben, bei einer Holzdicke von

1 cm kommen auf zwei Seiten noch 1 cm zu. Fernerhin brauchen wir $1\frac{1}{2}$ cm für die Befestigung. Die zu schneidenden Blechplatten müssen also für unseren Fall $13\frac{1}{2} \times 8$ cm groß sein. Auf jeder dieser Platten bringen wir nun mit einem scharfen Nagel einen Riß an, wie ihn die Abb. 84 zeigt. Die ausgezogenen Linien sind geschnitten, an den punktierten Linien wird besonders stark mit dem Nagel geritzt, und dort werden die einzelnen Blechzungen umgebogen, und zwar die langen Zungen und die kurzen Zungen je unter sich abwechselnd nach verschiedenen Seiten. Das Umbiegen der

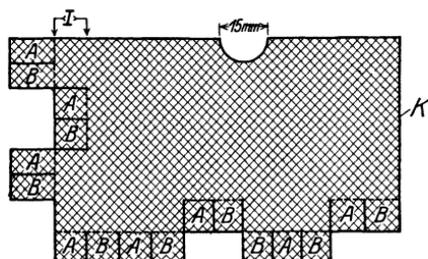


Abb. 84. Riß einer stehenden Kondensatorplatte.

kurzen Zungen der langen Seite kann gleich geschehen, dann werden die Bleche in die Spalten der Leiter so eingeführt, daß die kurzen, nicht eingeschnittenen Kanten *K* alle an einer Seite liegen. Nachdem man sich überzeugt hat, daß die Zungen auf der Vorderseite gut aufliegen, werden die Zungen auf der Hinterseite umgebogen. Sowohl die vorderen, als auch die hinteren Zungen können nunmehr bereits auf dem Grundbrette befestigt werden. Dies geschieht entweder dadurch, daß man kleine Nägel oder Schrauben durch vorher mit einem starken Nagel geschlagene Löcher führt, oder dadurch, daß man die Zungen auf untergeschobene dünne Blechstreifen verlötet, wodurch dann alle 10 Platten untereinander in guten Kontakt kommen. Auch wenn man die Befestigung durch Nägel oder Schrauben bewirkt, so muß man, um den guten Kontakt zu gewährleisten, an einer Stelle je zwei benachbarte Platten verlöten. Abb. 85 veranschaulicht das Aussehen einer Platte auf dem Grundbrette. Nunmehr wird der Holzkamm über die noch nicht umgebogenen langen Zungen der noch freien Blechkante geschoben und auf gleiche

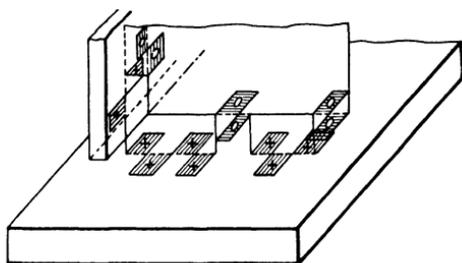


Abb. 85. Montage einer Kondensatorplatte.

Man

Weise befestigt. Einige durch das Grundbrett geführte Schrauben oder Nägel befestigen den Kamm genügend an dem Grundbrett. Von den Blechstreifen führt auf der Rückseite ein Draht zu einer Klemmschraube *A*, die in dem Grundbrette befestigt ist.

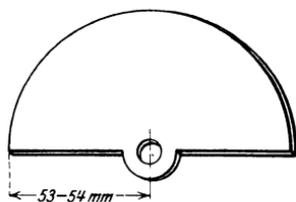


Abb. 86. Bewegliche Kondensatorplatte.

Nunmehr folgt die Herstellung des beweglichen Plattensatzes. Da wir 10 feste Platten hatten, benötigten wir 9 bewegliche (Abb. 86). Diese werden an einer durchgehenden Messing- oder Eisenstange befestigt. Wir werden die Stange mindestens 25 cm lang wählen, damit wir genug Raum für die Lager und die Drehvorrichtung haben.

Wir beginnen nun mit der exakten Markierung des 2-cm-Abstandes, wobei wir darauf Rücksicht nehmen, daß auf der einen Seite für die Befestigung des Drehknopfes 1—2 cm mehr überstehen muß. Wenn wir also die Platten genau in die Mitte der ganzen Stangenlänge setzen, so wird von selbst nachher 1 cm auf einer Seite überstehen, da ja die Platten zwischen die Platten des Grundbrettes zu stehen kommen. Die Stangendicke wähle man mindestens 5 mm dick, besser ist es, sie reichlicher zu bemessen. Es gelingt dann leichter, durch Löten einen festen Halt zu erreichen. Für das Löten beachte man, daß man die Stange, bevor man die erste Platte anlötet, tüchtig mit Schmirgelpapier reinigt; denn wenn erst die erste Platte fest sitzt, dann ist das Abschmirgeln

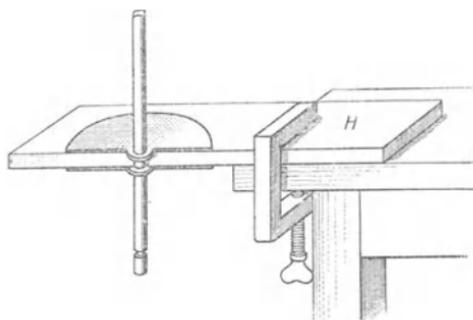


Abb. 87. Anlöten der Platten des beweglichen Satzes unter Wahrung des Abstandes durch die Holzplatte *H*.

viel umständlicher. Um sich das Löten in einem möglichst genauen Abstände zu erleichtern, tut man gut, sich zwischen die zuvor angelötete und die zur Verlötlung aufgelegte Platte eine kleine Holzscheibe von 2 cm Dicke zu legen. Dann wird es nicht schwer, den genauen Abstand einzuhalten (Abb. 87). Dennoch

probiert man zwischendurch des öfteren, ob auch die Platten zwischen die der stehenden Reihe passen. Für die Lagerung der Achse schneiden wir uns 2 Brettchen von 11×7 cm, welche in der Mitte der Längskante einen Einschnitt *E* für die Achse erhalten.

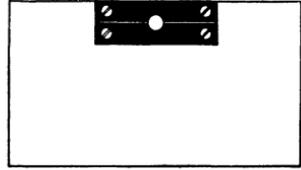


Abb. 88. Aufsicht des Lagers.

Diese werden, damit sie gut isolieren, in Paraffin gekocht. Wie Abb. 88 und 89 zeigen, werden nun zwei Enden Bandeisen so befestigt, daß die in sie hineingefeilten Halbkreise eine genaue Lagerung ergeben. Wie man durch Einfeilen der Achse auch jede seitliche Verschiebung des beweglichen Plattensatzes verhindert, zeigt die Abb. 89, welche ein Rillengerät vor Augen führt, während eine Lagerung durch eine aufgelötete Muffe in der Abb. 90 dargestellt ist. Befestigen wir nun die Lagerbretter an dem Grundbrett, so wäre unser Kondensator bereits fertig — er würde funktionieren, sowie wir von dem beweglichen Belage einen Draht zu einer zweiten Klemme *B* (Abb. 82) auf dem Grundbrett geführt hätten. Diese Verbindung stellt man dadurch her, daß man ein kleines Stückchen Litzendraht

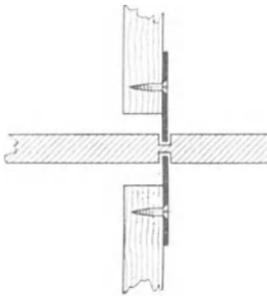


Abb. 89. Lagerung durch eingefeilte Rille.

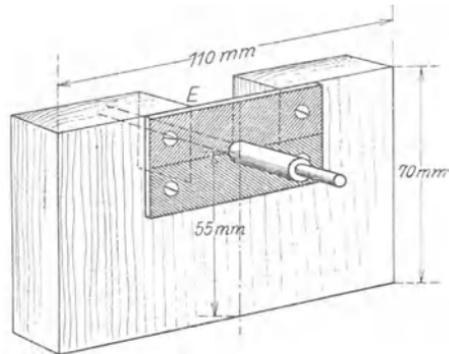


Abb. 90. Ansicht des Lagers.

oder auch einen federnden Messingstreifen an der Achse mit dem einen Ende und an dem Lager mit dem anderen Ende verlötet. Von dem Lagerblech geht nunmehr der Draht zu der Klemme. Wenn auch das Lager, besonders wenn es ein wenig klemmt, guten Kontakt gibt, so empfiehlt sich doch diese absolut sichere

Verbindung. Noch hat der Kondensator die unangenehme Eigenschaft, je nach der Richtung der Schwerkraft eine bestimmte Lage einzunehmen. Wir können diesen Fehler durch eine kleine Konstruktion, welche Abb. 91 und 92 zeigt, beheben.

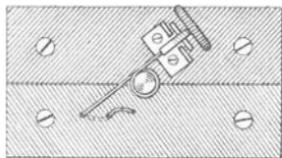


Abb. 91. Bremsvorrichtung bei Lager mit Rillenführung.

An dem einen Lagerblech befestigen wir durch Hindurchführen und Verlöten einen dünnen Stahldraht, der in einer Schlinge die Achse umläuft und dann zu einer Regulierschraube führt. Man kann dann die Spannung recht gut und mit ihr die Reibung sehr genau regulieren, so daß der Plattensatz in jeder Lage fest steht und trotzdem der Drehung nur ein Minimum

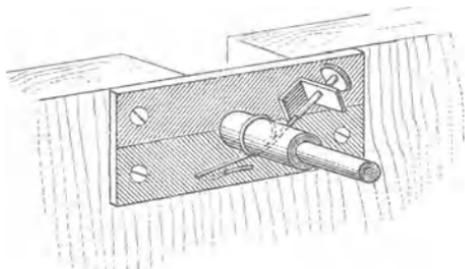


Abb. 92. Dieselbe Bremsvorrichtung in Ansicht bei Muffenführung.

Kapazität eines Kondensators mit dem zunehmenden Abstände der Platten ab. Da bei diesem Kondensator der Abstand ein sehr

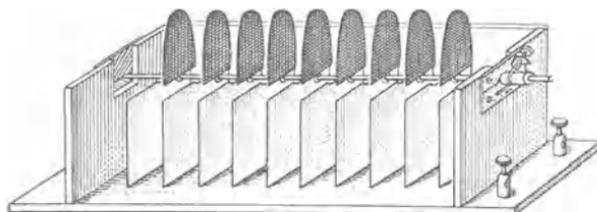


Abb. 93. Fertiger Drehkondensator.

großer, so wird die Kapazität desselben eine relativ geringe sein, d. h. das Wellenbereich, welches man mit ihm bestreichen kann, ist auch gering. Je geringer jedoch die Kapazität, um so leichter ist die Einstellung scharf durchzuführen. Wer im Basteln schon einige Erfahrungen hat, wird den Plattenabstand auch auf die Hälfte und weniger reduzieren können (dann aber ganz ebene Bleche!). Der Hauptvorteil obigen Kondensators

von Widerstand entgegen setzt. Die Selbsterstellung des Drehknopfes oder einer sonstigen Drehvorrichtung ist an anderer Stelle nachzulesen. Ohne Knopf gibt Abb. 93 das Aussehen des fertigen Kondensators wieder.

Wie im theoretischen Teile ausgeführt, nimmt die Kapazität desselben eine relativ geringe sein, d. h. das Wellenbereich, welches man mit ihm bestreichen kann, ist auch gering. Je geringer jedoch die

besteht darin, daß er wirklich fast ohne Zutaten, wenn auch nicht ohne Handwerkszeug, zu fertigen geht. Blech von Zigarettenschachteln genügt in der Stärke vollständig. Als Feinabstimminstrument ist obiger Kondensator absolut brauchbar. Für große Kapazitäten wird seine Größe unförmig, andererseits kann seine Isolierung durch Paraffinieren aller Holzteile sehr hoch getrieben werden, so daß er auch für kleine Sendeenergien Verwendung finden kann.

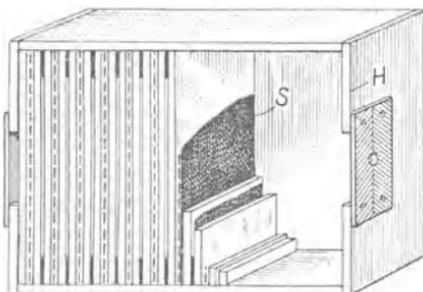


Abb. 94¹⁾. Stehender Plattensatz eines Drehkondensators.

H = Holzkasten,
 und S = Silberpapier,
 --- = photograph. Platten,
 — = Pappstreifen

Weicht man von der Luft als Dielektrikum ab, so kann man auch bei weniger genauer Arbeit den Abstand der Platten gering wählen.

Alte photographische Platten geben vorzügliche Kondensatoren. Abb. 94 gibt die Anordnung des stehenden Plattensatzes. Um die Zwischenräume für die beweglichen Platten zu wahren, sind dünne Pappstreifen eingelegt. Der Metallbelag besteht aus Silberpapier, das möglichst eben zwischen zwei Glasscheiben liegt und hinten in der Abbildung verbunden ist. Zusammengehalten wird das Ganze durch einen Holzkasten, der gleich die Lager für die beweglichen Platten trägt. Bei den beweglichen Platten empfiehlt sich hier zu der Konstruktion der Abb. 95 mit Zwischenscheiben (also ohne Löten) überzugehen.

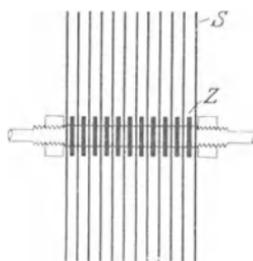


Abb. 95. Drehplattensatz wie bei den käuflichen Kondensatoren. S = Scheibe nach Abb. 86, Z = Zwischenring.

Der nun folgende Kondensator, nämlich der Drehkondensator des Handels in fast getreuer Imitation, sei für den sehr geübten Bastler kurz beschrieben, der es nicht vorzieht, sich das Instrument zu kaufen. Die Platten des beweglichen Teiles werden mit der Säge aus ca. $\frac{1}{2}$ –1 mm starkem Aluminium

¹⁾ Die Lager sind irrtümlicherweise falsch gezeichnet. Die Achse muß außerhalb der vorderen Plattengrenze liegen.

oder Messingblech geschnitten (mit Metall-Laubsäge). Zwischen je zwei Platten kommen kleine runde Blechscheiben von doppelter Dicke der Platten. Die Achse, auf welche die Platten mit Zwischenscheiben aufgezogen wurden, ist an ihren Enden mit Gewinde versehen, auf welches Muttern passen, welche die gesamten Platten fest zusammendrücken (Abb. 95). Bevor man mit der Kluppe das Gewinde schneidet, wird man die Achsenenden durch Abdrehen oder Abfeilen in der Dicke reduzieren. Der stehende Plattensatz wird analog gefertigt, an drei Stellen werden entsprechende Maschinenschrauben nach Zwischenlegung von Zwischenscheiben geführt. Die Lager werden an den äußeren Belagplatten des

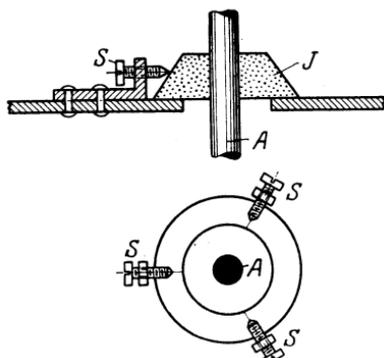


Abb. 96. Isolierlager mit genauer Einstellungsmöglichkeit.

J = Fiber- oder Hartgummiklotz,
S = Halteschrauben.

stehenden Teiles befestigt, welche man entsprechend dimensioniert hat. Die Halteschrauben des stehenden Teiles überragen ihre Muttern um einige Zentimeter, wenn man den Kondensator gleich mit ihnen auch an dem Montierbrette befestigen will. Die Lagerung geschieht in Hartgummi- oder Fiberklötzchen, deren Justierung für einen ungenauen Arbeiter große Schwierigkeiten haben kann, daher am besten die Konstruktion nach Abb. 96 anwenden.

Die nunmehr folgenden Konstruktionen eines variablen Kondensators dürften leichter in ihrer Anfertigung sein. Sie beruhen darauf, daß man nur zwei Platten verwendet, die dadurch resultierende geringere Kapazität in Kauf nimmt oder durch Verringerung der Dicke der isolierenden Schicht die Kapazität zu steigern versucht. Eine der primitivsten Konstruktionen eines solchen variablen Kondensators wird durch die Abb. 97 veranschaulicht. Der eine Belag, welcher aus Silberpapier oder irgendeinem Blech bestehen kann, ist auf einem paraffinierten Holzbrett befestigt. Über dem Belage befindet sich eine längliche Glasscheibe. Der zweite Belag wird durch ein Blech von der Größe des ersten Belages gebildet, welches an einem isolierten Griffe mehr oder weniger mit dem anderen Belage in Deckung

gebracht werden kann. Die Konstruktionseinzelheiten kann man der Abbildung entnehmen. Für die Befestigung des Silberpapiers auf dem paraffingetränkten Holze bewährte sich folgende Methode:

Man verteilt auf der Holzfläche, welche von dem Silberpapier bedeckt werden soll, einige feine Paraffinschnitzel, lege dann das Silberpapier über dieselben. Jetzt bringt man mit einem nicht zu heißen Bügeleisen das Paraffin zum Schmelzen und das Papier zum Anliegen. Welche Kapazitäten man mit verschiedenen Glasplattendicken und Größen der Belege erreichen kann, ist im theoretischen Teile des Buches nachzulesen. Die Nachteile des Kondensators sind unter anderem darin zu sehen, daß er bei mittlerer Größe bereits unförmige Dimensionen annimmt. Ferner sind seine Belege gegen die Kapazität der Umgebung, also auch gegen die der sich nähernden Hand, nicht im geringsten geschützt. Etwas herabmindern kann man diesen Fehler dadurch, daß man die bewegliche Platte statt des Griffes mit einem 15–30 cm langen Glasstab verbindet und dadurch mit der Hand stets in einem größeren Abstände bleibt.

Es ist nun nicht erforderlich, wenn auch in gewissen Hinsichten besser, daß die Belege eines Kondensators parallel zueinander beweglich sind. Man kann also die Belege auch an einer Seite scharnierartig miteinander verbinden und durch Heben und Senken des einen Beleges die Kapazität variieren.

Abb. 98 zeigt eine offene, einfache Konstruktion eines derartigen Kondensators. Auf dem Grundbrette *A* ist der feste Kondensatorbelag *B* befestigt. Dieser wird durch die überstehende Glasscheibe *G* gedeckt. An einer Schmalseite der Glasscheibe ist mit 3 Leisten eine Einfriedigung geschaffen, an welcher die

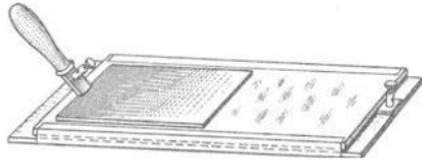


Abb. 97. Einfacher Schiebekondensator. Die Glasplatte wird durch Papierstreifen an dem Grundbrett befestigt.

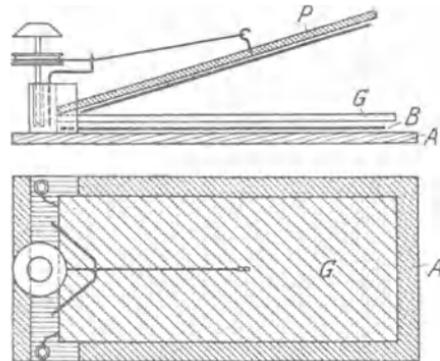


Abb. 98. Einfacher Hebekondensator.

bewegliche Platte *P* Stütze findet. Das Heben und Feststellen der beweglichen Platte erfolgt durch einen Faden, der um eine drehbare Achse läuft. Bereits wesentlich vollkommener ist eine Konstruktion, welche Preuß im Radio-Amateur beschreibt, Sie wird durch die Abb. 99 veranschaulicht und ist nach dem oben Gesagten sofort verständlich. Wenn auch die Hebekondensatoren weniger durch die Umgebung beeinflusst werden als der zuerst beschriebene Schiebekondensator, so ist es auch bei der letzten Konstruktion nach

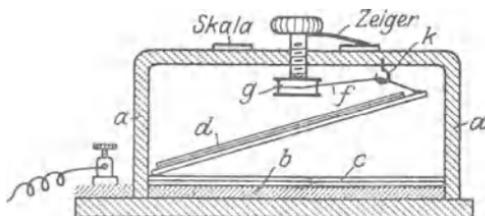


Abb. 99. Hebekondensator.

- g, f, k* = Fadenkonstruktion.
- a* = Holzkasten.
- b* = Glasplatte.
- c* und *d* = Belag.

Abb. 99 nicht überflüssig, wenn man den Kasten innen mit Silberpapier belegt (oder Walzblei, für welches zur Befestigung kleine Nägel verwandt werden). Der Belag darf aber die Belege des Kondensators an keiner Stelle berühren, der Kasten muß also entsprechend groß sein, oder man läßt den Belag an gefährdeten Stellen fort. Folgende, sehr gute weitere Abart dieses Kondensators dürfte für manchen leicht herstellbar sein. Als Kasten wird eine Zigarrenkiste benutzt, und zwar eine der hohen, in welchen 100 Stück verpackt waren. An den beiden Seitenlängswänden konstruieren wir nun mit dem Zirkel von

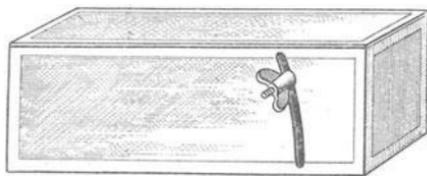


Abb. 100. Hebekondensator aus einer Zigarrenkiste.

der einen Ecke einen Kreisbogen, der fast die Kistenlänge zum Radius hat. Parallel zu diesem schlagen wir im Anstande von 5 mm einen zweiten Kreis. Unten begrenzen wir den Kreisbogen ca. 1 cm vom Rande. Oben lassen wir 5 mm stehen.

Nachdem wir die dadurch entstehende Figur (schwarz in Abb. 100) ausgesägt haben, legen wir den Kasten mit dünnem Walzblei oder mit Stanniol aus. Nur 2 Kreise von 15 mm Durchmesser an der einen Stirnwand der Kiste werden nicht belegt. Desgleichen bleibt der ausgesägte Spalt mit seiner näheren Umgebung frei.

Jetzt legen wir auf den Boden der Kiste eine Glasplatte, auf deren Oberfläche wir ganz eben mit Eiweißlösung Stanniolpapier befestigt haben. Das Papier hat überall einige Millimeter Abstand vom Glasrand, nur an einer Stelle geht ein Streifen (*T* in Abb. 101) aufwärts nach einer der beiden Klemmen. Damit dieser Streifen nicht die leitende Kastenwandung berührt, schieben wir dort einen kleinen Zelluloidstreifen zwischen. Nunmehr gehen wir an die Herstellung des beweglichen Teiles. Er besteht aus einem völlig ebenen, dreifach gesperrten Laubsägeholzbrett, welches bequem in die Kiste paßt. Das Brett ist möglichst gut mit Paraffin getränkt, auf ihm wird, wie bereits oben angegeben (vgl.

S. 99) mit dem Bügeleisen der Silberpapierbelag befestigt, der Ableitungstreifen wird analog der unteren Platte angelegt, jedoch zu der anderen Klemme geführt und daher auch auf der anderen Seite belassen. An das andere Ende der beweglichen Platte wird mit

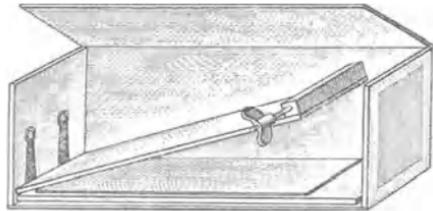


Abb. 101. Das Innere des Kondensators der Abbildung 100.

versenkten Schrauben eine Holzleiste von Kistenbreite befestigt, in welche an den kleinen Flächen Gewindebolzen versenkt werden. Diese ragen durch die Bogenspalte der Kiste nach außen und dienen zur Befestigung von Flügelschrauben. Das Einsetzen der fertigen Platte muß in senkrechter Lage geschehen, indem man zuerst einen Bolzen einführt und dann in schräger Stellung den zweiten hineinhebelt, oder man schraubt einen der Querbolzen erst nach dem Hineinlegen des beweglichen Deckels ein. Nun noch einige Worte über das Dielektrikum, welches bei der letzten Beschreibung noch fortgelassen ist. Wir können es einfach dadurch bilden, daß wir eine Glasplatte auf den unteren Belag legen. Dünne Glasplatten der erforderlichen Größe gibt es aber nicht. Wer also den Abstand der Platten zwecks Vergrößerung der Kapazität seines Kondensators verringern will, muß zu einem anderen Dielektrikum greifen. So läßt sich z. B. eine Zelluloidfolie von genügender Größe auflegen. Aber auch diese werden nicht von der erforderlichen oder gewünschten Feinheit zu haben sein. Da kann man sich dadurch helfen, daß man

Zelluloidabfälle in Azeton oder Äther-Alkoholgemisch¹⁾ löst und mit der Lösung zunächst eine der Flächen bestreicht. Mit verdünnten Lösungen gelingt es leicht, einen Überzug herzustellen, der nur wenige hundertstel Millimeter dick ist. Je ebener die Flächen der Belege sein werden, um so weniger feine Spitzen und Erhebungen also vorhanden sind, je dünner kann man die Zelluloidhaut lassen, denn die Gefahr, daß sie verletzt wird, ist gering. Statt Zelluloid¹⁾ läßt sich auch Schellack benutzen, welcher in Spiritus löslich ist. Auch Paraffin ist geeignet, welches in Benzin sowohl wie Alkohol, am besten jedoch in Xylol sich löst. Praktisch wird man also so vorgehen, daß man sich zunächst eine ca. 2proz. Lösung von z. B. Zelluloid herstellt und mit dieser die

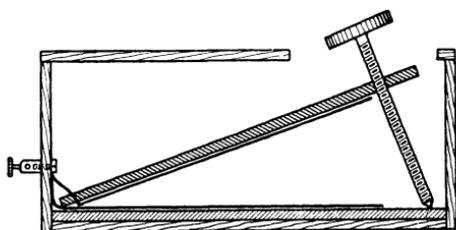


Abb. 102. Hebekondensator mit Stell-
schraube.

festen Belegung bestreicht. Jetzt bringt man nach völligem Trocknen des Anstriches (24 Stunden) die Platten zur Deckung und legt eine Spannung von ca. 20 Volt an die beiden Belege. In den Stromkreis schaltet man außer einem Widerstande eine Glühbirne entsprechen-

der Stärke oder ein Voltmeter. Erst wenn auch beim Heben und Senken der Platte kein Strom nachweisbar wird, steigert man mittels des Widerstandes die Spannung und wiederholt den Versuch. Zeigt sich, daß der Gleichstrom den Kondensator passieren kann (Kurzschluß), so wird auch die andere Platte mit einem Anstrich versehen. Am nächsten Tage wiederholt man die Prüfung. Hat man auch jetzt noch Mißerfolg, so wird man sich eine konzentrierte Zelluloid- oder Schellacklösung herstellen und auf die ganz dünne Schicht verzichten. Dann kommt man schneller zum Ziele. Die Bewegung und Feststellung der beweglichen Kondensatorplatte findet durch die Flügelschrauben statt. Wem an feinerer Regulierung gelegen ist, kann die Fadenhebung einer der beiden vorigen Konstruktionen anwenden. Sehr einfach und praktisch ist die Regulierung mittels einer Schraube. Eine solche Konstruktion zeigt Abb. 102. Hierbei fallen die beschriebenen Seitenspalte fort, und es wird

¹⁾ Feuergefährlich! Vgl. den Absatz „Warnungen und Winke“.

eine Öffnung im Deckel belassen, durch welche die Regulierschraube nach außen führt.

Einen auf einem ganz anderen System beruhenden variablen Kondensator schildert Jauer im Radio-Amateur. Seine Konstruktion ist aus Abb. 103 ersichtlich. Das Wesentliche an ihr ist, daß der eine Belag aus Quecksilber besteht. Die nach unten verjüngte Glasröhre *A* ist unten mittels eines Korkens fest verschlossen, durch welchen der eine zuführende Draht führt. Das Rohr ist mit Ausnahme einer 1 cm breiten Randzone außen mit Stanniol beklebt. In dieses 1 mm wandstarke Glasrohr paßt ein zweites mit einem geringen Zwischenraume hinein. Wird dieses Rohr in das am Boden befindliche Quecksilber hineingepreßt, so steigt das Hg in dem schmalen Spalte zwischen den Rohren empor und bildet so den variablen zweiten Kondensatorbelag. Der erste wird durch die äußere Stanniolbelegung gebildet. Wie der Konstrukteur die Übertragung in eine drehende Bewegung ausgeführt hat, zeigt die Abbildung. Um ein gleichmäßiges allseitiges Aufsteigen des Quecksilbers zu erreichen, bringt man an drei verschiedenen Stellen des Umfanges des inneren Rohres — sowohl oben wie unten — in der Flamme kleine Vorwölbungen an, welche den Abstand von dem äußeren Rohre konstant erhalten. Bei größeren Kondensatoren dieser Art dürfte es sich empfehlen, den unteren Korken noch mit Draht zu sichern, da der hydrostatische Druck des Quecksilbers ein sehr großer werden kann. Am besten ist es, den unteren Zuführungsdraht mit einem kurzen Platineende zu versehen und dieses in die Glaswand einzuschmelzen. Damit die Feststellung nicht eine zu große Reibung erfordert, empfehle ich, das innere Rohr mit so viel Bleischnitzeln zu füllen, daß das Rohr so weit einsinkt, wie mittleren Kondensatorwerten entspricht. Bei der Einstellung auf kleine Werte ist dann bezüglich der Krafrichtung ein Anheben erforderlich.

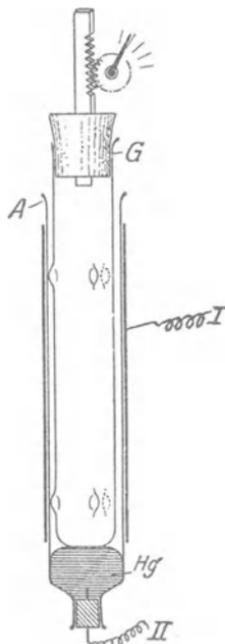


Abb. 103. Veränderlicher Kondensator.

A u. *G* = Glas.
Hg = Quecksilber.
I u. *II* = Zuleitungsdrähte.

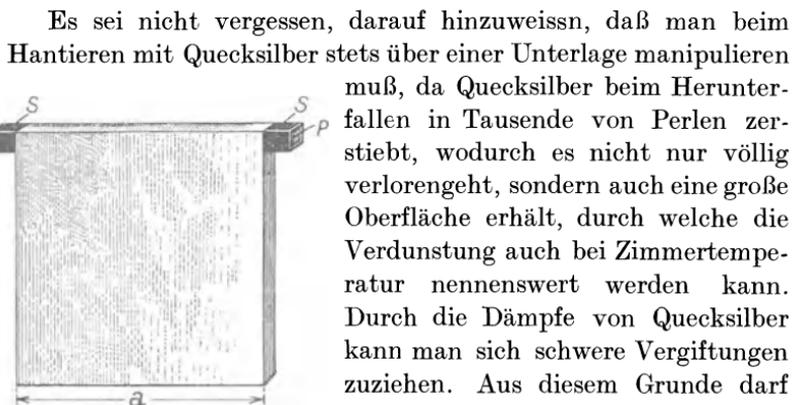


Abb. 104. Blockkondensator zum Aufhängen.
 a entspricht a in Abb. 105.

Es sei nicht vergessen, darauf hinzuweisen, daß man beim Hantieren mit Quecksilber stets über einer Unterlage manipulieren muß, da Quecksilber beim Herunterfallen in Tausende von Perlen zerstiëbt, wodurch es nicht nur völlig verlorengeht, sondern auch eine große Oberfläche erhält, durch welche die Verdunstung auch bei Zimmertemperatur nennenswert werden kann. Durch die Dämpfe von Quecksilber kann man sich schwere Vergiftungen zuziehen. Aus diesem Grunde darf man auf keinen Fall das Abschmelzen des Rohres vornehmen, wenn noch von einem Vorversuch Metallreste im Gefäß sind. Quecksilber greift auch Gold und Silber an, daher darf man nicht die Ringe beim Arbeiten aufbewahren, ebensowenig die Uhr auf den Tisch legen oder gar auf die Unterlageschale. — Durch diese Warnungsworte, welche bloß unangenehme Enttäuschungen verhindern sollen, braucht sich auch der Laienleser vor dem Arbeiten mit Quecksilber nicht zurückschrecken zu lassen. Um ihm andererseits die Harmlosigkeit des gewöhnlich verteilten kalten Elementes vor Augen

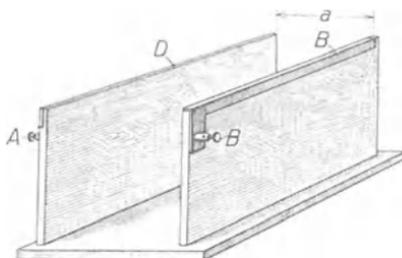


Abb. 105. Barrengestell für Kondensatorensätze.
 Die Schiene B aus Blech, die Schiene D aus Draht gefertigt gedacht.

zu führen, sei darauf hingewiesen, daß es vor gar nicht zu langer Zeit in der Medizin üblich war, bei Darmverschlingungen mehrere Kilo (!) zu verabreichen, in der Hoffnung, daß sich das schwere Metall einen Weg bahnen werde. Nur, weil man in der Operation einen besseren Weg zur Verfügung hat, nicht wegen zahlreicher Vergiftungen, ist dieser Weg jetzt wohl allgemein verlassen.

Zum Schlusse sei noch eines veränderlichen, wenn auch nicht kontinuierlich veränderlichen Kondensators gedacht. Er besteht aus einem Satze von Blockkondensatoren verschiedener Größe.

Zu denselben gehört ein Gestell, auf welches man bequem die Kondensatoren hängen kann. Wie bei einem Gewichtssatze kann man jede gewünschte Kondensatorgröße herstellen. Die Form der Kondensatoren, deren Herstellung wie bei den später beschriebenen Blockkondensatoren erfolgt, ist in Abb. 104 wiedergegeben. Sie lassen sich wahlweise auf das barrenförmige Gestell der Abb. 105 hängen. Nicht nur für ein solches Gestell, sondern auch für die sonstigen Verwendungszwecke der Blockkondensatoren empfehlen sich diese Kondensatorformen. Wenn sie in kleinerem Format dargestellt werden, so lassen sie sich bequem auch in geeignete Fassungen stecken und auswechseln. (Siehe hierüber auch unter „Konstante Kapazitäten“ und unter „Hochohmwiderstände“.) Die schwarz gemalten seitlichen Fortsätze der Kondensatoren sind mit blankem Blech umwickelt (*S* in Abb. 104). Diese Blechfortsätze liegen auf den Metallholmen *B* und *D* des Barrens auf. An den Holmen befinden sich die Klemmschrauben *A* und *B*. Außer den festen Kondensatoren wird man sich zwei Einzelplatten verfertigen, welche, wenn sie mit ihren Kontakten auf verschiedenen Holmen liegen, zusammen einen Kondensator bilden, dessen Kapazität durch Verschieben der einen Platte geändert werden kann.

Konstante Kapazitäten.

Die im allgemeinen für die Apparaturen in Betracht kommenden festen unveränderlichen Kapazitäten schwanken zwischen 100 und einigen 1000 cm Kapazität. Hierfür sind nur kleine Belege erforderlich. Die Größe dieser Kondensatoren bemißt man daher bis höchstens 6 cm in der größten Ausdehnung. Sowohl die gelegten als auch die gewickelten Kondensatoren eignen sich vorzüglich für die Selbstanfertigung. Abb. 106a zeigt die Form der Belege für gelegte Kondensatoren, welche man aus Silberpapier schneidet. Nimmt man die wirksamen Flächen (bis zur Querlinie in Abb. 106 a) 3×4 cm, so dürften im allgemeinen 7–9 Einzelblätter für einen Gitterkondensator und die fünffache Anzahl für einen Telephonkondensator genügen. Im übrigen hängt die Kapazität ja von Art und Dicke des Dielektrikums ab, so



Abb. 106a. Form der Staniolbelege für gelegte Kondensatoren.

daß man nach der angegebenen Methode (S. 72) eine Überschlagsrechnung machen wird, um dann evtl. noch die beste Größe auszuprobieren. Die Silberpapierblätter werden mit ihren Fortsätzen wechselseitig nach entgegengesetzten Richtungen gelegt, was in Abb. 106 b für einen Kondensator mit 7 Blättern angedeutet ist. Die dünnen Linien zwischen den Belegen deuten das Isoliermittel an. Als solches läßt sich Glimmer verwenden, welcher jedoch nicht



Abb. 106 b. Blockkondensator.

Lage der Staniolblätter —
und der Dielektrika —

billig ist. In Paraffin gekochtes Papier tut dasselbe. Nachdem die Blätter richtig gelagert sind, eine Arbeit, die bei großen Kondensatoren absolut nicht leicht wird,

bringt man die überstehenden Ränder der paraffinierten Papiere mit einem heißen Bügeleisen zum Verschmelzen. Hierdurch resultiert ein Paraffinpapierblock, welchen man nach Abb. 107 und 108 auf ein kleines Hartgummi- oder paraffingekochtes Holzbrettchen legt. Mit vier Schrauben wird nun mit einem kleinen, gleichfalls in Paraffin gekochten Brettchen der Paraffinblock auf dem ersten Brettchen festgehalten. Die Silberpapierfortsätze werden hochgebogen, um in das Grundbrettchen an richtiger Stelle Löcher für die Klemmschrauben bohren zu können. Das Silberpapier wird dann über das Bohrloch gebogen und dann die Klemmschraube unter Anwendung einer entsprechenden Gewalt

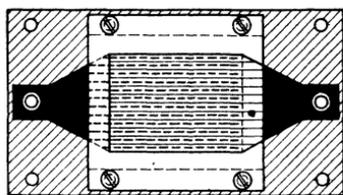


Abb. 107. Grundriß des Blockkondensators.

durch das Silberpapier hindurch eingeführt und gleich angeschraubt. Damit wäre ein Blockkondensator fertig. Waren alle Einzelteile in Paraffin gekocht, so ist ein abermaliges Kochen des fertigen Kondensators nicht erforderlich. Für die Niederfrequenzübertragung von einer auf die andere Röhre werden

Blockkondensatoren von 0,5—1 MF gebraucht. Die Größe der wirksamen Belege wähle man hierfür mindestens 6×6 cm — auch dann wird man noch einen hohen Stoß von Belegen brauchen. Für die Selbsterstellung großer Kapazitäten, wie sie zum Beispiele für die Gleichrichter und Netzanschlüsse gebraucht werden,

nimmt man vorteilhaft — wenn man sie sich selber herstellt — Blätter von ca. 15×25 cm Größe. Als Zwischenlage nimmt man in Paraffin gekochtes Schreibmaschinen-Durchschlagpapier. Dieses gibt es in ganz dünnen, d. h. billigen, aber für uns daher besonders

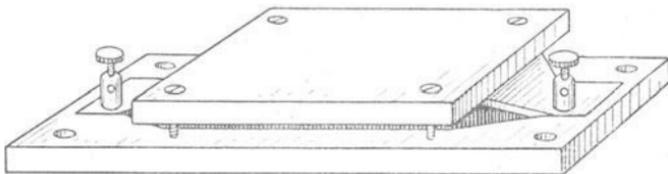


Abb. 108. Ansicht des fertigen Blockkondensators.

brauchbaren Qualitäten. Von der Verwendung von Seidenpapier ist dem nicht sehr Geübten abzuraten, da die Kondensatoren bei nicht sehr sauberer Ausführung durchschlagen werden und dann die ganze, oft beträchtliche Arbeit umsonst war.

Ein zweiter Weg besteht in dem Wickeln der Kondensatoren, wobei man dann keinen Glimmer, sondern nur ein biegsames Dielektrikum benutzen kann. Die gesamte benötigte Fläche wird in Form von zwei Silberpapierstreifen geschnitten, diese werden voneinander isoliert, als ob sie die Belege eines der oben beschriebenen Kondensatoren bilden sollten. Statt des Fortsatzes sieht jeder Belag nach einer Seite um 1 cm über das Dielektrikum vor. Der soweit fertige Kondensator wird nun wie eine Rolle um einen schmalen Pappstreifen aufgewickelt, wobei



Abb. 109. Wickeln von Kondensatoren.

Um das zentrale Pappstück *P* rollt sich das überstehende Silberpapier spiralformig auf.

links und rechts sich auch das freiliegende überstehende Silberpapier aufwickelt (Abb. 109). Nachdem er fertig gewickelt, wird mit dem Bügeleisen besonders die Außenwindung



Abb. 110.

Das Silberpapier wird nach innen gebogen.

des Paraffinpapieres zum Verkleben gebracht. Dann wird das Silberpapier nach Abb. 110 umgebogen und mit einem Blechstreifen umwickelt. Das Ganze erhält dadurch das Aussehen der Abb. 111 und ähnelt dem Aussehen nach einer Lamellensicherung, wie sie in jeder Steckdose zu finden ist. Mit den später (S. 136) bei den Hochohmwiderständen beschriebenen Kontakten wird der Strom

dem Kondensator zugeführt. Die Herstellung dieser Kondensatoren ist sehr einfach, und da die Zutaten in der Tat fast nichts kosten, so mache man sich besonders für die Gitterkondensatoren einige in Reserve, damit man durch Versuche über die Verwertbarkeit derselben noch genauer entscheiden kann. Selbstverständlich läßt sich auch ein

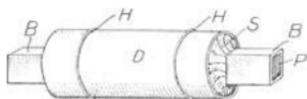


Abb. 111. Fertiger Kondensator.

H = Haltefäden.
D = Äußeres Paraffinpapier.
S = Silberpapier.
B = Kontaktbleche.
P = Pappstreifen.

in dem Bereich von ca. 100–300 variabler Kondensator als Gitterkondensator verwenden. Ganz allgemein ist es natürlich vorteilhafter und vor

allen Dingen lehrreicher, wenn man möglichst viele Größen der Apparatur variieren kann. Es darf dadurch aber nicht die Güte der Kontakte und die Möglichkeit der Beherrschung der Apparatur leiden.

Ein Zwischending zwischen gelegtem und gewickeltem Kondensator wird durch die Abb. 112 veranschaulicht. Bei dem obigen Wickelkondensator hatten wir drei lange paraffinierte Papierstreifen nötig, zwischen welchen die beiden Belege lagen. Hier wird nur ein Papierstreifen verwandt, welcher jedoch entsprechend länger und 1 cm breiter als die Belege ist. Die Belege werden einzeln geschnitten wie bei dem gelegten Kondensator

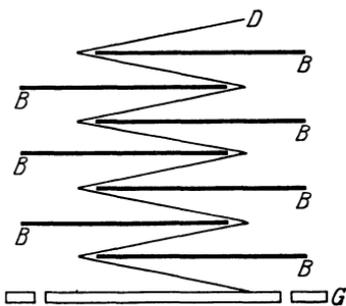


Abb. 112. Kondensator aus einzelnen Belegen und fortlaufendem Dielektrikum.

Abb. 106a). Die Abbildung ist besonders stark auseinandergezogen, um zu zeigen, wie in das regelmäßig gefaltete Dielektrikum die Belege wechselseitig hineingeschoben werden. Alle in diesem Kapitel beschriebenen Kondensatoren lassen sich in ihrer Kapazität nachträglich in gewissen Grenzen variieren, indem man dieselben mehr oder weniger zusammenpreßt, z. B. mittels des Haltebrettchens in

Abb. 108.

Selbstinduktionen.

Nicht kontinuierlich variable Selbstinduktionen. Da alle Selbstinduktionen in den Schwingungskreisen der Empfänger eine möglichst geringe Kapazität haben müssen, ist es nicht angängig,

Klingel- od. dgl. Spulen zu verwenden. In dem Teil des Buches, wo über die Berechnung von Selbstinduktionen gesprochen worden ist (S. 72), findet man manche Erklärung für die Einzelheiten der weiter unten nunmehr folgenden Konstruktionen.

Zylinderspulen oder Schiebepulen. Ihr Querschnitt ist rund und mindestens 3 cm von Durchmesser. Am besten ist es, ihn 5—7 cm groß zu wählen. Bei Spulen vom Durchmesser 40 mm geht man bis zu 16 cm langen und bei 7 cm Durchmesser bis zu 25 cm langen Spulen. Für die Bewicklung der Spulen ist ca. 0,7—0,8 mm \varnothing habender emaillierter Draht besonders geeignet. Als Grundlage der Spule wählt man einen Pappzylinder von geeigneter Größe. Dieser wird sich meistens auftreiben lassen. Er soll aber nicht zu dünnwandig sein, da sonst die Wicklung nicht regelmäßig durchgeführt werden kann. 2—4 mm ist die richtige Stärke der Wandung. Kann man ihn nicht auftreiben, so ist er nicht allzu schwer herstellbar. Auf einen

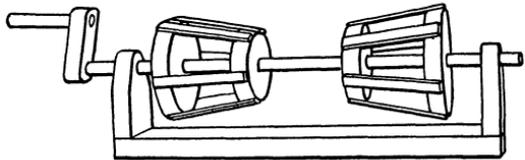


Abb. 113. Spulmaschine für Zylinderspulen
(nach E. N e s p e r).

runden zylindrischen Gegenstand von geeigneter Größe wickelt man sich eine Lage Bindfaden. Über den Bindfaden wird Packpapier gewickelt, und alle viertel Drehung ungefähr wird die neue Lage mit Dextrin an der unteren befestigt. 10—15 Lagen werden eine genügende Stärke des Kartons ergeben. Die Klebelinien legt man nicht in die Richtung der Zylinderachse, sondern wirr in sich kreuzenden Spirallinien, wodurch der Zylinder mehr Halt erhält. Wenn der Klebstoff getrocknet, zieht man an einem Ende der unter der Pappe liegenden Bindfadenlage und wirbelt den Bindfaden ab. Hierdurch erhält der Zylinder Spielraum und läßt sich leicht entfernen. — Die Methode empfiehlt sich überall, wo man irgendeinen möglichst fest zu wickelnden Körper von der Unterlage leicht entfernen will¹⁾. Zum Spulen ist es angenehm, eine kleine Maschine zu haben, welche die Arbeit sehr erleichtert. Mit der Hand kann man aber mindestens ebenso sauber wickeln. Wer sich jedoch Transformatoren selbst herstellt, dem ist von dem Handwickeln abzuraten, da es zuviel Zeit erfordert (siehe S. 142).

¹⁾ Schilderung der freihändigen Herstellung eines Pappzylinders S. 119.

Abb. 113 gibt eine Konstruktion einer Spulmaschine, welche extra für Zylinderspulen konstruiert ist. Der eine konische Körper ist auf der Achse befestigt, der andere läßt sich verschieben und gibt hierdurch die Möglichkeit, verschieden große und verschieden lange Spulen aufzusetzen. Damit der Draht fest sitzt, wird er am Anfang und am Ende der Wicklung durch zwei Löcher in dem Pappzylinder gezogen (Abb. 114). Die fertige Spule taucht man in siedendes Paraffin. Doch kann man sich auch behelfen, indem man vor der Bewicklung den Zylinder reichlich bestreicht und dann von außen auf die Wicklung abermals Paraffin aufträgt. Der Außenüberzug, der vornehmlich gegen

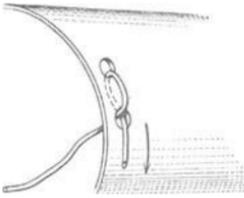


Abb. 114. Schlingenbildung des Drahtes zu Beginn der Wicklung.

Feuchtigkeit schützen muß, kann bei Lackdraht fortbleiben, auch bei seidebesponnenem Draht ist er nicht unbedingt erforderlich, bei Baumwollisolierung ist es aber nicht ratsam, auf den Anstrich zu verzichten. Natürlich kann statt des Paraffins hier auch Schellack (wenig geeignet) oder Zelluloidlösung genommen werden (vgl. S. 169). Aus rein

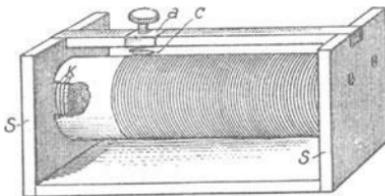


Abb. 115. Schieberspule.

a = Schieber mit Kontakt *C*.
S = Seitenbretter.
K = Halterscheiben.

mechanischen Gründen ist ein Anstrich immer gut, da er die leichte Verschiebbarkeit der Windungen beseitigt. Die Spule wird nun auf ein Grundbrett montiert und erhält zwei kleine Seitenbretter (Abb. 115). Durch zwei kräftige runde Bretter *K* von der Größe des Spulendurchmessers wird die Spule an *H* befestigt. Am besten nimmt man Zollholz, sonst leimt man 3—5 Zigarrenkistenkreise entsprechender Größe zusammen. Der Pappzylinder wird auf die Seitenfläche der Halterscheiben aufgeschraubt oder noch besser -geleimt. Je nach der Schaltung, welche man anwendet, muß man nun 1—3 Schiebkontakte anbringen. Abb. 116 gibt einen solchen Kontakt, wie er von Nesper zur Selbstanfertigung empfohlen ist, und wie er auch bei nicht

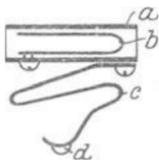


Abb. 116. Guter Schiebekontakt (nach E. Nesper).

zur Selbstanfertigung empfohlen ist, und wie er auch bei nicht

zu dünnem, gut federndem Blech die besten Ergebnisse gibt. *a* ist das auf der vierkantigen Messinggleitschiene ($20-25 \times 2-3$ mm) verschiebbliche Metallstück, *b* ist eine Feder in demselben, welche zwischen Schieber und Spule guten Kontakt macht, denn die Schiene wird zwischen *a* und *b* eingeschoben. *c* ist eine möglichst lang dimensionierte Feder, welche unten einen kleinen Kontakt *d* trägt. (Mit stumpfem Nagel auf einer Holzunterlage ausbeulen.) An der den Schiebern gegenüberliegenden Linie der Spule wird die Isolierung entfernt. Hierzu schneidet man sich eine kleine Schablone aus Blech, deren Spaltbreite ca. 4 mm beträgt. Sie wird mit der linken Hand fest auf die Spule gehalten, und mit der rechten reibt man mit Sandpapier die Isolierung in dem Spalt, der von der Spule sichtbar ist, ab (Abb. 117). Noch einige Worte über den Schleifkontakt bei Schiebepulen. Derselbe muß erstens mit der Spule und zweitens mit der Schiene guten Kontakt geben, außerdem soll er immer nur eine Drahtwindung berühren, damit die eingeschaltete Selbstinduktion eine möglichst scharf

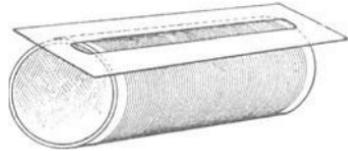


Abb. 117. Schablone zum Blankreiben der Schleifbahn.

umschriebene ist. Der beschriebene Kontakt ist einer der besten, man führe seine Konstruktion aber besonders sorgfältig aus. Eine solche Spule gestattet nicht eine völlig variable Einstellung, denn man kann immer nur ganze Windungen ein- und ausschalten. Ein kleiner Drehkondensator von 100 cm Kapazität würde im Schwingungskreis einer solchen Spule aber genügen, um jede Welle genau in Resonanzlage einzustellen. Der Nachteil der Schiebepulen ist darin zu sehen, daß auch jenseits des Kontaktes Drahtwindungen sich befinden, welche zwar blind enden, aber entsprechend ihrer Selbstinduktion mitschwingen können und dadurch den Empfang beeinträchtigen.

Honigwabenspulen. Streng genommen gibt es nur eine Wicklungsart, welche diese Bezeichnung verdient. Wir wollen in diesem Absatz aber alle jene Spulen besprechen, welche sprungweise variabel sind und im allgemeinen nicht unterteilt werden, sondern mit einer Steckvorrichtung versehen werden, welche ein leichtes Auswechseln der ganzen Spule gestattet. Die Windungen sind möglichst freitragend, so daß sich nur ein Minimum

von Isolationsmaterial in der Umgebung der Spule befindet. Auch für diese Spulen gilt, daß der innere Durchmesser 5 cm nicht unterschreiten soll. Der äußere wird sich dann nach der Länge

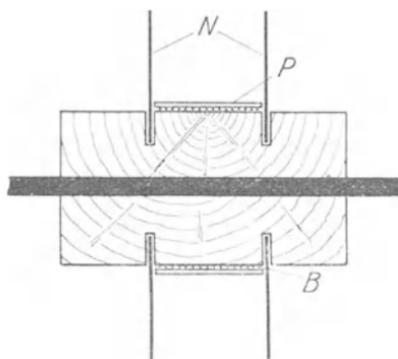


Abb. 118. Grundkörper zur Wicklung von Honigwabenspulen (Längsschnitt).

P = Pappe.
N = Kopflose Nägel.
B = Bindfadenlage.

wählt man entsprechend der gewählten Spulenbreite (üblich 2—4 mm). 30 Nägel pro Rad würde den im Handel erhältlichen Honigwabenspulen ungefähr entsprechen. Um den Walzenteil zwischen den Nägeln legen wir einen Pappstreifen, den wir verkleben und gut paraffinieren (Abb. 119). Er dient als Unterlage

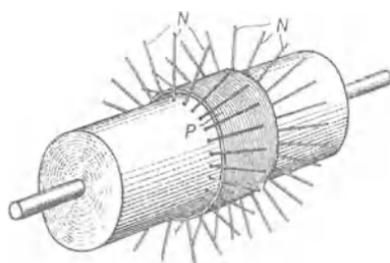


Abb. 119. Ansicht des Spulkörpers.

sind — damit wir die Drahtisolierung nicht mit ihnen verletzen —, kann die Wicklung beginnen. Der Drahtanfang wird durch ein Loch im Pappzylinder gezogen (Stopfnadel benutzen). Von dem Ausgangsnagel, welchen wir mit *1* numerieren wollen, führen wir den Draht zu Nagel *20* der Gegenseite, von dort zurück zu Nagel *2*,

der Drahtwicklung richten. Um eine Honigwabenspule selbst zu wickeln, verschaffen wir uns ein zylindrisches, gedrehtes Holzstück, welches Abb. 118 im Längsschnitt zeigt. Ziemlich kräftige Nägel (2 mm Ø) werden nun an zwei Stellen des Umfanges in gleichem Abstände in das Holz geschlagen, so daß gewissermaßen zwei Räder entstehen, deren Felge gedacht ist und deren Speichen von den Nägeln gebildet werden. Den Abstand der beiden Räder

wählt man entsprechend der gewählten Spulenbreite (üblich 2—4 mm). 30 Nägel pro Rad würde den im Handel erhältlichen Honigwabenspulen ungefähr entsprechen. Um den Walzenteil zwischen den Nägeln legen wir einen Pappstreifen, den wir verkleben und gut paraffinieren (Abb. 119). Er dient als Unterlage für die Wicklung und soll mit ihr nachher abgenommen werden, daher darf er nicht zu stramm sitzen (Schnurlage!).

Mittels einer Metallstange, welche den Holzkörper axial durchsetzt, können wir nun das Gebilde auch in eine Spulmaschine setzen. Nachdem nun die Köpfe der Nägel abgekniffen

dann wieder hinüber zu Nagel 21 und so fort, bis wir nach 30 Drehungen wieder zu dem Ausgangsnagel 1 zurückgekehrt sind. Nachdem diese Lage gründlich mit Paraffin bestrichen, beginnt die zweite Lage, und so fort, bis wir die gewünschte Selbstinduktion haben. Eine Numerierung der Stifte ist nicht unbedingt erforderlich; man braucht nur die erste Windung abzuzählen, dann heißt die Regel: man geht stets zur Gegenseite, also von links nach rechts oder umgekehrt, und stets einen Nagel weiter, wie die letzte, als deutlicher Abschluß kenntliche Drahtwindung anzeigt. Dabei wickelt man immer in ein und derselben Richtung weiter, man kehrt also nicht etwa um. Sowie eine neue Lage gewickelt ist, wird neu mit Paraffin bestrichen. Ist die Paraffinierung gut und gründlich gemacht, so kann man, ohne daß die Windungen aufgehen, die Nägel drehend entfernen und die Spule mit ihrem Pappringe von dem Holz herunternehmen. Wer im Bohren eine gewisse Geschicklichkeit besitzt, kann statt der Nägel Stricknadeln nehmen, für welche er entsprechend weite Löcher in den Holzklotz gebohrt hat. Die Ent-

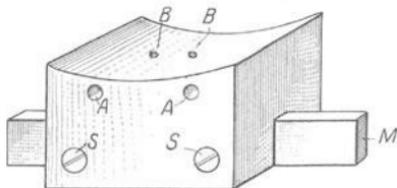


Abb. 120. Sockel für Honigwabenspulen.

fernung derselben ist leichter wie die der Nägel. — Die nunmehr freie Spule wird von der Seite her nochmals mit Paraffin oder Schellack, wenn man diesen gewählt hatte, bestrichen. Das innere Drahtende wird durch eine Wabe nach außen geführt. Als Sockel nimmt man gut in Paraffin gekochtes Holz oder am besten Hartgummi.

Die Größe des Sockelklotzes (Abb. 120) betrage für 3 cm breite Spulen $3 \times 3 \times 4$ cm. Er wird so geschnitten, daß die Seitenflächen von 3×4 cm in die Faserrichtung des Holzes fallen. Mit der Raspelfeile wird nun eine der großen Flächen muldenförmig vertieft, so daß die Krümmung der Fläche dem äußeren Spulenumfange entspricht. Die im Handel erhältlichen Spulen werden mit Steckkontakten versehen. Für denjenigen, der nicht eine Drehbank zur Verfügung hat, ist es leichter, wenn er sich einen stabilen Messerkontakt baut. Die Messerkontakte bestehen hier aus Messingblechstreifen von je $35 \times 15 \times 1$ mm. Die lange Mittellinie der ebenen Fläche, welche der gewölbten gegenüber-

liegt, wird nun 15 mm tief eingesägt. Der Sägespalt soll nur so breit sein, daß die Messer mit geringer Reibung hineingepreßt werden können. Zwei Bohrlöcher *B* in Abb. 121 führen von der

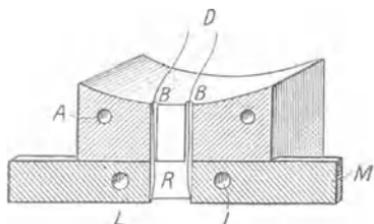


Abb. 121. Sockel im Schnitt durch die Ebene der Kontaktmesser.

ausgefällten Fläche zu dem Sägespalt. Sie liegen 10 mm voneinander entfernt und münden also 15 mm von den Seitenflächen entfernt. Wie die Messer eingesetzt werden, zeigt die Abbildung. Vor dem Einsetzen wird an die Messer der Spulendraht *D* angelötet. Wenn die Messer eingesetzt sind, bohrt man von der

Seite mit dem Spiralbohrer erst durch das Holz und dann durch das Messing ein Loch. Wenn der Widerstand des Metalls aufhört — man also durch das Messing hindurchgebohrt hat —, vertieft man das Loch nicht weiter, damit eine Holzschraube, die man einführt, auf der anderen Seite des Messers fassen kann. Ist der Spalt für die Messer sauber gesägt worden, so erhalten sie nunmehr durch die Schraube *S* der Abb. 120 einen sehr guten Halt. Die Schraubenköpfe werden versenkt, damit man beim Wechseln

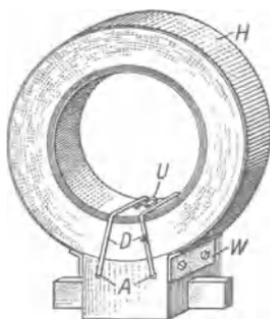


Abb. 122. Fertige Honigwabenspule.

(Einzelheiten im Text.)

der Spulen nicht immer mit der Hand Kontakt macht (siehe auch S. 195). Nachdem die Arbeit so weit gediehen, legt man um die Außenseite der Windungen ein Zelluloidband *H*¹⁾, welches die Spule am Sockel befestigt und die Windungen auch gegen Verletzungen schützt. Besonders bei größeren Spulen läßt sich das Schutz- und Halteband nicht direkt am Sockel befestigen, da die Zugkräfte seitlich angreifen. Gemäß Abb. 122 legt man daher einen Bandeisenwinkel *W* auf, welcher die Zugrichtung ändert und ein Einschneiden der Schrauben verhindern

soll. Weiteren Halt können wir der Spule geben, indem wir zwei paraffinierte Schnüre *D* durch zwei Löcher *A* des Sockels führen und sie im Spulennern verknoten. Bei *U* in Abb. 122 ist eine

¹⁾ Nur zur Not Pappe verwenden.

kleine Schlaufe zu sehen. Sie entsteht dadurch, daß man die Kontaktmesser erst einsetzen kann, nachdem der Draht angelötet ist. Bei *R* (Abb. 121) bleibt nun ein Teil des Sägespaltes frei, den wir noch mit einer Isoliermasse ausgießen können, ebenso wie die Versenkungslöcher der Schrauben. Auch die

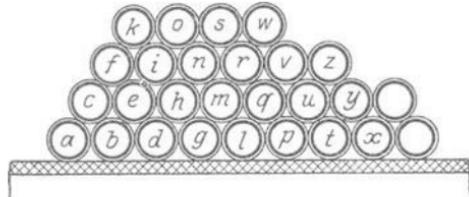


Abb. 123. Kapazitätsarme Wicklung nach G. Seibt.

Die Windungen folgen sich wie die Buchstaben.

Honigwabenspulen lassen sich unterteilen, so daß man mit einer Spule und einem verhältnismäßig kleinen

Kondensator ein großes Wellenbereich erreichen kann. Hat man immer nur zwei Spulen zu koppeln, so kann man den Stufenschalter (S. 156), welcher die verschiedenen Windungszahlen einzustellen gestattet, auf einem Brettchen montieren, welches gleichzeitig einseitig am Sockel der Spule befestigt ist. Doch montiere man das Brett erst, wenn man sich genau über die Richtung der Wicklung orientiert hat, da es bei manchen Schaltungen auf den Drehungssinn ankommt. Es ist später un bequem, immer durch Umpolen der Zuführungsdrähte die Richtung auszuprobieren. Die Honigwabenspule ist wohl in Anbetracht ihres Raumbedarfes eine der kapazität-freiesten Wicklungen. Andere Wicklungsarten sind jedoch auch kapazitätsarm und leichter zu bewerkstelligen. So zeigt Abb. 123 die Anordnung der Windungen nach G. Seibt, wo auch nur Windungen mit geringer Spannungsdifferenz nebeneinanderliegen — und darauf kommt es an. Honigwabenspulen von geringen Windungszahlen koppeln für manche Zwecke nicht genügend. Hier ist die Verwendung von Flachspulen vorzuziehen.

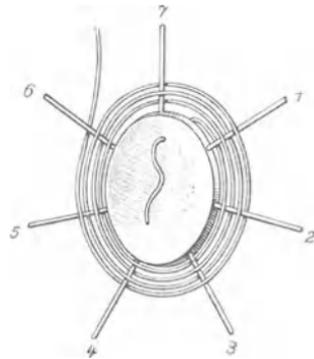


Abb. 124. Flachspule.
Wicklung auf Nägeln.

Zur Herstellung derselben benutzt man auch einen Holzzylinder oder einen Korken, in welchen man einen Kranz von 7 Nadeln (Abb. 124) in gleichen Abständen steckt. Werden die Nadeln

mit 1—7 bezeichnet, so läuft die erste Drahtwindung vor 2, 4, 6 vorbei, während sie hinter 1, 3, 5, 7 läuft. Da der Draht bei 7 hinten liegt, kommt er bei Beginn der zweiten Windung vor 1 zu liegen, er durchläuft also die zweite Drehung in umgekehrter Lage zu den Nadeln. Zwischen 7 und 1 wechselt er dann wieder um und beginnt die dritte Windung in gleicher Lage, wie er die erste durchlaufen hat. Um also bequem wickeln zu können,

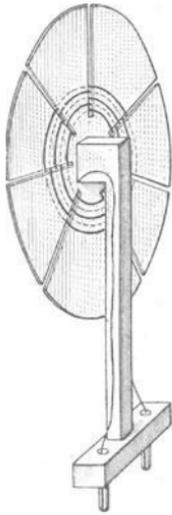


Abb. 125. Flachspule.
Wicklung auf Papp-
teller.

wird man die Zahl der Nadeln stets ungerade nehmen. Ebenso wird derjenige, welcher bei den oben beschriebenen Honigwabenspulen von der Zahl der Nägel abweichen will, stets eine durch drei teilbare Zahl wählen. — Die Flachspulen lassen sich auch leicht auf einen Pappteller wickeln, welchen man gemäß Abb. 125 als Ersatz für die Nadeln mit radialen Spalten versehen hat. Die Entfernung der Pappe, welche besser, aber nicht unbedingt erforderlich ist, ist immer schwerer als die der Nägel. Bevor Entfernungsversuche gemacht werden, wird die Spule stets in Paraffin getaucht. Sie hat dann besseren Halt. Solche einlagigen Flachspulen sind aber nicht sehr stabile Gebilde, daher wird man ihnen einen besonderen Halt angedeihen lassen, falls sie als völlig frei tragende Spulen Verwendung finden sollen. Mehrere solcher einlagigen Spulen lassen sich auf einer Achse zu größeren Induktanzen zusammensetzen. Es sei aber auch hier nochmals

darauf verwiesen, daß die einlagige Zylinderspule in hochfrequenztechnischer Hinsicht ein Optimum darstellt, welches mit allen obigen Spulen verlassen wird.

Für alle diese Spulen benötigt man leicht dreh- und einstellbare Haltevorrichtungen. Eine einfache, selbsterzustellende Ausführung einer solchen für zwei bewegliche und eine feste Spule zeigt Abb 126

Es werden Holzklötzchen verwandt, die fest oder beweglich auf dem Grundbrett an kleinen Winkeleisen (Bandeisen) befestigt sind. Als Drehhebel wird am besten gleich die verlängerte Achse verwandt, auf welcher einer der an anderer Stelle (Abb. 181—184) besprochenen Drehknöpfe befestigt werden kann. Zum Feststellen

der beweglichen Spulen sehe man Flügelschrauben vor, damit man die Spulen auch wirklich in jeder Lage befestigen kann. Hierauf nimmt fast keine Konstruktion des Handels Rücksicht. Die Zuführungsdrähte sollen immer direkt zu den Kontakten gehen. Nie über die Achse den Strom zuleiten! Improvisierte Haltevorrichtungen lassen sich aus Zigarettenschachteln gewinnen, bei welchen die Feststellung jedoch schwierig ist. Auch kann man die Spulen auf kleine Füße setzen, wobei dann die Variation einfach durch Verschieben und Drehen auf dem Tisch stattfindet.

Kontinuierlich variable Selbstinduktionen oder Variometer entsprechen den Drehkondensatoren, welche kontinuierlich variable Kapazitäten waren. Da die Selbstinduktion einer Spule nicht nur von der Länge des Drahtes, sondern auch von der Lage der Drahtwindungen zueinander abhängt, ist es klar, daß man durch Veränderung dieser Lage in gewissem Bereiche eine kontinuierliche Variation der Wellenlängen erreichen kann. Wenn man also zwei frei tragende Spulen, z. B. zwei Honigwabenspulen, drehbar anordnet, so kann man durch Näherung derselben und Entfernung derselben voneinander die Selbstinduktion der Spulen verändern (vgl. die Überlegung Seite 19). Dabei müssen die Spulen hintereinander, also in Serie geschaltet sein. Wir haben es dann mit einer Spule zu tun, von welcher wir einen Teil der Windungen in seiner Lage zu dem anderen Teile verändern können. Bereits im theoretischen Teile haben wir kennengelernt, daß die Induktion zweier Leiter aufeinander am geringsten ist, wenn die Leiter zueinander senkrecht stehen. Zwei in Serie liegende Spulen haben ein Minimum von Selbstinduktion, wenn wir sie in senkrechte Lage zueinander bringen. Wenn wir aber zwei Spulen hintereinanderschalten, so können wir den Strom im gleichen oder im entgegengesetzten Richtungssinn kreisen lassen. Im letzteren Falle also wird die

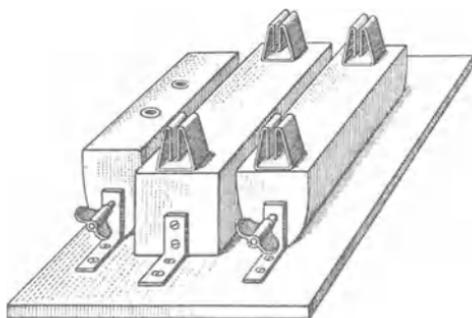


Abb. 126. Spulenhalter.

Links mit Stechbuchskontakt, Mitte und rechts mit Messerkontakt (vgl. Abb. 160). †

Wenn man also zwei frei tragende Spulen, z. B. zwei Honigwabenspulen, drehbar anordnet, so kann man durch Näherung derselben und Entfernung derselben voneinander die Selbstinduktion der Spulen verändern (vgl. die Überlegung Seite 19). Dabei müssen die Spulen hintereinander, also in Serie geschaltet sein. Wir haben es dann mit einer Spule zu tun, von welcher wir einen Teil der Windungen in seiner Lage zu dem anderen Teile verändern können. Bereits im theoretischen Teile haben wir kennengelernt, daß die Induktion zweier Leiter aufeinander am geringsten ist, wenn die Leiter zueinander senkrecht stehen. Zwei in Serie liegende Spulen haben ein Minimum von Selbstinduktion, wenn wir sie in senkrechte Lage zueinander bringen. Wenn wir aber zwei Spulen hintereinanderschalten, so können wir den Strom im gleichen oder im entgegengesetzten Richtungssinn kreisen lassen. Im letzteren Falle also wird die

Selbstinduktion des Honigwabenspulenvariometers erst recht gering sein, da die Wirkungen der Spulen sich teilweise aufheben. Da das Kraftlinienfeld einer Spule im Innern aber dichter ist als außen, so werden Spulenanordnungen, welche speziell für Variometerzwecke bestimmt sind, so gebaut, daß die eine Spule von kleinerer Abmessung in der größeren drehbar angeordnet wird. Diese Anordnung ist eine übliche und in vieler Hinsicht bequeme Möglichkeit, mehr aber auch nicht. Es sei daher erwähnt, daß eine Kupferspirale, welche man mit ihren Enden isoliert so befestigt, daß man sie verschieden auseinanderziehen und zusammenschieben kann, auch ein Variometer darstellt. Für praktische Zwecke verwendbar ist auch eine Anordnung, bei welcher zwei Zylinderspulen von verschiedenem Durchmesser nach Art der Induktionsspulen eines Funkeninduktors sich genähert werden können oder sogar mehr oder minder in- resp. übereinander geschoben werden können. Diese Anordnungen, welche in wenigen Minuten sich improvisieren lassen, sind sehr instruktiv; es nützt daher auch die Selbsterstellung derselben. Wegen ihres großen Raumbedarfes und ihrer leichten Beeinflußbarkeit durch die Umgebung eignen sie sich aber nicht für die Herstellung von Apparaten. Man benutzt daher in der Praxis freitragende Spulen geringer Kapazität oder einlagige Zylinderspulen für Variometer. Jedes Variometer läßt sich auch für Kopplungszwecke (auch Rückkopplung) benutzen. Die Spulen des Instrumentes werden dann nicht hintereinandergeschaltet, sondern je eine kommt in einen der Kreise, welche man aufeinander wirken lassen will. So kann eine Spule im Antennenkreise liegen, die zweite im Zwischenkreise, so daß das Variometer die kontinuierlich variable Kopplung zwischen den Kreisen herstellt. Oder eine Spule liegt im Antennenkreise, die zweite im Anodenkreise der ersten Röhre. Das Variometer variiert dann die Rückkopplung auf die Antenne. Wie man bei einem Variometer aus zwei Honigwabenspulen die Selbstinduktion der einzelnen Spulen durch Wechseln derselben sprungweise verändern kann, so kann man bei dem typischen Variometer durch Abzweigkontakte auch eine größere stufenweise Veränderung der Selbstinduktion erreichen.

Für die Herstellung von Variometern gelten zunächst dieselben Regeln wie für alle Selbstinduktionen — einlagige Spulen von nicht zu kleinem inneren Durchmesser. Die Drahtstärke

wird man hier 0,5—0,6 mm wählen. Ferner muß generell die innere Spule völlig drehbar in der äußeren sich befinden. Daher darf der Diagonaldurchmesser der Innenspule nicht größer sein als der direkte innere Durchmesser der Außenspule (d kleiner als $2r$ in Abb. 127).

Als Beispiel für die Selbsterstellung sei ein Variometer beschrieben, welches im Antennenkreis einer Apparatur das Wellenbereich von 350—500 Meter bestreichen wird. Wir verfertigen uns zunächst einen Pappring, welcher einen Durchmesser von 10,5 cm haben soll und eine Höhe von 9 cm. Wir können ihn auf einer Hilfswalze herstellen (S. 109), doch geht er auch ohne dieselbe zu verfertigen. Benötigt wird Packpapier oder dünner Karton. Dieser wird in Streifen von 9 cm Breite geschnitten. Da der Umfang des Kreises $2\pi r^1$, wenn r der Radius desselben, so ergibt sich der Umfang unseres Zylinders zu 33 cm. Diese Länge zeichnen wir uns auf einem der Papierstreifen auf und kleben dort den Anfang an. Jetzt wird die geklebte Kante auf den Tisch gelegt, die Walzenachse von links nach rechts gehend und das Papierende zu uns hängend. Während wir mit der rechten Hand mit einem Pinsel Dextrinlösung auf das Papier auftragen, drehen wir die erste Papierlage und fügen neue Papierstreifen auf gleiche Weise an, bis sich ein Pappzylinder von genügender Stärke gebildet hat (3 mm). Auf die gleiche Weise machen wir einen Pappzylinder von 9 cm äußeren Durchmesser und 3,8 cm Höhe, welcher für die innere Spule bestimmt ist. Der kleine Zylinder wird in der Mitte seiner Höhe an zwei gegenüberliegenden Stellen durchbohrt. Das Bohrloch wird ca. 4 mm

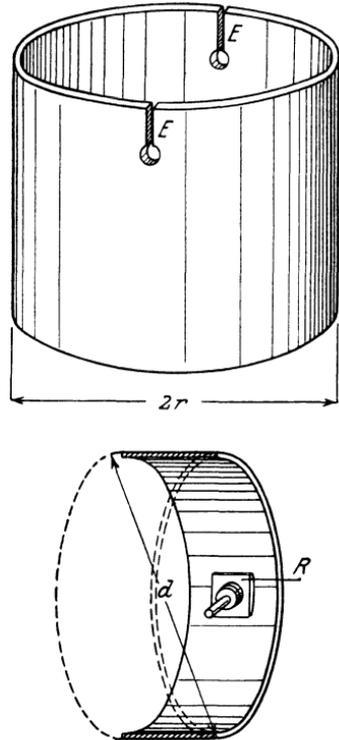


Abb. 127. Variometer.
Einzelteile.

¹⁾ Vgl. S. 68.

groß gewählt. Ein Gewindebolzen aus Messing oder Eisen (siehe auch Abb. 128) wird nun mit zwei Mutterpaaren in dem einen Loch des inneren Pappzylinders befestigt. Damit man fest auf der Pappe anziehen kann, werden kleine Blechringe (*R* in Abb. 127) zwischengelegt. Das gegenüberliegende Loch wird genau so mit einem Bolzen versehen. Auf diesen inneren Ring kommen 25 Windungen Draht (isolierter, 0,5 mm dick). Auf der einen Seite des Zylinders wird begonnen, indem man das Drahtende durch zwei Löcher führt und hierdurch befestigt (vgl. Abb. 114). Das Ende

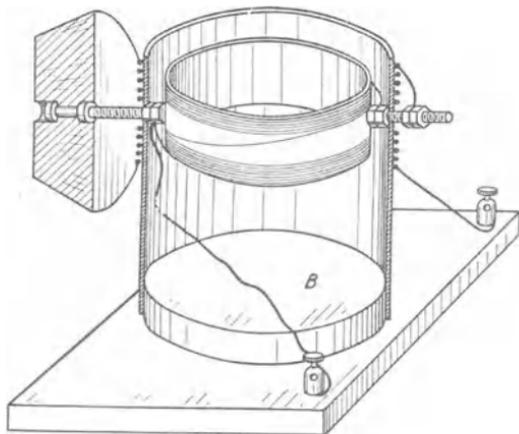


Abb. 128. Variometer.
Vorderwand fortgeschnitten gezeichnet.

wird zu der einen Mutter geführt, wo es verschraubt wird, um guten Kontakt zu haben. Jetzt folgen 12 Windungen Draht dicht nebeneinander, die 13. Windung geht in gleicher Richtung nach der anderen Seite der Bolzen hinüber (Abb. 128). Hier folgen dann die restlichen 12 Drehungen. In der Mitte bleibt also eine Zone von 8–10 mm frei. Das Drahtende

wird wiederum befestigt und dann zu dem zweiten Bolzen geführt und verschraubt. Das soweit gediehene Gebilde wird in Paraffin gekocht oder mit Schellack reichlich getränkt.

Die Löcher in dem äußeren Pappring sollen als Lager für die Achsen des inneren dienen; sie kommen 2 cm vom Rand entfernt zu liegen. Damit sie nicht ausgeleiert werden, kann man zwei Blechringe auf die Innenseite des äußeren Pappringes legen und mit zwei dafür vorgesehenen Laschen befestigen. Damit man den inneren Ring einsetzen kann, schneidet man den großen Pappzylinder auf die Bohrlöcher zu ein (*E* in Abb. 127). Er erhält durch die Drahtwindungen einen genügenden Halt. Die Blechscheiben mit den Zungen, ebenso wie die Lagermutter, muß man auf die Achsen des Innenringes führen, bevor man den

drehbaren Ring einsetzt. Nachdem der Innenring in seinem Lager sitzt, wird auf den äußeren Ring der Draht gewickelt. Die Wicklung beginnt auf der langen Seite des Zylinders und hat 16 Drehungen, welche dicht aneinanderliegen und dicht unter der Achse enden sollen. Die untere Hälfte des großen Rohres bleibt also drahtfrei! Der Draht geht dann wie vorhin schräg zu dem kurzen Zylinderende, wo noch 10 Drehungen folgen. Das obere Drahtende wird an eine der Achsen geführt und dort verschraubt. Damit ist das Variometer im Prinzip fertig. Die Zuleitung kommt in die zweite Achse und in das freie Ende der Außenspule, wobei dann beide Spulen durch die Verbindung an der einen Achse hintereinandergeschaltet sind. Der drahtfreie äußere Pappzylinder dient zur Befestigung auf dem Grundbrett (vgl. *K* in Abb. 115), während die dann horizontal verlaufende Drehachse mit einem Knopf versehen die Variation gestattet (Abb. 128).

c) Der Kristalldetektor.

Technisch betrachtet, handelt es sich bei dem Kristalldetektor um eine Vorrichtung, durch welche eine Kristallfläche mit einer Spitze unter variablem Drucke in Berührung gebracht werden kann (Schema Abb. 26). Ferner ist es vorteilhaft, um sich die am besten arbeitenden Stellen des Kristalls aussuchen zu können, eine Verstellungsmöglichkeit für den Berührungspunkt zu haben. Je bequemer die Handhabung, um so komplizierter wird der Bau; aber auch der komplizierteste der hier beschriebenen Detektoren ist noch leicht zu bauen. Eine sehr einfache Konstruktion zeigt Abb. 129. Die Blechkapsel, welche wir uns selbst aus einer Blechzigarettenschachtel herstellen können — dann natürlich eckig konstruieren werden —, finden

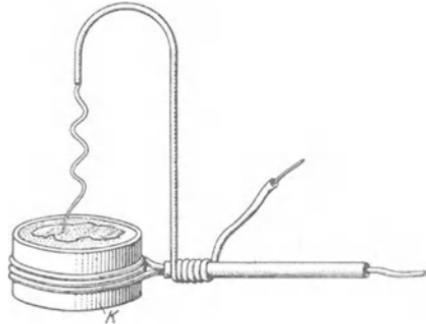


Abb. 129. Kristalldetektor aus Draht und Blechkapsel.

wir sicherlich auch in der Hausapotheke. Alle Metallkapseln von Tablettenröhren sind geeignet. Auch ein Fingerhut, welcher wegen eines kleinen Löchleins nicht mehr zu verwerten geht,

erfüllt denselben Zweck. Um die Kapsel legen wir 2—3 Drehungen eines 2—3 mm starken Drahtes. Der Draht ist nur dort, wo er mit der Kapsel in Berührung kommt, von seiner Isolierung befreit und blank gekratzt; er wird mit der Kapsel verlötet. Nunmehr legen wir den Kristall mit einer möglichst großen zerklüfteten Fläche und bei gleichmäßigen Flächen mit seiner größten Fläche nach oben in das Nöpfchen. Dort wird es mit einer leicht schmelzbaren Metallegierung festgegossen. Solche leicht schmelzbaren Legierungen sind:

Name	Schmelzpunkt	Bestandteile			
		Wismut	Blei	Zinn	Kadmium
Newtons Metall	94,5°	8	5	3	—
Rosesches Metall	93,75°	2	1	1	—
Woodsches Metall.	60,5°	4	2	1	1

Die Zusammensetzung der Legierungen ist für den angegeben, der sie sich selber zu mischen wünscht. Nachdem nur so viel Metall eingegossen, daß die ganze obere Fläche des Kristalls zugänglich bleibt, wird ein zweiter isolierter Draht auf ca. 5 cm seiner Länge von der Isolierung befreit. Der 1—2 mm starke Draht muß etwas federn, daher wird man ihn am besten aus Messing wählen. Dieser Draht wird nun um den ersten gewunden und erhält hierdurch seinen Halt. Durch Biegen wird das Ende des mit Hammer und Feile zugespitzten Drahtes mit dem Kristall in leichte Berührung gebracht, und der Detektor ist fertig.

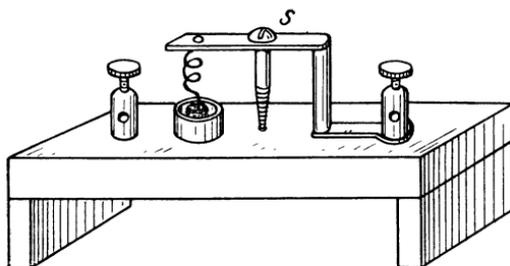


Abb. 130. Kristalldetektor.

Strenggenommen bildet jede schlechte

Berührungsstelle zwischen zwei Substanzen, die keine Isolatoren sind, Detektoren. Gewissen Kombinationen zwischen Erzen und Metall ist aber wegen

der Lautstärke und Betriebssicherheit der Vorzug zu geben. Z. B.: Pyrit mit Gold — auch Messing oder Kupfer; Bleiglanz mit Graphit; Karborund mit Messing, Kupfer oder Stahl, (stets empfindlich! Erfordert jedoch 1,5 Volt Spannung. Lautstärke

oft geringer als bei den anderen Kombinationen); Tellur mit Aluminium oder Rotzinkerz.

Die Kristalle wie auch die Metallegierungen können wir im Handel kaufen. Aber auch hier habe ich die Erfahrung gemacht, daß für beides in den elektrotechnischen Geschäften oft relativ hohe Preise bezahlt werden müssen. Eine Chemikalienhandlung dürfte eine billigere Bezugsquelle darstellen.

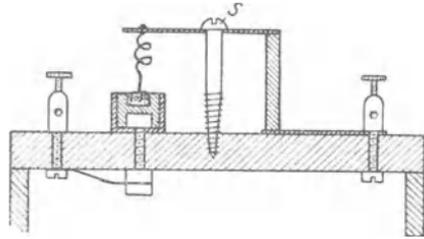


Abb. 131. Konstruktion der Abb. 130 im Querschnitt.

Abb. 130 und 131 zeigen bereits vollkommeneren Detektoren. Auf einem paraffingekochten kleinen Brett ist die Metallkapsel durch eine Mutter angeschraubt. In dem Napfe ist das Kristall befestigt. In 3 cm Entfernung vom Kristall ist auf der kleinen Säule ein federnder Messingstreifen durch Anieten befestigt. Dieser trägt in seiner Mitte ein Loch, durch welches eine lange Holzschraube *S* in das Grundbrett führt. Je mehr man dann die Schraube anzieht, um so mehr

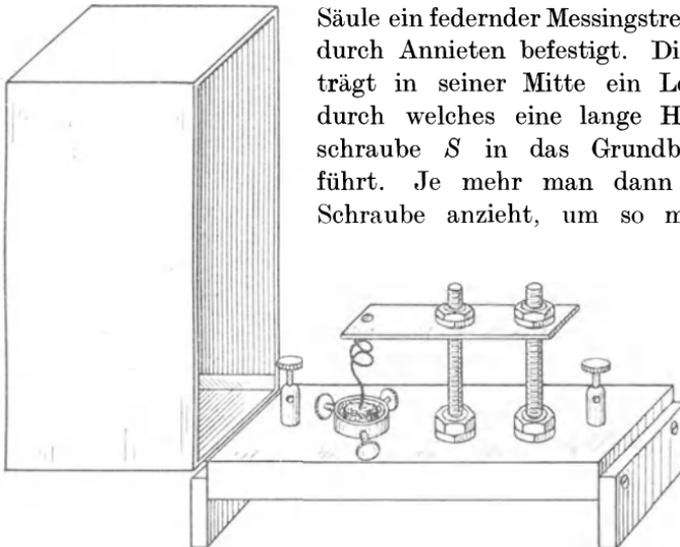


Abb. 132. Detektorkonstruktion ohne Lötten oder Nieten.

senkt sich das freie Ende des federnden Streifens. Von dem freien Ende geht ein angelöteter, korkenzieherartig gewundener Messingdraht wie bei der obigen Ausführung herab auf das Kristall.

Durch den Blechstreifen und die Windungen des Drahtes ist genügend Spielraum vorhanden, um das ganze Kristall zu beherrschen.

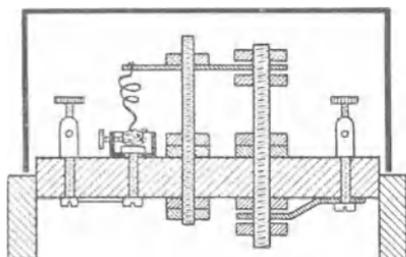


Abb. 133. Konstruktion der Abb. 132 im Querschnitt.

Nicht so einwandfrei ist die Befestigung des Kristalls durch Schrauben. Sie hat jedoch den Vorteil, daß das Kristall leicht ausgewechselt werden kann. (Eingeschmolzene Kristalle werden durch Kochen in Wasser entfernt.) Die Schraubbefestigung ist in der Konstruktion der Abb. 132 und 133 angewandt. Auch für

die Haltesäule und Regulierschraube sind keine genieteten oder gelöteten Teile benutzt. Wie alle der beschriebenen Detektor-

konstruktionen gegen äußere Einflüsse durch eine Metallkapsel geschützt werden können, ist gleichfalls aus diesen Abbildungen zu ersehen. Die Metallkapsel verfertigt man sich aus Zinkblech und bemißt die Öffnung derselben nach dem Grundbrett des Detektors. Setzt man nun ein zweites, etwas größeres Brett unter, so findet die Kapsel eine Unterlage und kann mit Haken und Öse oder mit kleinen Schraubchen befestigt werden.

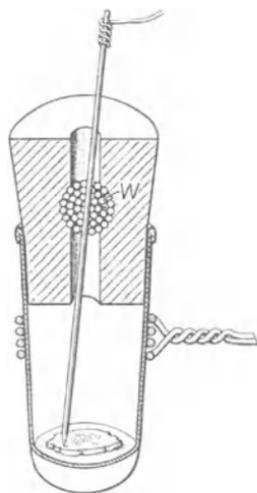


Abb. 134. Detektor aus einem Fingerhute (vergrößert).

Für denjenigen, der sich einen Taschenapparat herstellen will, sei erwähnt, daß man die Maße eines Detektors so klein machen kann, daß er bequem in einem Fingerhut unterzubringen geht. Eine solche einfachste, deshalb noch lange nicht schlechte Konstruktion zeigt Abb. 134 in Vergrößerung. Am Boden des Fingerhutes ist das Kristall eingeschmolzen. Oben ist der Fingerhut mit einem Gummikorken

verschlossen. Der Kork hat in der Mitte eine 2—3 mm weite Bohrung¹⁾. Der spitze Kontaktdraht ist mit einem kleinen

¹⁾ Man bohre Gummi mit einem entsprechend weiten, scharf gefeilten Metallrohre unter Wasser!

Drahtknäuel W in ca. $1\frac{1}{2}$ cm Entfernung von der Spitze umwickelt. Diese Spirale hat einen Durchmesser, der 1 mm größer ist als die Bohrung im Gummistopfen. Der in die Bohrung hineingepreßte Draht findet daher an jeder Stelle Halt und ist auch in genügender Weise beweglich. Durch geringe Verschiebung und Drehung des Korkens kann man auch den Druck regulieren. Dieser Detektor hat an und für sich schon den Vorteil, in einer Metallkapsel zu sein. Feilt man ein Fenster in die Seite des Fingerhutes, so kann man die Stellung des Kontaktes beobachten.

d) Ohmsche Widerstände.

Die für Radioversuche benötigten Widerstände zur Röhrenheizung brauchen keine große Anzahl von Ohm zu haben, worauf im theoretischen Teile bereits hingewiesen worden ist. Die Dimensionen können also klein gehalten werden. Wir können in bezug auf die Konstruktion drei Arten von Widerständen unterscheiden: 1. Drehwiderstände, 2. Schiebewiderstände, 3. Kurbelwiderstände. Die Drehwiderstände sind die am meisten üblichen, trotzdem sie absolut nicht die theoretisch einwandfreisten sind. Der Grund für ihre Verbreitung ist wohl darin zu suchen, daß ihre Massenherstellung leichter und daher billiger ist. Im allgemeinen geben sie oft nicht so guten Kontakt wie die anderen beiden Arten. Da ihre Herstellung auch für uns die bequemste ist, seien sie zuerst genauer geschildert.

Wenn man den Widerstand immer nur für eine Röhre benutzen will, so genügt es, 0,5–0,7 mm starken Nickel- oder Manganindraht zu benutzen. (Über die Stärke von Widerstandsdrähten kann man sich S. 76 genauer orientieren.) Für zwei bis drei Röhren nimmt man die Stärke 0,9–1 mm. Für Sparröhren 0,2–0,3 mm dicken Draht. Mehr wie drei Röhren wird man praktischerweise nicht über einen Widerstande brennen lassen; denn wenn man eine so große Apparatur sich baut, wird man auf die Feinregulierung jeder einzelnen Röhre für sich nicht verzichten wollen. In Abb. 135 sehen wir das Grund-

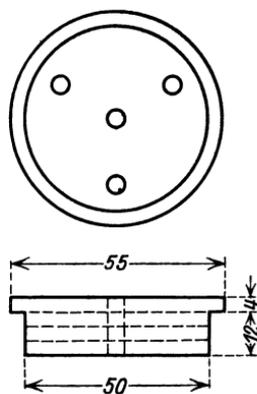


Abb. 135.

brett des Widerstandes in Auf- und Seitensicht. Wer nicht glücklicher Besitzer einer Drehbank ist oder sich billig die Scheibe drehen lassen kann, wird sie sich aus einzelnen Scheiben durch Laubsägearbeit leicht herstellen können. Der überstehende Rand ist nicht unbedingt erforderlich, er hilft aber, dem Widerstandsdrahte einen guten Halt zu geben. Wir sägen uns also einen Kreis von 5 cm Durchmesser aus einem 12–13 mm starken Holze. Zigarrenkistenholz zu nehmen, ist nicht empfehlenswert, denn das Holz ist zu weich und wird der Drehachse keinen guten Halt geben. Aus diesem Grunde werden wir auch die Einzelbrettchen in sich kreuzender Faserrichtung zusammenleimen. Bei der üblichen Dicke des Laubsägeholzes werden drei Scheiben benötigt, außerdem die Deckscheibe, deren Radius 5,5 cm ist. Die Mittelpunkte der Kreise haben wir uns gleich beim Aufzeichnen so deutlich markiert, daß es nachher keine Schwierigkeiten hat, den Mittelpunkt für das zentrale Bohrloch zu finden. Durch alle Bretter gehen ferner in regelmäßigem Abstände drei Löcher, welche später zur Befestigung dienen sollen. Für die Aufwicklung des Widerstandsdrahtes verschaffen wir uns einen Fiberstreifen von ca. $1\frac{1}{2}$ mm Dicke. Von diesem schneiden wir ein Ende ab (Laubsäge), welches $\frac{1}{2}$ –1 cm kürzer ist als der Umfang der Scheibe; in unserem Falle hat er eine Länge von 15 cm. Er erhält an seinen Enden ein Loch, wie Abb. 136 zeigt. Auf diesen Streifen wird nun der Widerstandsdraht spiralig aufgewickelt. Da der Draht blank ist, müssen wir durch genaues Wickeln darauf achten, daß die einzelnen Windungen sich nicht berühren. Diese Arbeit erleichtert man sich, wenn man vorher



Abb. 136. Abgeschrägter Fiberstreifen mit Widerstandsdraht.

den Rand des Fiberstreifens in regelmäßigem Abstände einkerbt. Ein weiterer Weg, um den Abstand der Windungen möglichst gleichmäßig zu gestalten, besteht darin, daß man einen Kupferdraht gleicher oder geringerer Stärke gleichzeitig mit dem Nickelindraht aufwickelt. Man hat also beide Drähte beim Wickeln in der Hand. Nachdem fertig gewickelt ist, wird dann der Kupferdraht wieder abgewickelt; er hatte nur den Zweck, den Abstand zwischen den Nickelinwindungen zu wahren. Da nun aber der Widerstand des glühenden Heizfadens der Elektronenröhre mit steigender Temperatur des Fadens zunimmt, ist

es vorteilhaft, gegen Anfang der Drehung des Heizwiderstandes mit ein und derselben Größe der Drehung nur geringere Längen des Widerstandsdrahtes auszuschalten. Dann wird man eine gleichmäßigere Regulierung der Heizstromstärke erreichen können. Auch in den käuflichen Widerständen ist dieser Umstand leider nur sehr selten berücksichtigt. Wir erreichen beim Selbstbau dieses Ziel dadurch, daß wir den Fiberstreifen vor der Bewicklung abschrägen, so daß er die in der Abb. 136 ersichtliche Form erhält. Die Breite fällt allmählich bis zu ihrer halben Größe ab. Nunmehr stellen wir uns aus dünnem Messingblech die aus der Abb. 137 deutlich zu entnehmenden Teile her. Die drei zungenförmigen Blechstreifen *I—III* werden einige Millimeter von dem Loche entfernt umgebogen, und zwar das kleinste Blech *I* am stärksten, das größte Blech am schwächsten; umgekehrt wählt man den Abstand der Biegungsstelle vom Loch bei dem kleinsten Streifen am größten. Abb. 137 zeigt links die so behandelten Streifen von der Seite gesehen. Für die Achsen benutzen wir 4–5 mm Durchmesser habende Schrauben, wie sie Abb. 138 zeigt. Diese sind in größeren Eisenwarenhandlungen erhältlich. Sie sind sehr brauchbar, und man kaufe ruhig einige in Vorrat. Den Schraubenkopf feilen wir ab, und die Achse ist fertig. Die Streifen *I—III* werden nun, wie aus Abb. 139 ersichtlich, zwischen zwei Muttern fest auf der Achse übereinander angeschraubt, wobei man beide Muttern mit je einer Zange faßt oder die eine im Schraubstock festklemmt. Die Streifen sind in

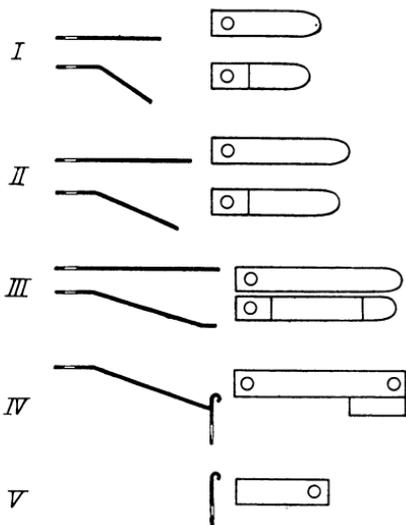


Abb. 137. Einzelteile für den Heizwiderstand.

I—III werden einige Millimeter von dem Loche entfernt umgebogen, und zwar das kleinste Blech *I* am stärksten, das größte Blech am schwächsten; umgekehrt wählt man den Abstand der Biegungsstelle vom Loch bei dem kleinsten Streifen am größten. Abb. 137 zeigt links die so behandelten Streifen von der Seite gesehen. Für die Achsen benutzen wir 4–5 mm Durchmesser habende Schrauben, wie sie Abb. 138 zeigt. Diese sind in größeren Eisenwarenhandlungen erhältlich. Sie sind sehr brauchbar, und man kaufe ruhig einige in Vorrat. Den Schraubenkopf feilen wir ab, und die Achse ist fertig. Die Streifen *I—III* werden nun, wie aus Abb. 139 ersichtlich, zwischen zwei Muttern fest auf der Achse übereinander angeschraubt, wobei man beide Muttern mit je einer Zange faßt oder die eine im Schraubstock festklemmt. Die Streifen sind in



Abb. 138. Eisenschraube des Handels, welche vielfach verwendbar ist.

ihrer Lage auch in der Abb. 140 zu erkennen. Streifen *IV*, der nicht eingeschraubt wird, federt an die eine Mutter heran und besorgt dadurch einen guten Kontakt. Von dem Streifen *IV* außerdem eine kleine Litzen-schnur nach einer der Muttern

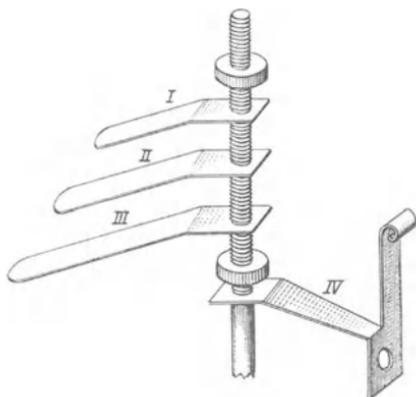


Abb. 139. Anbringen der Blechzungen auf der Achse.
(Stark auseinandergezogen gezeichnet.)

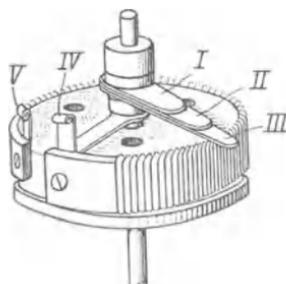


Abb. 140. Fertiger Heizwiderstand.
(Die römischen Ziffern deuten auf die Entstehung gemäß Abb. 137.)

zu führen und beiderseitig zu verlöten, erübrigt sich dadurch. Dieser Draht würde das leichte Auseinandernehmen des Rheostaten verhindern. Hier sei noch auf das kleine Messingscheibchen hingewiesen (*S* in Abb. 141) welches, auf die Achse gelötet, als Gegenlager dient. Wer eine Drehbank hat, wird die Achse mit einer Stufe versehen. Die Scheibe *S* wird dann durch den Absatz ersetzt. Auseinandergenommen wird der Widerstand stets von den hinteren Muttern aus.

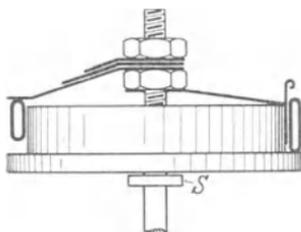


Abb. 141. Konstruktion 140 von der Seite gesehen.

Der soeben beschriebene Widerstand ist vornehmlich für die Befestigung hinter dem Montagebrett bestimmt. Da ein sauber gebauter Widerstand aber auch auf der Vorderseite ein Schmuck

des Apparates sein kann, so sei hier noch kurz die Ausführung desselben für diesen Fall beschrieben. Das Loch für die Durchführung der Achse fällt fort, dafür wird, wie die Abb. 142 und 143 zeigen, eine Schraube eingesetzt, um welche sich eine kleine

Stahlfeder windet. Diese Feder¹⁾ preßt den Kontakthebel H auf den kleinen Messingring R an. Die Zuführung zu dem Messingring ist mit diesem verlötet oder gleich in einem Stück geschnitten. Alles Nähere zeigen außer den Abb. 142 und 143 die Abb. 181/182, welche bereits bessere Konstruktionen darstellen.

Eine zweite Konstruktionsart zeigt die nun folgende Serie von Bildern. Man benötigt zunächst ein Brettchen B von ca. $80 \times 40 \times 8$ mm Stärke, dessen Herstellung ganz analog wie oben für das runde Brett erfolgen wird. Wer natürlich ein Stück Hartgummi dafür opfern kann, soll dieses nehmen, wie er auch in der obigen Konstruktion sich des Hartgummis bedienen kann. — Die mittleren 6 cm der beiden Seitenkanten des Brettes werden nun mit je 24 Nuten versehen, wie Abb. 144 andeutet, während der 1 cm breite Rand für die Befestigung auf einem Grundbrettchen reserviert bleibt. Das Grundbrett wählt man für die angegebenen Größen ca. 8×8 cm groß. Nachdem der Widerstandsdraht stramm in einer Spirale durch die Nuten geführt ist, wird das Brettchen auf dem Grundbrett mit 4 Mutterschrauben be-

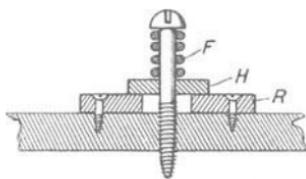


Abb. 142. Kontakthebel H durch Feder F auf die Messingscheibe R gepreßt.
Vgl. auch Abb. 182.

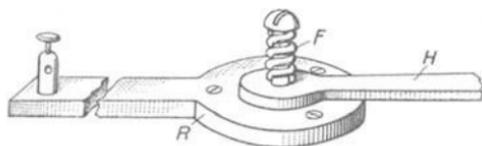


Abb. 143. Ansicht der Konstruktion der Abb. 142.

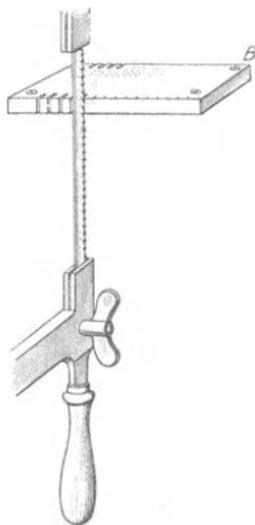


Abb. 144. Einsägen der Nuten in das Brett B .

festigt. Zwischen beide legen wir an den Durchführungsstellen der Schrauben kleine Fiber- oder auch Holzscheiben, damit ein gleichmäßiger Luftspalt hinten verbleibt (Abb. 146). Die Enden der

¹⁾Nicht zu empfehlen, wenn der Kontakthebel nicht sauber gearbeitet wird.

Drahtspirale werden durch das Grundbrett hindurchgeführt und mittels einer Gegenmutter an der ihnen am nächsten stehenden

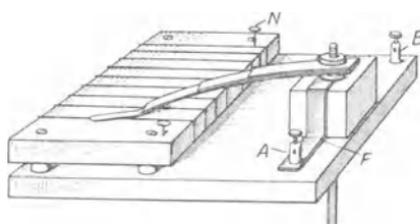


Abb. 145. Widerstand.

A und B = Kontaktklemmen.

F = Messingstreifen, der IV in Abb. 140 entspricht.

N = Nägel als Anschlag für den Hebel.

Schraube befestigt. Ein Holzklötzchen von 3×3 cm wird unterhalb der Drahtspirale in der Mitte aufgesetzt. Es dient dazu, dem Drehhebel eine sichere Führung resp. Unterlage zu geben. Je nachdem man nun den Widerstand auf die Vorder- oder Hinterseite montieren will, wird man wie oben eine der beiden Drehkonstruktionen anwenden.

Der Kontakthebel muß aber hier länger geschnitten werden wie bei dem Drehrheostaten. Die weiteren Einzelheiten geben im Prinzip die alten Abb. 137—141 sowie Abb. 145 und 146.

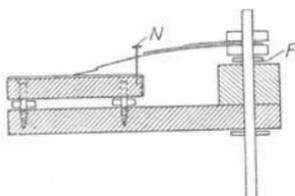


Abb. 146. Konstruktion der Abb. 145 im Querschnitt.

Aus einer gleichen Widerstandsspirale, welche jedoch bis dicht an den Rand bewickelt ist, können wir uns nun auch einen Schiebewiderstand herstellen. Das Spiralenbrett wird dazu zwischen zwei kleine Seitenbretter gelagert, welche auf einem kleinen Grundbrett stehen, was Abb. 147 veranschaulicht.

Den Schleifkontakt für die Schiene verfertigt man, wie früher bei Schiebepulsen angegeben (Abb. 118).

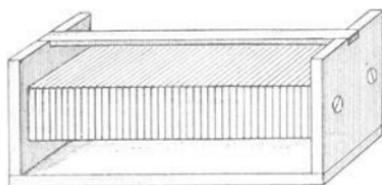


Abb. 147. Die Platte B ist zu einem Schiebewiderstand verarbeitet.

Wer Wert auf eine feinere Regulierung legt, schaltet am besten einen Feinregulierungswiderstand vor. Bei der Schiebewiderstandsbaugruppe ist jedoch auch durch Einbau einer gleitenden Schiene an der Schmalseite eine Feinregulierung anbringbar.

Ich will das Kapitel über Widerstände nicht schließen, ohne einer Konstruktion gedacht zu haben, welche für den ganz ver-

wöhnten Amateur die absolut kontinuierliche Variation des Widerstandes gestattet. Veranschaulicht wird diese Art durch Abb. 148 und 149. In zwei Lagern, deren Konstruktion so gestaltet ist, wie bei den Drehkondensatoren beschrieben (S. 96), befindet sich eine Achse, mit welcher eine Walze sich durch die Kurbel *K* bewegen läßt. Die Walze wird man 10 cm dick und 3 cm lang wählen, damit für die erforderlichen 2–3 m Draht nicht so zahlreiche Windungen erforderlich sind. Seitlich von der Walze ist ein drehbarer Kontakthebel *H* angebracht, welcher nach oben federt und an seinem Ende so ausgebeult ist, daß es eine Rinne bildet, in welcher der Draht entlang läuft. Er wird entsprechend den bereits beschriebenen Hebeln hergestellt (Abb. 142 und 143). Bei der Drehung der Walze nimmt dann der Draht den Hebel mit. Der eine Kontakt geht in den Hebel, der andere über die Lager zur Achse, an welcher ein Ende des Widerstandsdrahtes verlötet ist. Die Walze kann in gleicher Weise hergestellt wie die Abb. 135 beschriebenen Brettchen. Bei diesem Widerstand liegen zwischen den verschiedenen Stromstärken eine größere Anzahl von Drehungen der Kurbel oder des Knopfes. Man kann sich also nicht auf dem üblichen Wege die Stellung für später merken.

Starkstromwiderstand. Nicht nur für die Heizung von Röhren, sondern auch für die an anderer Stelle beschriebenen Akkumulatorenladevorrichtungen und a. m. werden Widerstände gebraucht. Daher soll hier noch eine Art Widerstände beschrieben werden, welche sich durch ihre Billigkeit auszeichnet und außerdem eine Belastung bis 10 Amp. zuläßt.

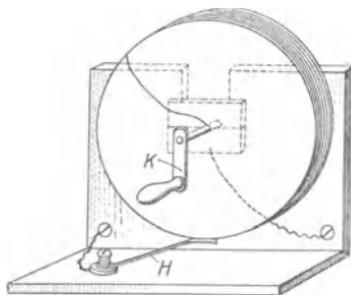


Abb. 148. Kontinuierlich veränderlicher Widerstand.

H = Drehhebel, *K* = Kurbel.
Das vordere Lager ist fortgelassen.

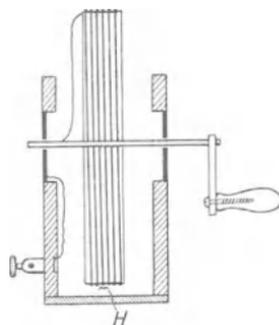


Abb. 149. Querschnitt der Konstruktion Abb. 148.

Wir kaufen uns 7 der billigsten Bleistifte, die wir auftreiben können, die einzige Anforderung, die wir an sie stellen müssen, ist, daß es keine Endenbleie sind, sondern daß ihre Seele in eins durchgeht. Wir halten sie in die Flamme, bis unter Knistern



Abb. 150. Drahtverbindung am Graphitstab.

und Prusten alles Holz abgebrannt ist. So gelingt es leicht, den Graphitstab frei zu bekommen, ohne ihn zu zerbrechen. Jetzt

werden an den Stabenden Drähte befestigt. Zuerst wickeln wir einen dünnen Kupferdraht in enger Spirale um jedes Ende, ca. 1 cm lang. Die beiden Drahtenden werden dann verknüpft. Über diese Drahtspirale wird dann der eigentliche dickere Leitungsdraht gewunden und mit der Unterlage verlötet (Abb. 150). Für guten Kontakt muß man sorgen, da sonst bei stärkeren Strömen leicht Funken entstehen können. Auf einem entsprechend großen Brettle deponieren wir gleich die zusammengefügt Graphitstabpaare, damit sie nicht zerbrochen werden. 6 der Graphitstäbe ergeben also 3 Gruppen, so daß also 9 Drähte nach unten hängen. An dem 7. Stab befestigen wir ca. 10 Drähte in möglichst gleichem Abstände auf die eben beschriebene Weise (Abb. 151). Da wir nun die Stäbe in Gips einbetten wollen und nicht die Drähte verwechseln dürfen, binden wir an jeden Draht an das äußerste Ende ein Stückchen Papier, auf welchem seine

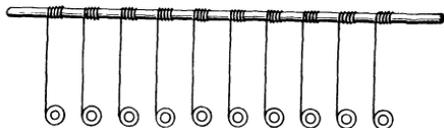


Abb. 151. Graphitstab für die Feinregulierung. Es sind Stechbuchsen für die Schaltung vorgesehen.

Nummer steht. Ein Brett *C* von 25×25 cm Kantenlänge (Abb. 152) umgeben wir nun mit einem 3–4 cm hohen Rande aus Pappe, *P*, den wir mit Reißnägeln *R* befestigen. In die eine Seite der Pappe picken wir

1 cm oberhalb des Brettes in gleichem Abstände voneinander 9 Löcher *L*. Jetzt stellen wir die Pappkiste mit dem Holzboden horizontal und gießen frisch angerührten Gips oder Zementbrei in dieselbe, just bis zu der Höhe der Löcher *L*. Bald ist der Gips halb erstarrt. Dies ist der Augenblick, wo wir die Graphitstäbe samt ihren Drähten gleichmäßig auf der Oberfläche verteilen und

vorsichtig etwas eindrücken. Jetzt werden einige Nägel *N* mit großen Köpfen durch den Gips in das Grundbrett so weit eingeschlagen, daß sie die Gipsoberfläche noch um 1 cm überragen. Während bisher alles schnell gehen mußte, können wir nun in Ruhe die Drähte der ja noch sichtbaren Stäbe durch die Löcher der Pappe nach außen hindurchstecken. Hierauf folgt der zweite Guß, welcher an den eingeschlagenen Nägeln einen sicheren Halt findet. Für jeden Guß braucht man ein gutes viertel Liter Gipsbrei. Nachdem auch der obere Guß völlig erstarrt ist, wird die Pappe abgenommen. Mit dem nassen (sauberen!) Finger läßt sich der Gips nunmehr sehr sauber polieren, wodurch er selbst dann ein nettes Aussehen erhält, wenn man nicht den weißen Alabastergips genommen hat. Es braucht wohl nicht geschildert zu werden, wie man dasselbe mit dem Feinregulierwiderstand auf einem Grundbrett von 25×5 cm wiederholt. Beide Gipsblöcke werden nun auf einem größeren Grundbrett befestigt, wobei man den Feinregulierungswiderstand unten montiert und die Drähte der Gipsblöcke nach hinten durchführt. Die Schaltung kann man auf zwei Wegen erreichen. Entweder baut man sich Kurbelkontakte, oder man benutzt Stechbuchsen, zwischen welchen

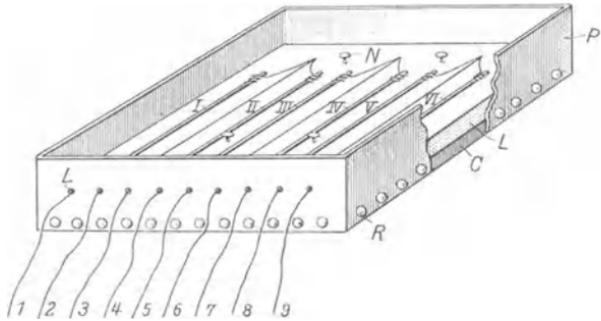


Abb. 152.

Die Graphitstäbe *I - VI* nach dem ersten Guß *L*. *C* = Grundbrett. *P* = Papprand gehalten durch die Reißnägeln *R*. *1 - 9* die durch die Pappe bei *L* geführten Drähte.

Hierauf folgt der zweite Guß, welcher an den eingeschlagenen Nägeln einen sicheren Halt findet. Für jeden Guß braucht man ein gutes viertel Liter Gipsbrei. Nachdem auch der obere Guß völlig erstarrt ist, wird die Pappe abgenommen. Mit dem nassen (sauberen!) Finger läßt sich der Gips nunmehr sehr sauber polieren, wodurch er selbst dann ein nettes Aussehen erhält, wenn man nicht den weißen Alabastergips genommen hat. Es braucht wohl nicht geschildert zu werden, wie man dasselbe mit dem Feinregulierwiderstand auf einem Grundbrett von 25×5 cm wiederholt. Beide Gipsblöcke werden nun auf einem größeren Grundbrett befestigt, wobei man den Feinregulierungswiderstand unten montiert und die Drähte der Gipsblöcke nach hinten durchführt. Die Schaltung kann man auf zwei Wegen erreichen. Entweder baut man sich Kurbelkontakte, oder man benutzt Stechbuchsen, zwischen welchen

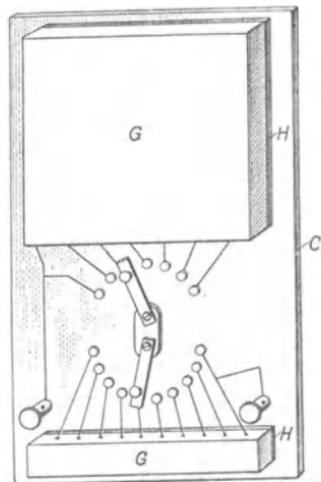


Abb. 153. Fertiger Graphitwiderstand.

G = Gipsblöcke.
H = Grundbretter der Blöcke.
C = Montagebrett.

dann mit Stecker und Schnur jede gewünschte Verbindung hergestellt werden kann. Die Montierung beider Widerstände auf einem Grundbrett sowie die Schaltung bei Verwendung von Kurbelschaltern gibt Abb. 153, in welcher die in Wirklichkeit hinten gezogenen Leitungen nach vorne verlegt sind. Über die Kurbelschalter lese man S. 156 nach.

e) Hochohmwiderstände.

Wie man bei der Lektüre des theoretischen Teiles gesehen haben wird, spielen hochohmige Widerstände bei den Empfangsapparaturen eine große Rolle (S. 50 und 55). Nichts ist leichter, als sich dieselben selber herzustellen. Die billigeren Aufmachungen des Handels sind auch nur Graphitwiderstände. Echte Silitstäbe schwanken in ihrem Preise um eine halbe Goldmark pro Stück. Für denjenigen, der sich doch die runden Stäbe beschaffen will oder sie schon besitzt, sei erwähnt, daß man sich mit einer Rundzange mit einigen Griffen die weiter unten beschriebenen Fassungen so umformen kann, daß sie für echte Silitstäbe passen. Für die im folgenden geschilderten Hochohmwiderstände können die Fassungen wie für die Blockkondensatoren (Abb. 111) unverändert benutzt werden. Da wir nicht genau vorherbestimmen können, wieviel hunderttausend oder Millionen Ohm unser Silitstabersatz haben wird, andererseits es sehr auf seinen optimalen Widerstand ankommt, müssen wir gleich damit rechnen, daß wir später Korrekturen anbringen müssen. Andererseits ist die Herstellung so einfach, daß man besser daran tut, sich gleich en gros ca. 30 Stück herzustellen, wozu man wohl nur eine Stunde Zeit benötigt. Man schneidet sich kleine Pappstreifen von 4–5 cm



Abb. 154. Hochohmwiderstand.
Schwärzung des Papp- oder Fiberstückes.

Länge und 8–10 mm Breite. Diese werden nun an beiden Enden so dick wie möglich mit einem Bleistift (Nr. 1 oder 2) geschwärzt. Dann zieht man mit dem Lineal einen Bleistift-

strich, der die beiden geschwärzten Felder miteinander verbindet (Abb. 154). Um die geschwärzten Felder werden nun 8–10 mm breite Blechstreifen gelegt, welche fest angekniffen werden, am besten unter Zwischenlegen von Silberpapier (Abb. 155). Man tut gut daran, ca. 1 mm der schwarzen Felder noch unter dem

Blech hervorragen zu lassen, damit man später leichter eine Verstärkung des Bleistiftstriches anbringen kann. Durch Ausprobieren suchen wir uns nun die geeignetsten Stäbe aus. Für die Anodenableitung, welche immer geringeren Widerstand haben muß als die Gitterableitungen, werden wir natürlich die dicken Bleistiftstriche verwenden. Für die Gitterableitung erweisen sich oft ganz dünne als die besten.

Eine sehr nette, leicht selber zu verfertige Konstruktion eines variablen hochohmigen Widerstandes gibt P. Dastouet, welche ich dem Referat Mittelmanns im Radio-Amateur entnehme. Abb. 156 zeigt denselben im Querschnitt. *P* ist ein Stäbchen aus Isoliermaterial von 2 mm Durchmesser, welches in ein kleines Glasröhrchen von 4 mm lichter Weite mittels der

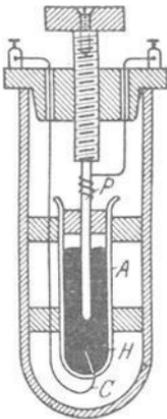


Abb. 156. Veränderlicher Hochohmwiderstand.

Schraube *S* gesenkt werden kann. Von unten führt in das Glasrohr ein Kupferdraht, welcher mit der Quecksilberfüllung *H* desselben Kontakt macht. Das Stäbchen *P* ist mit chinesischer Tusche dünn bestrichen. Diese Tuschschicht bildet den Widerstand, welcher sich mit der sehr fein regulierbaren Bewegung des Stäbchens ändert. Als äußeres Rohr empfehle ich ein Aspirinröhrchen od. dgl. zu nehmen. — Für manchen mag die in Abb. 157 wiedergegebene Abart leichter zu verfertigen gehen, da sie das Einschmelzen des Kupferdrahtes umgeht. Es wird ein beiderseits offenes Glasröhrchen von ca. 4 mm

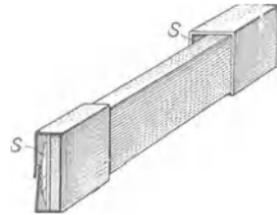


Abb. 155. Hochohmwiderstand.

S = Silberpapier zur Herstellung eines guten Kontaktes.

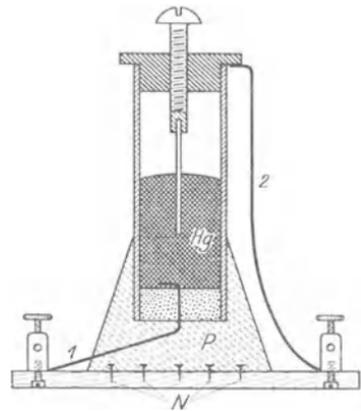


Abb. 157. Abart des Widerstandes der Abb. 156.

N = Nägel.
P = Plastellin.
Hg = Quecksilber.
1 und *2* = Zuführungsdrähte.

Breite und 5 cm Länge verwandt. Unten wird es mit einem Stück Gummistopfen verschlossen, durch welches der eine Draht zur Klemme geht. Für oben wird als Deckel eine größere Schraubenmutter verwandt, deren Bolzen das Isolierstäbchen trägt. Die Tusche wird am oberen Ende gut und dick aufgetragen, um Kontakt zu Draht 2 zu geben. Durch Plastellin(Ton)wird das Quecksilberrohr auf dem Grundbrett befestigt. Um auf dem Brett gut zu halten, kann man einige großköpfige Nägel teilweise in das Brett schlagen (bei N).

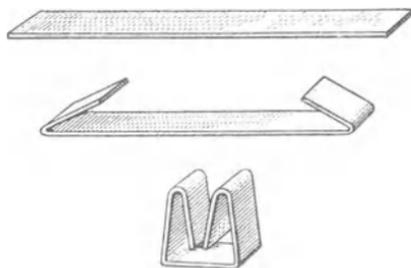


Abb. 158. Werdegang eines Fassungs-
teiles.

Ein konstanter Hochohm-
widerstand ist auch sehr geeignet, als Anodensicherung zu dienen. Eine solche Sicherung ist eigentlich das Wichtigste, was sich der Amateur, der mit Röhren überhaupt arbeiten will, herstellen muß. Die Elektronenröhren sind zur Zeit noch sehr teuer, und sie müssen unbedingt gegen die Anodenspannung gesichert werden. Manch einer ist erst klug geworden, nachdem ihm im Bruchteil einer Sekunde alle 4 Heizfäden seiner Apparatur durchgebrannt sind. Die Sicherung genügt, wenn sie einen Widerstand von einigen hundert Ohm hat. Wir stellen sie nach Abb. 154 und 155 her, nur wird anstatt des Bleistiftstriches die ganze Fläche der Pappe allseitig geschwärzt.



Abb. 159. Stütze
bei Verwendung
dünnen Bleches.

Die Sicherung bestreichen wir gleich mit Zelluloidlösung oder Paraffin, damit sie gegen Abgreifen und Feuchtigkeit geschützt ist. Die Silitstäbe werden erst, nachdem sie ausprobiert sind, in gleicher Weise behandelt. Nachdem man mit Paraffin od. dgl. bestrichen hat, ist eine Korrekturanbringung nicht mehr möglich. Als Sicherung eignet sich auch eine elektrische Glühbirne für 110 oder 220 Volt Spannung, welche wie die Sicherung vorgeschaltet wird (niedrige Kerzenstärke!).

Wie die Kontakte aus einem 6—20 mm breiten, 0,5—1 mm dicken Bleichstreifen gebogen werden, erhellt aus Abb. 158. Wer lieber mit dünnem Blech arbeitet, setzt einen zweiten gebogenen

Streifen nach Abb. 159 unter. Die Montage auf dem Grundbrett erhellt aus Abb. 160. Die Drahtzuführungen kommen unten zwischen die Muttern. Hauptverwendungsgebiete dieser Fassungen sind: Hochohmwiderstände, Sicherungen, gewickelte Blockkondensatoren, jedoch auch Selbstinduktionen, Drosselpulen u. a.

Die in Deutschland für Röhren üblichen Fassungen sind Steckfassungen. Ihre Ausführung läßt aber zu wünschen übrig, und sie geben absolut nicht einen idealen Kontakt ab. Die Abstände müssen sehr genau abgemessen werden, und die Stecker müssen auch genügend weit federn.

Mancher Versager liegt am schlechten Kontakt in der Röhrenfassung. Wer nun mit dem Raum nicht sehr sparen muß, kann sich selbst eine Fassung nach dem Prinzipie der Messerkontakte herstellen. Diese haben große Vorteile. Erstens geben sie besseren Kontakt, zweitens aber ist es nicht schwer, sie so zu konstruieren, daß man Röhren verschiedener Konstruktion in einer Fassung benutzen kann. Der Nachteil besteht darin, daß man an jeden Kontakt der Röhre ein kleines Blechfännchen anlöten muß.

Unverwechselbar macht man die Fassung dadurch, daß man das Blech für die Anodenzuführung ca. 1 cm länger macht und den zugehörigen Kontakt entsprechend weit ausrückt. Die Selbsterstellung von Steckbuchsen empfiehlt sich nicht, wenn man keine Drehbank benutzen kann. Eine Gefahr, daß die Röhren herausfallen, besteht bei Messerkontakten nur, wenn sie schlecht federn.

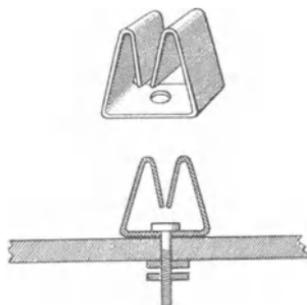


Abb. 160. Montage auf dem isolierenden Grundbrette.

f) Drehknöpfe u. dgl.

Alle Drehknöpfe, Drehhebel usw. müssen gut isolieren. Es ist aber ein Irrtum, wenn man glaubt, der einzige gute Isolator sei Hartgummi oder eine der zu gießenden Massen. Paraffin ist ein ganz vorzüglicher Nichtleiter, und ein trockenes Holz, das mit ihm durchtränkt ist, isoliert ganz vorzüglich. Man gewöhne sich jedoch daran, alle Isolierteile nicht nur vor, sondern auch nach der Bearbeitung in Paraffin zu kochen. Denn schwerlich

dürfte ein dickeres Brett bei gewöhnlichem Kochen ganz von der Isoliermasse durchdrungen werden. Daher hat auch die Zusammensetzung aus einzelnen Scheiben gewisse Vorteile. Je nach den Ansprüchen, welche man stellt, wird man sich aber auch mit einem der improvisierten Drehknöpfe begnügen. Da diese in der Herstellung die einfacheren sind, so gehe ihre Schilderung voran.

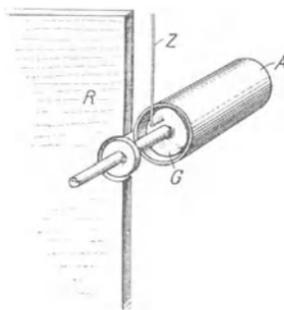


Abb. 161. Drehknopf aus einer Tablettenhülse A.

G = Gußmasse.
Z = Zeiger,
R = Montagebrett.

Für Heizwiderstände, wo wir einen Zeiger mit Skala nicht notwendig brauchen, und wo wir zwecks Montage des Drehknopfes die Achse leicht herausnehmen können, ist eine Gußmethode sehr einfach. Ein Tablettenröhrchen, in welchem die kleinsten Packungen vieler Arzneimittel abgegeben werden, hat ungefähr eine Größe von 15×30 mm. Ein solches Gläschen bildet den Hauptbestandteil des zu beschreibenden Drehknopfes (Abb. 161). Die herausgenommene Achse hat den Querschnitt, wie ihn Abb. 162 zeigt. Man markiert sich mit der Feile genau die Stelle, bis zu welcher der Drehknopf über der Achse sitzen darf. In einer alten Konservendbüchse stellen wir uns eine Mischung von 1 Teil Wachs und 3 Teilen Kolophonium her, wobei wir die Vorsichtsmaßregeln wohl beachten. Von der heißen Mischung gießen wir so viel in das senkrecht stehende Gläschen, daß es ca. $\frac{2}{3}$

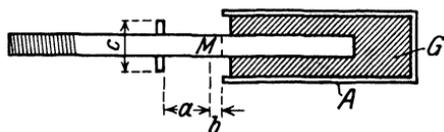


Abb. 162.

Das Tablettenröhrchen A ist durch die Gußmasse G auf der Achse so befestigt, daß außer der Dicke der Montierungsplatte a noch der Spalt b für den Zeiger bleibt.

gefüllt ist. Durch geringfügiges Bewegen stellen wir fest, wann die Masse zu erstarren beginnt. Dann erwärmen wir den Drehzapfen der Achse gelinde (nicht so stark, daß die Lötstelle zerstört wird) und tauchen den heißen Zapfen in die dicke Masse ein, bis der Rand des Glases an der Marke der Achse steht. Der Kitt hält nach dem Erstarren so fest, daß ein Flachfeilen der Achse sich erübrigt. Die Scheibe (c), welche ja hinter dem Montierungsbrette liegen muß, dient uns nunmehr als

Maßstab für das Loch, welches wir in das Grundbrett bohren müssen. Wie im Vorwort gesagt, soll man sich beim Selbstbau gleich von vornherein entschließen, welche der angegebenen Konstruktionen man auch in den Einzelteilen auszuführen gedenkt. Haben wir also die Absicht gehabt, obige Konstruktionen anzuwenden, so werden wir die kleine Scheibe kleiner gewählt haben wie den Querschnitt des Glases, damit das Bohrloch unter demselben nicht sichtbar wird.

Natürlich ist man nicht auf solche Röhrchen beschränkt, doch ist ihre Form so gestaltet, daß man nicht auf den ersten Blick die Herkunft derselben erkennt. Benutzt man flache, flaschenförmige Gefäßchen, wie z. B. die Fläschchen, in denen Pyramidon vom Apotheker abgegeben wird, so kann man sich ohne weiteres den Stand des Hebels ungefähr merken. Es hat aber auch keine Schwierigkeiten, sich nach



Abb. 163. Zeiger aus Kupferdraht durch Hämmern und Feilen herzustellen.

Abb. 163 einen kleinen Zeiger zu feilen, welchen man aus einem 2–3 mm dicken Kupferdrahtende verfertigt, welches an seiner einen Seite flachgehämmert ist. Der Zeiger wird mit seinem Befestigungsende glühend gemacht und in die ringförmige Oberfläche des erstarrten Kittes gedrückt. Auch hierbei ist es nötig, vorher zu wissen, ob man den Zeiger anbringen will oder nicht, denn bei Anbringung des Zeigers darf man die Achse nur 1–2 mm weniger tief in den Kitt tauchen, damit ein genügender Abstand (b in Abb. 162) verbleibt und der Zeiger nicht auf der Vorderseite des Grundbrettes schleift.

Wesentlich einfacher ist es, wenn wir uns beim Tischler oder bei sonst einem glücklichen Drehbankbesitzer Knöpfe drehen lassen. Handwerker nehmen mitunter — Gott sei Dank ist dies eine Ausnahme — etwas stark übertriebene Preise. Hat man keine andere Quelle zur Verfügung und will sich nicht mit einer der selbstherstellbaren Konstruktionen begnügen, so überlege man sich, ob man nicht billiger fährt, sich Knöpfe zu kaufen.

Die nunmehr folgende Konstruktion gestattet eine genaue Ablesung der Stellung; sie dürfte daher vornehmlich für Drehkondensatoren, Variometer usw. geeignet sein. Aus trockenem, ebenem Laubsägeholz¹⁾ schneiden wir uns mit einer feinen Säge

¹⁾ Am besten dreifach Sperrholz.

einen Teller gemäß Abb. 164. Die Größe desselben sei nicht unter 8 cm Durchmesser. Je größer wir ihn aber machen, um so genauer können wir die Ablesung später vornehmen. An zwei gegenüberliegenden Fenstern von 2×2 cm Größe wird in der Mitte auf dem Radius des Kreises ein dünner Draht gespannt. Der Draht bewegt sich später als Zeiger über einer Skala. Die Befestigung des Drahtes kann auf zwei Arten geschehen. Abb. 164 oben veranschaulicht die eine Art. Diese erfordert etwas mehr Geschicklichkeit als die zweite. 3–4 mm vom Rande des Fensters wird auf der Mittellinie mit dem Drillbohrer ein möglichst kleines Loch gebohrt. In das eine Drahtende (0,1–0,3 mm \varnothing , je nach Handfertigkeit) machen wir einen Knoten,

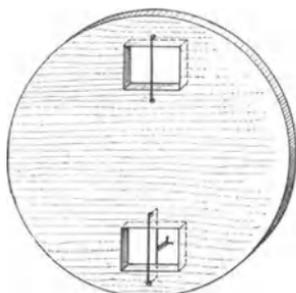


Abb. 164. Holzscheibe für einen Drehknopf.

welchen wir dann mit einer Nadel in das Loch hineinstecken. Der Knoten wird aus so vielen Drahtschlingen zusammengesogen, daß er nur schwer in das Loch zu zwängen geht. Nachdem er glücklich um die halbe Brettstärke in dem Loch verschwunden, nehmen wir einen ganz kleinen und kurzen Span von einem Streichholze. Den Span fassen wir am besten mit der Pinzette, betupfen ihn mit Syndetikon und treiben

ihn in das kleine Loch. Hierbei legen wir das Brett auf eine harte Unterlage, damit wir uns nicht den Metallknoten nach der anderen Seite her austreiben. Wenn so das eine Ende des Drahtes sitzt, so messen wir ab, wo der zweite Knoten hin muß. Für manchen Leser wird es unüberwindliche Schwierigkeiten haben, den zweiten Knoten auf den Millimeter genau zu setzen; hier ist eine Frauenhand geübter. Wenn der Knoten richtig sitzt, so liegt er, wenn das freie Drahtende durch das zweite Loch gesteckt wird, in der Mitte des Holzes und spannt den Faden. Hier wird er auf die gleiche Art befestigt wie der erste Knoten. Eine zweite, einfachere Art der Fadenbefestigung besteht darin, daß man einen längeren Faden durch beide Löcher steckt und dann verknotet und mit der Schere kürzt. Diese Art ist auf der unteren Hälfte der Abb. 164 dargestellt. Sie hat in einer Hinsicht den Vorteil, daß man leicht das Auge senkrecht über die Skala bringen kann, indem man die beiden Drähte zur

Deckung in die Blickrichtung bringt. Auf die Mitte der nunmehr fertigen Drehscheibe wird jetzt ein zylindrischer Holzklotz geleimt. Damit wäre der Drehknopf fertig und nur noch an der Hinterseite mit einer senkrecht stehenden Bohrung zu versehen. Statt des zylindrischen Holzklotzes können wir auch hier wieder nach dem oben beschriebenen Vorgange ein Glasrohr als Knopf befestigen. Hierfür wird mit der Laubsäge dann eine kreisförmige Öffnung gesägt, in welche der Umfang des Rohres möglichst eng hineinpaßt. Die weitere Befestigung des Holzes an dem Glase findet mit heißem Kolophoniumwachskitt statt, wie er später für die Herstellung der Akkumulatorengefäße beschrieben ist. (Über senkrechtes Bohren resp. befestigen der Achse vgl. S. 192.)

g) Transformatoren.

Für Primär- wie Sekundärwicklung wählt man 0,05 mm starken seideumspunnenen Draht. Dieser Draht ist also von einer außerordentlichen Feinheit, und man tut gut, ihn sich erst einmal im Geschäft zeigen zu lassen, um ihn in die Hand zu nehmen. Man sehe, wie weit die Amateurcourage geht, ob man sich zutraut, Tausende von Drehungen mit diesem Drahte herzustellen! Wenn man nämlich den Draht in der Hand hat, sinkt der durch die Zahl 0,05 mm wenig erschütterte Mut oft beträchtlich. Andererseits ist es aber auch nicht unmöglich, selber sehr gute Transformatoren zu wickeln¹⁾.

Für die Transformatoren wählen wir die Spulen 30—40 mm lang. Gespult wird an der Nähmaschine oder dem Grammophon oder einem Motor. Für die Befestigung auf der Achse genügt Plastillin. Während des Spulens dirigiert man mit Zeige- und Mittelfinger der rechten Hand den Draht (alte Lederhandschuhe anziehen!). Nie darf der Draht angefaßt werden, er würde sofort reißen. Man leitet ihn nur zwischen den gespreizten Fingern durch seitlichen Druck. Die linke Hand streicht mit einem Pinsel heißes Paraffin auf die sich drehende Spule. (Daß hierbei Paraffin

¹⁾ Die Selbstherstellung von Transformatoren, dgl. die von Kopfhörern gibt nur in der Hand des Geübten gute Resultate. Muß man mit der Hand spulen, so denke man auch an die beträchtliche Arbeit. Wer jedoch diese äußeren und inneren Schwierigkeiten überwindet und an den Selbstbau schreitet, der verwende nur erstklassiges Material und baue unterteilte Spulen.

spritzt und man den Raum und die Kleidung entsprechend wählen muß, sei hier eingeschoben. Paraffinflecke werden mit Benzin entfernt.) Je schneller die Spulvorrichtung läuft, um so mehr Vorsicht ist geboten. Die Spule, von der man abwickelt, muß leicht drehbar sein und darf keine Gelegenheit haben, hängenzubleiben. In der Abb. 165 ist eine sehr vollkommene Spulvorrichtung schematisch angegeben. Auf einem Tische oder dem Fensterbrette befindet sich die Reservedrahtspule *D* auf einem kleinen Drehgestell. Von hier läuft der Draht abwärts zum Fußboden zu, dort läuft er durch einen glatten kleinen Glas- oder Metallring.

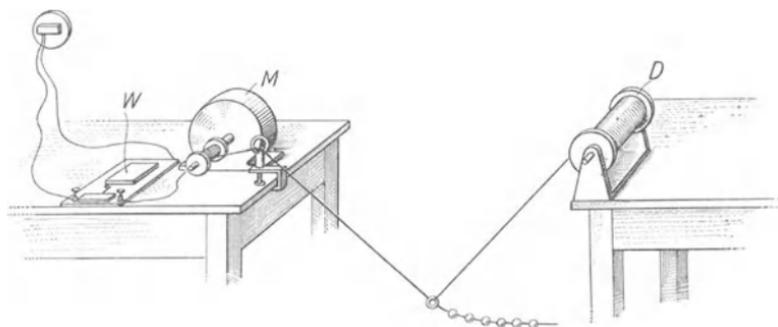


Abb. 165. Anordnung zum Spulen von Transformatoren.

An dem Glasring hängt ein auf Zwirnsfaden gezogener Schwanz von Glasperlen; jede einzelne Perle ist angeknötet und hat einige Zentimeter Abstand von der vorigen. Das Ganze wiegt ca. 20 g. Darauf führt der Draht zum Basteltisch auf die Spule, die an der Motorachse sitzt. Durch den Widerstand *W* kann man die Geschwindigkeit des Motors regulieren, durch den am Tischbein angebrachten Hebel *H* kann man den Motor durch direkte Bremsung sofort zum Stehen bekommen. Die mit dem Fuß zu bedienende Bremsvorrichtung der Abb. 166 probiere man gut vor dem Spulen aus. Der Motor muß schneller zum Stehen kommen, als Zeit erforderlich ist, um die auf den Fußboden führende V-förmige Schlinge aufzuspulen. Die Bremsvorrichtung entspricht im Prinzip der bei Drehkondensatoren geschilderten. Hier verwendet man je nach der Motorstärke dickeren oder dünneren gedrahten Draht, dessen Bremswirkung durch die Anzahl der um die Achse gelegten Schlingen sich weiterhin regulieren läßt. Die Holzklötze

A und *B* werden unter den Draht geschoben, damit der Motor keinen Zug nach unten erhält.

Bei der einfachsten Transformatorform werden die primäre und die sekundäre Wicklung je für sich auf eine Spule gewickelt. Es ist jedoch besser, die sekundäre auf die primäre aufzuwickeln. Nie verabsäume man aber, die ersten und letzten Windungen einer jeden Spule aus dickerem Drahte zu verfertigen — ein 10 cm langes Ende eines 0,5 mm dicken Drahtes ist dafür geeignet. Das dickere Drahtstück muß mit dem dünnen Drahte verlötet werden.

Hierzu wickelt man den blanken dünnen Draht in einer engen Spirale um den blanken dicken Draht auf ca. 1 cm Länge auf. Man beschmiert das dem dünnen Drahtende abgekehrte Ende der kleinen Drahtspirale mit Tinol und hält es in eine kleine Flamme. Die nicht verlöteten Windungen des dünnen Drahtes werden wieder abgewickelt und das überstehende Ende des dicken Drahtes mit der Zange abgekniffen. Reißt der Draht oder kommt plötzlich

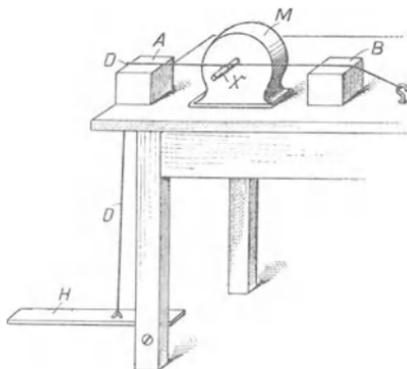


Abb. 166. Bremsvorrichtung für die Achse *X* des Motors *M* durch den Draht *D*, welcher vom Hebel *H* über die Klötze *A* und *B* hinweg gespannt werden kann.

ein Ende, was auch vorkommt, so müssen die Enden zusammengelötet werden. Will man so dünne Drähte in der Flamme löten, so darf diese nicht zu heiß sein, da der Draht leicht verbrennt. Mit dem Kolben gelingt es aber immer. Die Verbindungsstellen brauchen nicht isoliert zu werden. Man kann unter und über die blanke Stelle ein kleines Streifchen von paraffiniertem Seidenpapier legen.

Die elektrischen Verhältnisse werden bei den Spulen bedeutend verbessert, wenn man die Spulen in einzelne Spulenscheiben zerlegt (geringere Kapazität!). Abb. 167 zeigt einen hierfür bestimmten Spulenkörper, der aus Holz gedreht oder aus Pappe geklebt werden kann. Der innere Hohlraum für den Eisenkern soll 1—2 cm² Querschnitt haben. Man wickelt zuerst die Primärwicklung in der linken Spule, geht dann durch einen Spalt zum

nächsten Abschnitt und wickelt weiter, und so fort. Darüber legt man die sekundäre Wicklung in gleicher Weise. Die Spalte *S* der Abb. 167. macht man vor dem Kochen in Paraffin. Da man

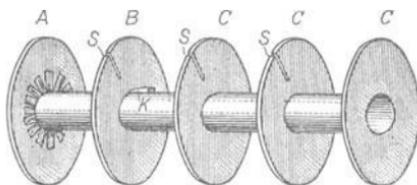


Abb. 167. Unterteilter Spulenkörper.

In die Länge gezogen, um bei *A* die Herstellung aus Pappe, bei *B* die Befestigung eines Holzringes mit dem Keil *K* zu zeigen. Bei *C* ist Herstellung auf der Drehbank angenommen. *S* = Schlitze zur Durchführung der primären Wicklung.

sich beim Sägen die Spule leicht zerstören kann, nimmt man lieber eine glühende Lockennadel, mit welcher man ohne Anwendung von Druck langsam vorgeht. Für die geschlossenen Eisenkerne aus weichstem Eisen stehen uns mehrere Wege offen. Entweder, wir verwenden Eisenblech oder Eisendraht. (Für Spulenkörper der Abb. 167 geeignet.) Abb. 168 gibt die Anordnung von hufeisenförmigen Kernblechen wieder. Es wird stets eins von links und eins von rechts abwechselnd in die Spule resp. die Spulen geschoben. Bei den Hufeisenblechen ist die Eisenmasse in der Spule größer wie außen, oder sie ist ebenso groß, wenn wir den Raum in der Spule nicht voll ausnutzen. Daher kann man den Kern auch aus L-förmigen Eisen zusammensetzen (Abb. 169). Die Bleche sind so geschnitten, daß die beiden L

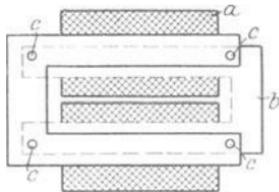


Abb. 168. Transformator mit U-förmigen Kernlamellen und getrennter Primär- und Sekundärwicklung.

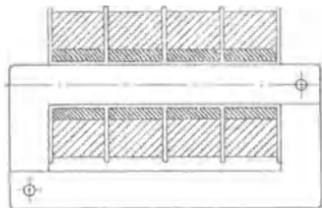


Abb. 169. Transformator mit Kern aus L-förmigen Lamellen und unterteilter kapazitätsarmer Wicklung.

kammförmig ineinandergreifen. Noch besser geschlossen ist der Eisenweg, wenn wir Draht verwenden. Es ist jedoch mühsamer, den langen Eisendraht immer wieder von neuem durch die Spule hindurchzuziehen. Da aber nicht erforderlich ist, daß der Draht, welcher den Kern bildet, in einem Stück bleibt, wird durch die

Verwendung von Enden (1 m) die Arbeit bereits bequemer und die Geschlossenheit des Eisenweges kaum geändert. Man achte darauf, daß der Eisendraht (Blumendraht) im Innern der Spule recht gerade liegt, damit man den Kern auch bis zum Ende voll Draht füllen kann. Die Führung der Eisendrähte kann außerhalb der Spule entsprechend erfolgen, wie bei der Abb. 168 resp. 169, also kreisförmig. Für die Selbstherstellung eignet sich jedoch besser die Kernform nach Abb. 170. Die symmetrisch liegenden Außenteile des Eisenringes gestatten eine leichte Befestigung des fertigen Transformators. Der Eisenkern, welcher hier die Form einer 8 bildet, darf aber nicht in Achtertouren gezogen werden, sondern wird aus 2 Ellipsen zusammengesetzt. Beachtet man dies nicht, so gelingt es nicht, den Spulenhohlraum mit Draht zu füllen. Mögen die Kerne aus Draht oder Blech bestehen, stets schellackiert man die Einzelteile vor dem Zusammensetzen.

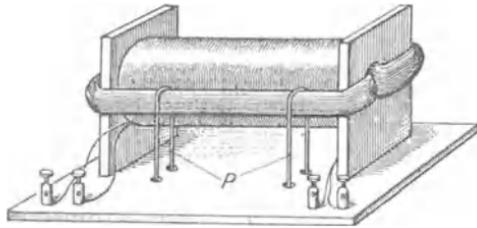


Abb. 170. Fertiger Transformator.
P = Befestigungsdrähte.

Die Transformatoren mit einseitig geschlossenem Kern werden durch kleine, an den Kern angelötete Winkeleisen auf dem Grundbrett der Apparatur befestigt. Die Kerne aller Transformatoren werden mit dem Erddrahte leitend verbunden.

h) Der Summer.

Wer im Besitze einer noch funktionierenden Klingel ist, hat seinen Summer fast fertig. Die Glocke wird abgeschraubt, meist empfiehlt sich, den Klöppel dicht über dem Anker abzubrechen, damit die Eigenschwingungszahl des Ankers größer wird. Durch richtige Einstellung der Kontaktschrauben wird man leicht das summende Geräusch erreichen können. Ein langweiliges, pendelndes Hin- und Herschwingen soll möglichst vermieden werden; der Ton, den der Summer gibt, soll im akustischen Bereiche liegen (einige hundert Schwingungen pro Sekunde). Die elektromagnetischen Schwingungen gehen von dem Unterbrechungsfunken aus, welcher an der Kontaktstelle des Wagnerschen Hammers

entsteht. Daher wird der Ton, der durch die Schwingungen des Hammers in der Luft hervorgerufen wird, dieselbe Schwingungszahl haben wie der im Empfangstelephon gehörte Ton. Da man den Summer in der Nähe der Empfangsapparatur aufstellen muß (bei großen Empfängern kann er auch weiter abstehen), so ist es erwünscht, daß der Ton, den der Summer direkt in der Luft erzeugt, nicht laut und störend ist. Der Luftton wird um so schwächer, je kleiner der schwingende Teil ist — also der Hammer. Daher läßt sich ein besserer Summer aus dem nur einige Zentimeter großen Umschalter bauen, der in den Fassungen von

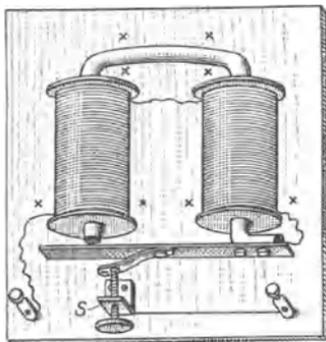


Abb. 171. Summer.

Bei × Befestigung mit Drahtschlingen.

Nernstlampen angebracht ist, um den Heizstrom in den Stift umzuleiten. Natürlich werden wir uns nicht etwa eine Nernstlampenfassung kaufen, um einen Summer zu bauen. Da verfertigen wir uns lieber den Summer selbst. Eine 3—4 mm dicke Eisenstange dürfte genügen¹⁾. Diese biegen wir zu einem Hufeisen, dessen einer Schenkel 3 und dessen anderer Schenkel 4 cm lang ist. Der Abstand zwischen den Schenkeln möge 3 cm betragen. Auf die Schenkel kommen jetzt die Drahtwindungen. Wir werden uns bemühen, 50 Ohm eines 0,2 bis 0,3 mm dicken Drahtes auf die beiden Spulen zu verteilen (siehe Tabelle S. 76). Die Windungsrichtung ist in beiden Spulen entgegengesetzt. Der Einfachheit halber brauchen wir uns nicht extra Spulenträger zu verfertigen. Wir bewickeln die Eisenkerne mit Schellack- oder Paraffinpapier und kleben zwei kleine Scheiben als Seitenbegrenzung auf. Nachdem die Spulen gewickelt, wird der längere Kern umgebogen und auf diesem ein Eisenanker befestigt, der eine kleine Kontaktfeder trägt (vgl. auch Abb. 35, S. 38). Die Kontaktschraube *S* und die Anbringung auf einem Grundbrettchen zeigt Abb. 171. Der Summer hat für den Amateur einen zweifachen Wert. Bei Detektorempfang kann er durch Inbewegungsetzen des Summers leicht konstatieren, ob seine Empfangsanordnung richtig ein-

¹⁾ Auch mehrfacher Eisendraht, Bandeisen od. dgl.

gestellt ist. Hierzu läßt er den Summer in einiger Entfernung von der Apparatur gehen und muß dann ein der Schwingungszahl des Summers entsprechendes Geräusch im Telephone hören. Ausgezeichnete Dienste leistet er auch bei der Messung der Eigenwelle von den Kreisen der eigenen Empfangsapparatur. Die mit dem Summer ausführbare Vergleichung der Schwingungszahl verschiedener Kreise genügt für die Praxis gewöhnlich, da man die absoluten Werte der Wellenlängen durch sorgfältiges Verzeichnen der Stellung der Apparatur beim Empfang irgendeiner Welle mit der Zeit um so voll-

kommener erhält, je mehr Stationen mit verschiedener Welle man bereits empfangen hat. Abb. 172 zeigt einen Summer, der mit einem geschlossenen Schwingungskreise zusammen einen Wellenmesser bildet. Aus Summer, Selbstinduktion, veränderlicher Kapazität und Batterie läßt sich der Wellenmesser zusammensetzen. Wenn wir einen geeichten Wellenmesser uns bor-gen können, so können wir nach diesem den unseren

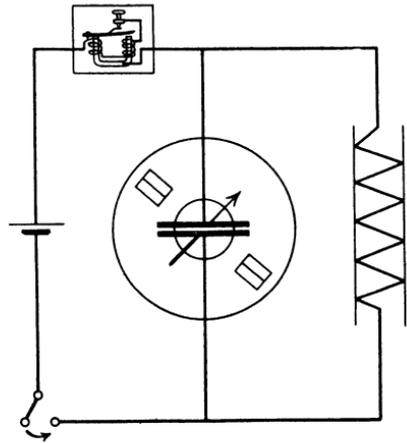


Abb. 172. Summer beim Wellenmesser.

selbstzusammengestellten eichen. Sowie wir eine Station mit bekannter Wellenlänge empfangen haben, können wir dazu übergehen, diese Wellenlänge am Messer zu eichen. Am besten ginge es, wenn wir mit einer Apparatur, gemäß Abb. 62, empfangen haben. Statt des Antennenkreises lassen wir die Spule des Summerkreises auf den Zwischenkreis unter möglichst loser Kopplung einwirken und stellen so lange den Summerkreis, bis wir im Telephone den lautesten Summertone hören. Selbstinduktion und Kapazität des Wellenmessers werden nun in eine Tabelle eingetragen. Hat man erst mehrere Wellenlängen, so sind die anderen in ihrer Lage bereits eingeeengt; denn bei einer kleineren Welle muß das Produkt aus Selbstinduktion und Kapazität kleiner sein als bei einer größeren Welle. (s. Thomsonsche Gleichung S. 68.) Daher liegt die noch unbekannte Welle auch in der Einstellung zwischen

den zwei bekannten. Sind die beiden bekannten Wellen nicht weit voneinander entfernt, so liegt die unbekannte Welle zwischen den bekannten an einem Punkte, dessen Abstände von den bekannten sich wie die Wellenlänge verhält. Kurz — ist die Kondensatorstellung des Wellenmessers bei Welle 400 57° und bei Welle 430 177° , so werden wir die Welle 415 bei 117° suchen¹⁾. Jedem, der seine Apparatur oft umschaltet, ferner jedem, der in seiner Apparatur mehr als einen abgestimmten Kreis hat, ist zu raten, sich mit dem Wellenmesser vertraut zu machen. Er kann dann die Apparatur bereits auf eine Welle einstellen, bevor gesandt wird und auch dann, wenn er in der gerade vorhandenen Schaltung der Abstimmeelemente noch nie empfangen hat. Er

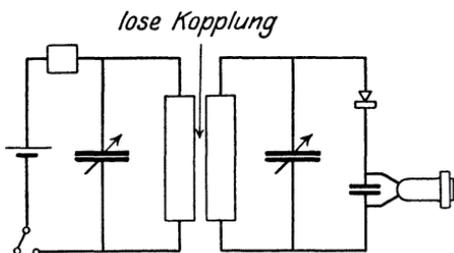


Abb. 173. Einstellung des Zwischenkreises einer Apparatur nach dem Wellenmesser.

nimmt den Summerkreis, induziert mit diesem zunächst den Antennenkreis und nimmt von dem Antennenkreis zum Detektorkreis die Energie ab. Der Summerkreis wird auf die gewünschte Welle gestellt. Der Antennenkreis wird so lange verändert, bis maximaler Summertone im Telephon ist. Jetzt verfährt man mit dem Zwischenkreise genau so (Abb. 173), ebenso mit evtl. Sperrkreisen, bis die ganze Apparatur auf die zu empfangende Welle abgestimmt ist. Hat man sowohl bei der Eichung des Wellenmessers als auch bei der Einstellung der Apparatur mit loser Kopplung gearbeitet, so muß die gesuchte Welle sofort im Telephon vorhanden sein.

i) Allgemeine Gesichtspunkte für die Anordnung der Einzelteile und die Art der Führung der Verbindungsleitungen beim Zusammenetzen von Apparaturen.

1. Die Abstimmeelemente des Antennenkreises — also Kondensator und Selbstinduktionsspule — sollen beide möglichst dicht an der Antennenklemme der Apparatur liegen.

2. Die Gitterkondensatoren sowohl bei der Hochfrequenz als auch bei Widerstandsübertragung bei der Niederfrequenz sollen möglichst dicht am Gitter der Röhre liegen.

¹⁾ Genauere Ergebnisse gibt Gleichung 1, S. 68.

3. Transformatoren werden gleichfalls möglichst dicht zu ihrer Röhre gelagert. Man lagert sie so, daß der Pol der Sekundärwicklung, welcher an das Gitter kommt, fast direkt an den Gitterkontakt der Röhre stößt.

4. Man versuche stets, die Leitungen sich senkrecht schneiden zu lassen, sonst wahre man einen Mindestabstand von 3 cm.

5. Es ist am besten, wenn sämtliche Kontakte in der Apparatur gelötet werden, unbedingt erforderlich ist dies, wenn nicht gute Schraubkontakte vorhanden sind.

6. Als Verbindungsdrähte nehme man, besonders solange man noch keine Übung hat, nur isolierten Draht. Stärke 0,7—1 mm.

7. Bei Röhrenapparaturen bedenke man, daß der Zuführungsdraht für den Heizstrom mit mehreren Ampere belastet werden kann. Für die Heizdrahtzuführungen darf daher nie der Draht obigen Durchmesser unterschreiten.

8. Man führe bei allen Schaltungen stets den negativen Heizbatteriestrom direkt ohne Unterbrechungen zu den Röhren.

9. Der negative Heizdraht soll gleich vom Eintritt in die Apparatur ab den negativen Anodenstrom mitführen. Nie führe man für den negativen Anodenstrom extra Drähte.

10. Für Versuchsaapparaturen ist nicht das Aussehen das Primäre. Bringt man also bei solchen Versuchsbrettern alle Möglichkeiten von Stromunterbrechungen an, so lege man die Steck- oder sonstigen Kontakte nicht nach Schönheit der Raumverteilung auf dem Vorderbrett, sondern nach den Drahtführungen auf der Hinterseite an, damit man hinten nicht mit den Drähten dauernd kreuz und quer ziehen muß.

11. Bei Verwendung von Schaltern bevorzuge man die einfachen Konstruktionen, welche nicht eine kapazitive Kopplung auch im ausgeschalteten Zustande darstellen¹⁾.

12. Der positive Pol der Anodenbatterie kommt immer an die Anode der Röhre, in umgekehrter Richtung geht überhaupt kein Strom durch die Röhre hindurch (Edison-effekt).

13. Der Kopfhörer des Detektorapparates soll 6—8 000 Ohm haben.

14. Der Kopfhörer des Röhrenempfängers soll 4000 Ohm haben.

15. Telephone sollen stets so eingeschaltet werden, daß der

¹⁾ Klinkenschalter koppeln oft kapazitiv.

Widerstand möglichst, wie unter 13. und 14. angegeben ist, bleibt, jedoch eher höheren Widerstand als geringeren einschalten.

Um Punkt 15 leicht erfüllen zu können, ist in Abb. 174 eine Stöpselbrettschaltung angegeben, die bis zu 9 Kopfhörern richtig einzuschalten erlaubt.

Was für einen Apparat baut man sich? Wer bis hierher den Ausführungen und Konstruktionsbeschreibungen gefolgt ist, wird bereits die hierfür zu verwertenden Gesichtspunkte zum Teil im Gedächtnis haben. Zunächst ist klar, daß der Geldbeutel die Hauptrolle spielt. Jeder Röhrenapparat kommt in den Zutaten

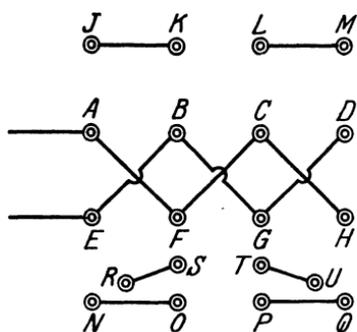


Abb. 174. Schaltung eines Telefonverteilers.

Z. B.: 9 Hörer à 4000 Ohm würden liegen: *EN-OP-QH* und *AJ-KL-MD* und *FR-ST-UG*.

stets viel teurer als der Detektorempfänger — kann man doch für den Preis einer Röhre sich bereits mehrere primitivere Detektorempfänger bauen. Dazu kommt nun noch bei der Röhrenapparatur die Anodenbatterie und die Heizbatterie, welche nicht nur Anschaffungskosten, sondern auch Unterhaltungskosten verursachen. Es kann also vom Ausgabenstandpunkte nicht bestritten werden, daß man mit dem Detektorapparat am billigsten fährt. Wer also in Bezug auf die Möglichkeit, eine gute Antenne zu errichten, gut

bestellt ist, und wer andererseits nicht zu abseits von allen Sendestationen wohnt, der wird ruhig den Detektorapparat wählen. Der Detektor ist rein und klar in der Lautwiedergabe, läßt sich jedoch nie für einen Lautsprecher benutzen. Hier müßte man 1—2 Niederfrequenzröhren hinter den Detektor schalten. Wer aber erst die Zutaten für eine Röhrenapparatur hat, der erreicht viel größere Lautstärken, wenn er die Röhre als Detektor verwendet. Nebenher wird man gern einen Detektor besitzen, denn in den meisten Fällen bietet sich doch Gelegenheit, ihn zu benutzen, wenn man z. B. nur allein eine nahe Station abhören will, oder wenn durch schlechte Ladedisposition die Batterie plötzlich versagt, oder wenn sich durch gutes Radiowetter — besonders im Winter — ein Detektor als völlig ausreichend für den erforderlichen Zweck im Augenblicke erweist. In der Abb. 175 wird eine Schaltung gegeben,

welche zeigt, wie ein gewöhnlicher Zwischenkreisaudionempfänger mit einigen Handgriffen in einen Detektorempfänger umgewandelt werden kann. Wer diese Möglichkeit ganz bequem haben will, wird bei *I* eine Klemme vor dem Gitterkondensator anbringen. Der Übergang zum Detektorempfang geht also dann wie folgt vor sich: Eine Steckerschnur verbindet die Klemme *I* mit der Klemme *II*. Zwischen *K* und *A* wird der Detektor eingestöpselt. Hierfür konstruieren wir uns am besten einen Detektor, der als Grundbrett den Sockel einer alten durchgebrannten Röhre hat. Die Phantasie des Bastlers wird hiernach wohl schon die richtige Detektorkonstruktion finden.

Während bei einer Röhre diese immer als Audion geschaltet sein muß, haben wir von 2 Röhren an die Wahl. So können wir eine Röhre als Audion und die zweite als Niederfrequenzverstärker schalten, oder wir schalten die erste als Hochfrequenzverstärker und die zweite als Audion. Es ist nun zu diesen Schaltungen zu bemerken, daß für kurze

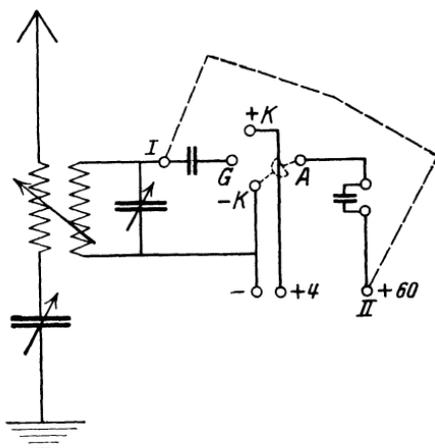


Abb. 175. Umwandlung des Audionempfängers in einen Detektorapparat.

Wellen die Lautstärke durch die Niederfrequenz mehr gehoben wird. Bei langen Wellen ist die Verstärkungsdifferenz nicht vorhanden. Durch die Hochfrequenzverstärkung wird aber die Reichweite mehr vergrößert als durch die Niederfrequenzverstärkung. Dies ist auch ganz verständlich, denn die Niederfrequenz kann nur das verstärken, was die Hochfrequenz nach der Gleichrichtung im niederfrequenten Rhythmus liefert. Überschreitet also die ankommende Energie nicht die Reizschwelle der Gleichrichterröhre, so nützt auch die höchste Niederfrequenzverstärkung nichts. Mit der Hochfrequenz pendeln wir jedoch die ankommende Energie vor der Gleichrichtung in die Höhe. Nach diesen Ausführungen ist es ziemlich entschieden, welche Schaltungskombinationen wir für 3- und 4-Röhrenappa-

rate wählen werden. Beim 3-Röhrenapparat ist eine Hochfrequenz-, eine Audion- und eine Niederfrequenzröhre das Gegebene, bei

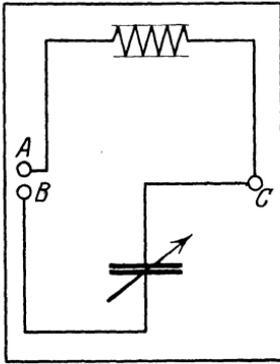


Abb. 176. Abstimm - Einheitsbrett.

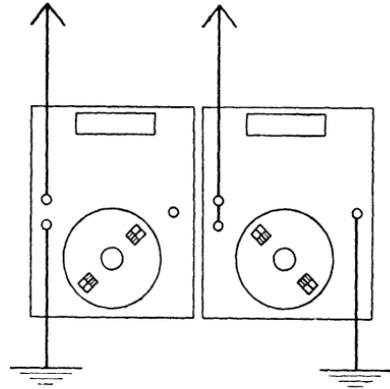


Abb. 177. Das Einheitsbrett in „Kurz“- und „Lang“-Schaltung.

4 Röhren fügen wir noch eine Niederfrequenz hinzu. Für höhere Röhrenzahlen kann man sich nach den allgemeinen, hiermit gegebenen Gesichtspunkten die günstigsten Zusammenstellungen wählen.

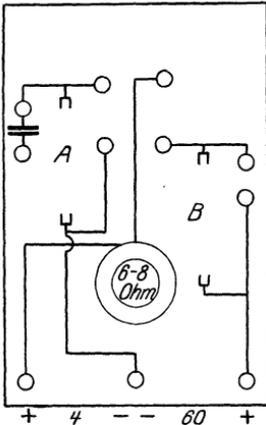


Abb. 178. Schaltung eines Einheitsröhrenbrettes.

An verschiedenen Stellen habe ich bereits auf die Vorteile hingewiesen, die dadurch entstehen, daß man die Apparat so baut, daß jederzeit eine möglichst große Vielheit verschiedener Empfänger zusammengestellt werden kann. Man würde hierzu jeden Abstimmkreis und jede Röhre für sich auf den Deckel einer zigarrenkistenähnlichen Kiste montieren. So zeigt z. B. Abb. 176 einen Abstimmkreis, welcher so angeordnet ist, daß er gemäß Abb. 177 sofort in Kurz- oder Langschaltung verwandt werden kann. 2 solcher Kreise wären für einen Zwischenkreisempfänger erforderlich.

Will man nicht nur 2 Kreise miteinander koppeln können, so ist es besser, die Selbstinduktionsspule an einer Seitenkante anzubringen. Abb. 178 gibt ein Einheitsröhrenbrett ein-

facherer Konstruktion. Will man für Rückkopplung und genaue Gitteraufladung gleich überall Kontakte vorsehen, so bringt man im Anodenkreise noch eine zweite Unterbrechung an und schaltet das untere Ende der Silitstabfassung *A* nicht an die negative Heizklemme, sondern an eine extra Klemme. In Abb. 179 ist ein Zwischenkreisempfänger für lange Wellen aus solchen mit

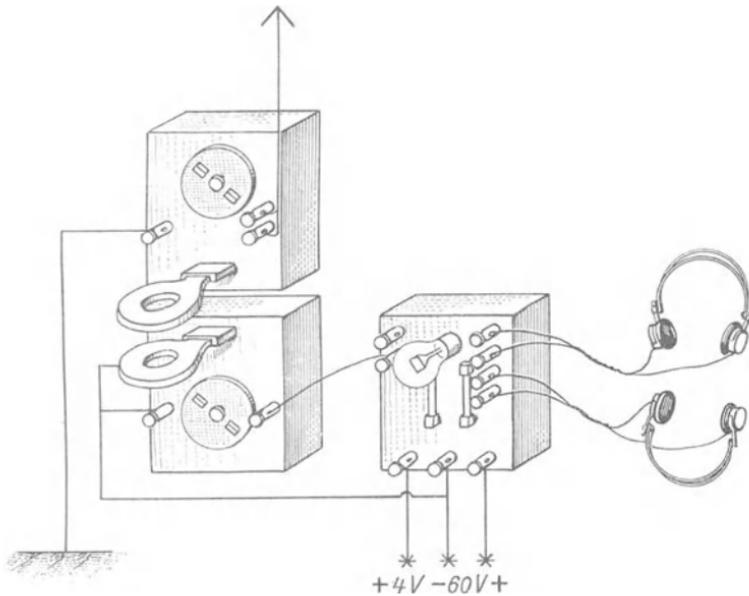


Abb. 179. Zwischenkreisempfänger für lange Wellen aus Einheitsbrettern zusammengestellt.

Anodenunterbrechung gebauten Einzelbrettern skizziert. Die Telephone liegen in der Abbildung in Serie. Statt des oberen Telephons kann man eine Spule einschalten, welche man auf den Zwischenkreis zurückkoppelt.

k) Mißerfolge.

1. Bei der Abstimmung.

Die Abstimmung bei einem Antennenkreisempfänger läßt sehr zu wünschen übrig, selbst Veränderungen der Kapazität um 500 cm bringt oft den Empfang nicht zum Erlöschen. Abhilfe: Einschaltung einer geringeren Selbstinduktion und Hinaufgehen

mit der Kapazität. Besonders gehe man jedoch zum Zwischenkreisempfang über!

Bei einem Zwischenkreisempfänger ist ein auf benachbarter Welle arbeitender Sender nicht zu vermeiden. Man kople den Zwischenkreis loser mit der Antenne und stimme sehr genau ab (Feinabstimmkondensator). Sicher hilft, ein Einheitsabstimm Brett mit der Antenne zu koppeln. Dieses wird auf den Störer abgestimmt und entzieht dann der Antenne die störende Energie.

Man erhält überhaupt keinen Empfang mit dem Kristalldetektor. — Hierfür halte man sich einen gut eingestellten Vergleichsdetektor, damit man feststellen kann, ob der Fehler in der Apparatur oder in der Detektoreinstellung zu suchen ist.

2. Bei der Hochfrequenzverstärkung.

Die Lautstärke läßt zu wünschen übrig. Man mache die Ankopplung der Röhre an den Antennenkreis variabel. Dies hat oft einen überraschenden Erfolg. Man arbeite bei kurzen Wellen mit Sperrkreis, nicht mit Silit.

Es ist ein starkes Brummen oder Knacken im Telephon, welches unabhängig von der Stellung des Kondensators ist, unabhängig von dem Angeschaltetsein der Erde oder der Antenne. Grund: In den vor der Röhre liegenden Abstimmeelementen ist irgendwo kein Kontakt.

Rauschen, Pfeifen, Brummen oder regelmäßiges Knacken, welches bei dem Heruntergehen auf niedere Wellen stärker wird. Es ist zu stark zurückgekoppelt — man ist am Senden und kann in jedem Moment angepeilt werden! Abhilfe: Schwächer rückkoppeln, weniger Hochfrequenzröhren verwenden, Drähte und Innenseite der Apparatur verbleien, alle Bleiumhüllungen verbinden und erden.

Kleine Wellen werden gut empfangen, mittlere schon schlechter. Grund: Kann darin liegen, daß man den Telephonkondensator fortgelassen hat, da man auf den kleinen Wellen guten Empfang hatte. Abhilfe: Kondensator einbauen. Ferner Schwungschaltung anwenden!

3. Niederfrequenzverstärkung.

Besonders bei zwei und mehr Röhren. Pfeifen und Verzerrung der Sprache und Musik lassen sich nicht vermeiden. Ursache: Zu starke Heizung der Röhren. Zu starke innere Rückkopplung. Man vertausche zunächst die Sekundären eines Zwischentransformators. Man vergesse nicht,

die Transformatorenkerne zu erden. Man wickle 4—6 Kurzschlußwindungen auf die Eisenkerne — natürlich um den bequem zugänglichen äußeren Teil des Kernes. — Verwendet wird blanker Kupferdraht, dessen Enden mit dem Kern verlötet werden. — Trotzdem erden! Auch hier kommt Bleien und Erden der Bleiumhüllungen in Frage, auch Errichten von Scheidewänden aus nicht magnetisierbarem Metall — am besten Kupfer — zwischen den Transformatoren hat mitunter großen Einfluß. Im übrigen liegt der Fehler oft darin, daß man sich nicht von vornherein die beste Drahtführung überlegt hat.

Bei größeren Röhrenzahlen nimmt das Nebengeräusch in der Apparatur normalerweise zu. Hier hilft nur die sog. Neutrodynschaltung, d. h. man arbeitet in der Hochfrequenz mit Transformatorenübertragung und abgestimmten Gitterkreisen und schaltet zwischen die Gitter der Röhren ganz kleine variable Kapazitäten (zwei isolierte Drahtenden mit kleiner Metallhülse).

Mißerfolge bei Reflexschaltungen liegen oft an den ungeeigneten Transformatoren. Dieselben müssen auf die Hochfrequenz wie Drosselspulen wirken, also möglichst kapazitätsfrei sein. — Daher Zusammensetzung der Spulen aus einzelnen Spulenscheiben, besonders bei Verwendung für Reflexschaltungen erforderlich.

2. Die Selbstherstellung von Zusatzapparaten.

a) Schalter.

Schalter werden an verschiedensten Stellen einer Apparatur benötigt. Sehr zweckmäßig ist, den Heiz- und Anodenstrom, bevor er zu der Apparatur geht, unterbrechen zu können, damit man nicht immer an den Heizwiderständen von neuem die günstigste Stellung herausuchen muß. Einige wichtige Zutaten für Schalter sind schon S. 69 erwähnt und auch S. 136 und 137 gezeigt. Die Abb. 180 zeigt,

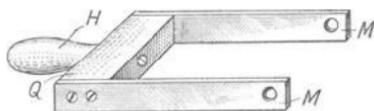


Abb. 180. Hebel eines doppelpoligen Umschalters. (Vgl. Abb. 70.)

wie man nach Art des beschriebenen Blitzschalters sich einen doppelpoligen Umschalter verfertigt. Für alle diese Schalterkonstruktionen wird 1 cm breites und 1 mm dickes Messingblech verwandt. Dieses ist in Streifen erhältlich. Abgetrennt wird

mit der Feile oder Laubsäge oder auch mit einer kräftigen Bleischere. Wählt man die Streifen dünner, so leidet darunter die Festigkeit und Dauerhaftigkeit, jedoch kann man der leichteren

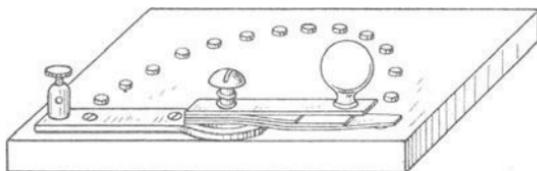


Abb. 181. Stufenschalter.
Ansicht.

er Bearbeitung halber sicher für Amateurzwecke auch bis zu 0,5 mm Dicke heruntergehen. Das Querstück *Q* in obiger Abbildung muß aus Isoliermaterial

bestehen — also aus paraffiniertem Holz. Wir wählen es mit einem Querschnitt von 1×2 cm. Es gibt dem Schalter dann eine gute Festigkeit und läßt sich auch durch zwei Schrauben an den Kontakthebeln befestigen. Hierdurch läuft man nicht Gefahr, das Holzstück zu drehen, anstatt den Schalter zu öffnen. Als Griff können wir ganz nach dem Aussehen einen Holz- oder Metallteil in der Mitte des besprochenen Querholzes anschrauben. Doch sei hier an die Griffkonstruktion der Abb. 161 und 162 erinnert. Die Lager zeigten bereits Abb. 142 und 143, die Kontakte die Abb. 158—160. — In Abb. 142 und 143 bezeichneten wir die Lagerkonstruktion für den Hebel des Schleifwiderstandes bereits als geeignet für Kurbelschalter. Kurbelschalter sind für Stufenspulen, für Stufenwiderstände und für andere Dinge zu gebrauchen.

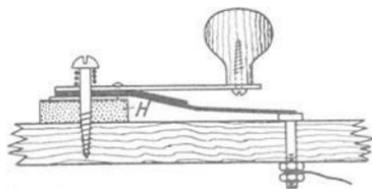


Abb. 182. Stufenschalter.
Querschnitt.

Abb. 181 und 182 gibt eine bessere Kurbelschalterkonstruktion. Als Schleifknöpfe sind hier die in Abb. 138 gezeigten Bolzenschrauben verwandt. Damit der Hebel nicht an 2 Bolzen gleichzeitig Kontakt machen kann und andererseits auch nicht durch seine Federung zwischen den

Bolzen hängen bleibt, setzt man einen Leerkontakt dazwischen. Beim Griff des Kurbelschalters der Abb. 182 ist darauf zu achten, daß er nicht an der den Kontakt besorgenden Lamelle des Hebels sitzt. Die Schleiflamellen stelle man sich entsprechend Abb. 137 und Abb. 139, nur in größerer Ausführung, her.

b) Netzanschlußgeräte.

Hierunter versteht man Apparaturen, welche die Entnahme der Anodenspannung und des Heizstromes oder des ersteren allein aus den städtischen Netzen gestatten. Je nachdem, ob das Netz Gleich- oder Wechselstrom führt, sind die Schwierigkeiten verschieden groß. Stets aber müssen durch besondere Vorrichtungen die Netzgeräusche abgedrosselt werden. Dies gelingt mit einer gegebenen Apparatur aber immer nur bis zu einer bestimmten Belastung. Da die Belastung durch die Anodenspannung eine viel geringere wie durch den Heizstrom ist, sind die Anschlußgeräte, die nur für die Anodenspannung dienen sollen, etwas einfacher in der Konstruktion. Bis zur Zeit kann noch kein Zweifel darüber herrschen, daß der Anodenakkumulator den besten und konstantesten Strom liefert. Das Problem der Anodenbatterie sollte nicht nur für den Radio-Amateur, sondern auch für den Besitzer eines gekauften Röhrenapparates mehr in den Vordergrund rücken. Eine schlechte Anodenbatterie oder schlechte sonstige Stromquelle kann durch den besten Apparat nicht ausgeglichen werden. Die Anodenbatterie muß den höchsten Anforderungen in Bezug auf Lagerfähigkeit und geringen inneren Widerstand genügen. Sowohl die hochfrequenten als auch die niederfrequenten Schwingungen müssen sie passieren. Ist also ihr Widerstand zu groß (auch schlechte Kontakte), so wird der Verlust an Energie bis zum Versagen des Empfanges steigen können. Ist ihre Lagerfähigkeit gering, so ist der Strom nicht konstant, und die Kosten für neue Batterien wachsen über die Gebühr — und daran krankt jede nach dem Léchlanscheschen System gebaute Batterie (hierher gehören auch die Taschenbatterien), daß sie nach Verbrauch nicht mehr zu regenerieren gehen. Von dem Selbstbau solcher Batterien ist sehr abzuraten. Verf. erreichte bei den kleinen Abmessungen keine der Mühe-waltung entsprechenden Erfolge. Große Klingelelemente kann man sich zwar mit Erfolg selber herstellen, doch sind dieselben ihrer Größe und Kosten halber ungeeignet.

Mr. Fitch veröffentlichte im März 1923 in der Zeitschrift *Science and Invention* Angaben über Gleichrichterzusammenstellungen, welche auf den von dem deutschen Physiker Grätz gefundenen Drosselzellen beruhen. Sie seien hier in kurzer Form angegeben, da sie relativ gute Erfolge geben.

Aluminium und Eisenblech stehen in einer Natriumphosphatlösung¹⁾. Wird an die beiden Bleche eine Wechselspannung gelegt, so bildet sich, wenn der Strom von dem Aluminium in die

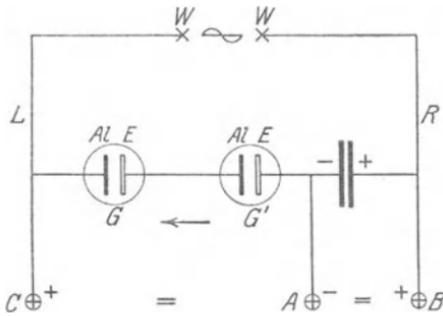


Abb. 183. Einfache Gleichrichter - Netzanschluß - Schaltung.

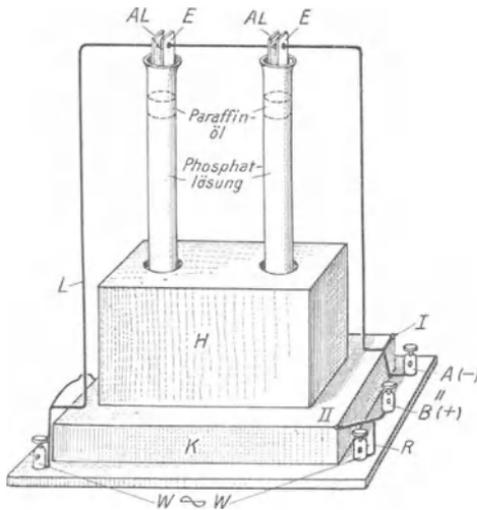


Abb. 184. Ausführung des Gleichrichters der Schaltung Abb. 183.

Lösung will, eine dünne, große Kapazität besitzende Oxydschicht, welche als guter Isolator den Strom nicht passieren läßt. In der umgekehrten Richtung kann der Strom aber ungehindert hindurch. Diese Gleichrichterwirkung läßt sich nun in verschiedenster Anordnung benutzen. So zeigt Abb. 183 eine einfache Form. Die mit G und G_1 bezeichneten Zellen bestehen aus in Holzklötzen stehenden Reagensgläsern, in welchen sich die Phosphatlösung befindet. Gegen die Verdunstung der Lösung kann man die Oberfläche mit Öl oder Paraffinöl übersichten (Abb. 184). Die

Metallstreifen sind 6 mm breit und 15 cm lang. Der Kondensator K soll 8 MF besitzen. (4 übliche Telephonkondensatoren müßten also parallel geschaltet werden.) Das Wechselstromnetz wird an die

Klemmen W unter Serienvorschaltung einer Glühbirne angeschlossen. Die Lampe glüht zunächst hell auf, um dann langsam zu erlöschen, entsprechend der Bildung der Oxydschicht.

¹⁾ Mit Natriumphosphat schlechthin ist stets das Di-Natriumphosphat Na_2HPO_4 gemeint.

Die Wirkungsweise des Gleichrichters der Abb. 183/184 ist ungefähr folgende: Angenommen, das Netz hat die Wechselspannung von 110 Volt, dies ist die Durchschnittsspannung, welcher ein Maximalwert von 155 Volt im Moment der Amplituden entspricht. Ein Stromwechsel, der durch den Draht *R* kommen möge, ladet den Kondensator auf 155 Volt. Der entgegengesetzte Stromwechsel, der durch den Draht *L* kommt, kann aber gegen die Pfeilrichtung in der Abbildung

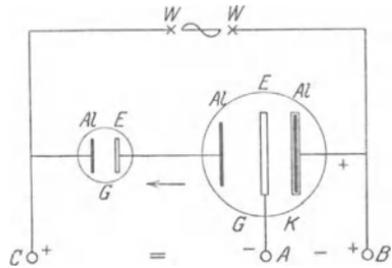


Abb. 185. Gleichrichter mit Kondensatorzelle.

die Zellen nicht passieren. Die Elektrizität kann nur durch einen äußeren Stromkreis zwischen *C* und *A* nach der linken Kondensatorseite. Der Kondensator war aber von dem vorigen Stromwechsel schon auf 155 Volt aufgeladen. Da auch diese Ladung durch den äußeren Kreis Ausgleich findet, herrscht zwischen *C* und *A* also die doppelte Spannungsdifferenz, d. h. 310 Volt, während zwischen *A* und *B* eine derartige Addition nicht stattfindet. Die Verluste gegenüber der theoretischen Spannung betragen nach Fitch nur 13–15%, und zwischen *A* und *B* soll die Spannung bei geringer Belastung praktisch konstant sein.

Da die Oxydschicht der Aluminiumplatten sehr dünn ist, darf man sie nur im Bereich von 50–70 Volt belasten. Daher sind für 310 Volt die beiden Gleichrichter *G* und *G*¹ in Serie zueinander geschaltet. Andererseits kann man die dünne isolierende Oxydschicht auch als Kondensatordielektrikum benutzen. Das Aluminium bildet die eine und die Lösung die andere Belegung des Kondensators. Abb. 185 zeigt einen Gleichrichter, welcher mit einer Kondensatorzelle arbeitet.

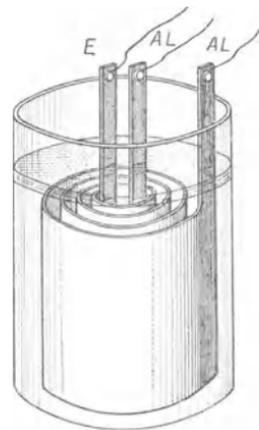


Abb. 186. Ansicht einer Gleichrichter-Kondensatorzelle.

Da 1 cm² des Aluminiums 13 000 cm Kapazität besitzt, hat eine Platte von 15 × 61 cm bereits über 26 MF. Die Platte kann spiralig aufgerollt werden, wie Abb. 186 zeigt, so daß

sie wenig Raum beansprucht und in ein Einmacheglas oder Elementenglas paßt. Die Abb. 187 gibt eine Gleichrichteran-

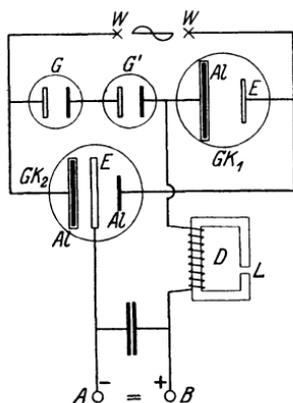


Abb. 187. Gleichrichter mit Verdreifachung der Spannung.

ordnung, wo die resultierende Spannung verdreifacht wird, denn die Kondensatoren GK_1 und GK_2 , die je auf die 155-Volt-Spannung geladen werden, entladen sich in Serie (hintereinander) durch das Außenetz in die auch in Serie liegende folgende Halbperiode des Wechselstromes. Also 3 mal Addition von 155 Volt. Zum Ausgleich der Stromschwankungen ist hier der Zellenkondensator GK_2 und die Drosselspule D mit dem Luftspalt L vorgesehen. Die Gleichrichtung soll dann auch für Kraftverstärker und Telephoniesendestationen genügen. Abb. 188 gibt eine Schaltung mit Spannungsverdoppelung, für welche

Papierkondensatoren und nicht Zellen Verwendung finden sollen. Schließlich gibt Abb. 189 eine noch weiter verbesserte Anordnung. Hier wird der Wechselstrom zunächst durch den Transformator T auf 220 Volt transformiert. Es sind daher 4 Eisen-Aluminiumzellen in Serie geschaltet. Die Schaltung der Zellen und Kondensatoren bedingt nun eine abermalige Stromverdopplung (vgl. Abb. 188).

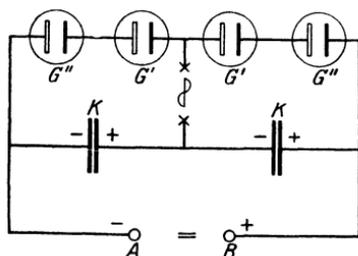


Abb. 188. Gleichrichter mit Spannungsverdoppelung.

Verwandt werden Papierkondensatoren größerer Kapazität. Zwischen A und B liegen sie in Serie, um die Spannung (600 Volt) auf den Belegen zu erniedrigen und ein Durchschlagenwerden zu vermeiden.

Die Maße des Transformator-eisens, welches lamelliert ist, sind: Querschnitt 32×32 mm, äußere Dimensionen des Kernes 130×115 mm. Die Primärwicklung besteht aus 450 Windungen der Drahtstärke Nr. 24. Derselbe ist in einer Lage auf den Kern aufgewickelt. 900 Windungen der Drahtstärke 26 sind gleichfalls einlagig als Sekundärwicklung aufgewickelt. An der Sekundär-

spule sind bei 450, 600 und 900 Windungen die Abnahmen angebracht. Mittels eines Schalter oder eines kleinen Stöpselbrettes kann dann eine verschiedene Anzahl der sekundären Windungen eingeschaltet werden. Wenn man einen Schalter verwendet, so muß man darauf achten, daß kein Kurzschluß der Windungen stattfinden kann. Bei Verwendung eines Kurbelschalters wird man also zwischen die Kontakte je einen Leerknopf anbringen (Abb. 189).

Die Drosselspule soll eine Induktanz von $1\frac{1}{2}$ Henry haben. Ihr Eisenkern ist nicht geschlossen, sondern enthält einen Luftspalt (vgl. Abb. 187). Es wurde ein Kern von $1,6 \text{ cm}^2$ Querschnitt mit einem Luftspalt von $1,6 \text{ mm}$ benutzt. Es ergab sich bei 3322 Windungen obige Induktanz. Zur Selbstberechnung der Induktanz derartiger Drosselspulen dient die Formel

$$I = \frac{8,1 \cdot n^2}{10^8 \cdot R},$$

wenn:

I = Induktanz in Henry, n = Windungszahl der Spule.

$R = L : a$, wenn L die Länge der Luftstrecke in cm und a der Querschnitt des Luftzwischenraumes in cm ist.

Bevor wir nun zu den wesentlich einfacheren Anschlußgeräten für Gleichstromnetze übergehen, sei kurz vorausgeschickt, worauf es denn bei allen diesen Anschlußgeräten ankommt. — Auch der Gleichstrom, der von den Gleichstrommaschinen der Elektrizitätswerke geliefert wird, schwankt oft plötzlich in seiner Stärke. Solche plötzlichen Schwankungen sind als Knacken im Telephon zu erkennen. Strenggenommen wird durch jede Belastungsänderung in dem gesamten Stromnetz, welches von der Maschine gespeist wird, an welche wir unsere Apparatur legen, eine Stromschwankung hervorgerufen. Das Ein- oder Ausschalten von einzelnen Birnen wird natürlich von geringerem Einflusse sein wie das Ein- und Ausschalten von großen Motoren. Je nach dem Grade der Verstärkung, welche man anwendet,

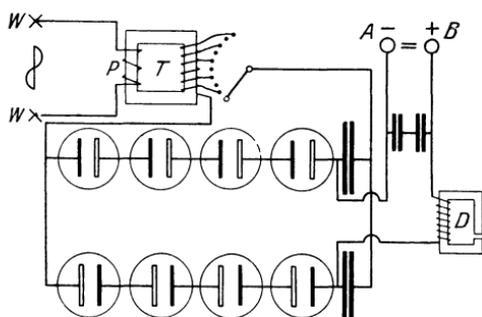


Abb. 189. Gleichrichter für 120 Volt Wechselstrom für Entnahme bis 600 Volt.

wird also die Zahl der Geräusche, welche im Telephon die Reizschwelle des Ohres erreichen, eine mehr oder minder große sein. Je größer also die Verstärkung der Apparatur, um so vollkommener muß man versuchen, die Netzgeräusche zu unterdrücken. Hierfür gibt es nun zwei Wege, entweder man unterdrückt die Strom-

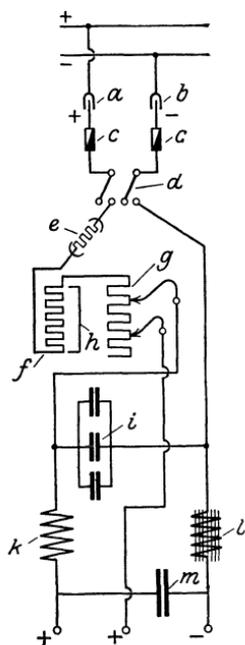


Abb. 190. Netzanschlußgerät der Postverwaltung für Gleichstrom.

(Nach E. Nesper.)

schwankungen in dem Drahte, der zur Apparatur geht, oder man schafft den Stromschwankungen vor der Apparatur einen kürzeren Weg, durch welchen sie auf bequemem Wege als durch die Apparatur abgeléitet werden. Am besten wendet man beide Mittel an. Schon verschiedentlich haben wir den Kondensator als eine Möglichkeit kennengelernt, Stromschwankungen hindurchzulassen, Gleichstrom jedoch zurückzuhalten. Man schaltet also einen Kondensator dem Netz parallel¹⁾. Da nicht nur hochfrequente, sondern auch langsame Schwingungen und Stromstärkenänderungen ausgeglichen werden müssen, muß der Kondensator eine möglichst hohe Kapazität haben — also mindestens einige MF. Zu groß schadet nie! Da er andererseits direkt an die beiden Pole des Netzes gelegt wird, so muß er für die Netzspannung absolut durchschlagssicher sein. Kondensatoren, welche für eine entsprechende Belastung nicht gebaut sind, geben Kurzschluß und gefährden das Netz. Es müssen mehrere

Kondensatoren in Serie geschaltet werden, bei 3 Kondensatoren würde die Potentialdifferenz an den Kondensatoren nur ein Drittel der an den Netzklemmen betragen. Erst nachdem man durch die Kondensatoren den Netzgeräuschen einen Kurzschlußweg gezeigt hat, wird man die noch übriggebliebenen Schwankungen abdrosseln. Zwischen diese Drosselspulen und die Empfängerapparatur muß man nun aber abermals einen Kondensator schalten, denn die hoch- und niederfrequenten Schwingungen in der Apparatur würden durch die Drosselspulen auch zurück-

¹⁾ Für Wechselstrom wäre das ein Kurzschluß.

gewiesen werden. Da fernerhin die Spannung des Netzes höher ist als die benötigte, so wird man durch einen Vorschaltwiderstand dieselbe reduzieren. Hiernach ist die Schaltung der Abb. 190 verständlich. Die Drosselspulen bemißt man möglichst groß (z. B. 1 Henry) und verfertigt sie nach den Angaben auf S. 161. Statt der Kondensatoren i und m kann man auch Zellenkondensatoren verwenden (Abb. 186). Bei 220 Volt Netzspannung genügen 2 in Serie, um ein Durchschlagenwerden zu verhindern. 15 qdm Aluminiumblech pro Zelle würden trotz der Serienschaltung 20 MF Kapazität ergeben. Stets kommt das Aluminium an den positiven Pol! Der in der Abb. 190 vorgesehene Kurzschlußbügel h kommt zur Verwendung, wenn die Netzspannung geringer als 110 Volt ist. c sind die Sicherungen; e ein Eisen-Wasserstoffwiderstand.

c) Akkumulatoren.

Der Akkumulator ist ohne Zweifel die beste Stromquelle für Empfangsapparate. Er ist allen Netzanschlüssen und allen Anodenbatterien überlegen. Leider stellt er nicht nur eine größere Ausgabe dar, sondern er erfordert eine dauernde Wartung und Aufladung, welche evtl. mit einigen Umständen verbunden ist. Es sind aber in diesem Werkchen einige Ladevorrichtungen beschrieben, welche auch bei Wechselstrom die Ladung im Hause gestatten und das leidige Herumziehen mit den oft zerbrechlichen Gefäßen vermeiden lassen. Es ist absolut nicht so schwer, sich sowohl den Heizakkumulator als auch einen Hochspannungsakkumulator selber zu bauen. Man muß dabei jedoch mit Blei und seinen Verbindungen sowie mit Schwefelsäure arbeiten. Beide sind giftig, und letztere ist ein starkes Ätzmittel. Daher muß man vernünftig und vorsichtig mit beiden umgehen, daß man weder sich noch seinen Sachen schadet (vgl. S. 189).

Der Bleiakkumulator, an welchen bei obigen Worten gedacht ist, stellt nicht die einzige Type von Akkumulatoren dar. Für Anodenbatterien wäre der Jungner - Edison - Akkumulator in vieler Hinsicht sogar besser geeignet. Er hat zwar nicht einen so hohen Nutzeffekt wie der Bleiakkumulator, dafür aber, und das ist gerade für eine Anodenbatterie von großem Vorteile, hält er die Elektrizität unbegrenzt lange. Es ist also bei ihm nicht nötig, alle Monate neu aufzuladen, selbst wenn eine Stromentnahme nicht stattgefunden hat. Außerdem ist er absolut unzerbrechlich

und nicht so schwer, ferner gestattet er die Entnahme beliebig großer Stromstärken, ohne Schaden zu nehmen und ohne daß seine Entladekapazität dadurch herabgesetzt würde. Verf. hat noch keinen Versuch gemacht, sich diese Zellen herzustellen, doch glaubt er, daß es möglich sein dürfte. Damit ein Anderer es einmal versuche, seien noch folgende Angaben gemacht. Die positive Elektrode besteht aus Nickelsuperoxyd, die negative aus Eisen. Beide sind fein gepulvert und in plattenförmige Blechgefäße gepreßt, welche vielfach fein durchlöchert sind. Als Elektrolyt dient nicht Schwefelsäure, sondern 20–25 proz. Kalilauge, welcher 1% Lithiumkarbonat zugesetzt ist. Als Gefäße werden Blechgefäße verwandt, da sie von der Lauge nicht angegriffen werden. Beim Entladen wird das Nickelsuperoxyd zum Teil reduziert, das Eisen oxydiert, bei der Ladung umgekehrt. Der chemische Vorgang in der Zelle ist also ein Sauerstofftransport, der die Flüssigkeit als solche unverändert läßt.

Beim Bleiakkumulator ist der Vorgang etwas anders. Das Bleisulfat der positiven Platte, welches sich aus dem Blei und der Schwefelsäure gebildet hat, wird beim Laden zu Bleisuperoxyd verwandelt, während sich an der negativen Platte schwammiges Blei bildet. Beim Entladen wird die Schwefelsäure wieder gebunden, und es entsteht wieder das Sulfat. Beim Bleiakkumulator wechselt also die Konzentration der Säure.

Für die Selbsterstellung eines Anodenakkumulators sei zunächst der Weg gewiesen, wobei aber vorausgeschickt sei, daß mit der Herstellung desselben aus alten großen Zellen natürlich ein gewisses Risiko bezüglich des guten Erfolges verbunden ist¹⁾.

Wer imstande ist, sich große, unbrauchbare Akkumulatoren zu verschaffen, ist nur bezüglich der Ausgaben sehr im Vorteil. Nachdem die Säure aus den Zellen in eine Flasche entleert worden ist, wird der Verschlußdeckel oder die Vergußmasse entfernt und die Platten herausgenommen. An einem Orte, wo die abtropfende Säure keinen Schaden anstiften kann, werden die Platten

¹⁾ Die Ausnutzung der Energie wird bei den kleinen Typen steigend schlechter. Dennoch spielt der Nutzeffekt bei der so geringen Größe des Energieverbrauchs kaum eine Rolle. In der Zeitschrift „Der Radio-Amateur“, Heft 31, 1924, beschrieb ich den Selbstbau einer Batterie, deren Platten nur 20 cm² Oberfläche besitzen. Diese Größe läßt sich nur rechtfertigen, wenn es sich darum handelt, auf gedrängtestem Raum (bei ständiger Lademöglichkeit) eine Stromquelle unterzubringen.

zum Trocknen aufgestellt. Die Platten werden sich als ganz verschieden brauchbar erweisen. Eine gute positive Platte ist dunkelbraun, hart und auf der Oberfläche matt, glatt und eben. Es ist keine Oxydmasse aus dem Bleigitter herausgefallen. Eine gute negative Platte ist fahlgrau und von gleicher Oberflächenbeschaffenheit. Sind Stellen von Platten oder ganze Platten weiß (sulfatiert), so sieht man zu, ob die weißen Teile sich durch Kratzen völlig entfernen lassen, nur dann ist der Plattenteil weiter zu verwerten. Viele der Platten werden sich als brauchbar erweisen, da der Fehler oft nur in dem Durchgefressensein der Fortsätze oder Gitterstäbe zu suchen ist. Die Platten werden einzeln von ihren Bleifortsätzen abgekniffen und auf einer ebenen Unterlage mit dem Stechbeutel oder Messer in kleine Platten von etwa 5×5 cm Kantenlänge zerschnitten. Bei den Positiven wird recht vorsichtig das Bleigitter entfernt, ohne die Oxydmasse zu zerstören. Man hat dann also braune Oxydklötze vor sich, deren Form je nach dem Ausgangsmaterial variieren wird. Zu jeder positiven Platte braucht man Klötze mit einer einseitigen Oberfläche von etwa 16 cm^2 , wozu tunlichst möglichst wenig Klötze erforderlich sein sollen, damit die weitere Behandlung keine Schwierigkeiten macht. Die gesamten Bleireste der Platten werden eingeschmolzen (auf Gas oder Feuer in einem Porzellantiegel oder nicht gelöteten Blechgefäß, Zigarettenschachtel usw.). Die Oxyde und Verunreinigungen bleiben in dem Gefäß zurück, wenn das Blei langsam ausgegossen wird — das Gefäß mit der Zange anfassen und beim Gießen bewegen, so daß eine Stange entsteht; oder Plätzchen von etwa Fünfmarkstückgröße gießen. — Als horizontale Gußunterlage eignet sich gut Steinfußboden oder der Küchenherd. Jetzt verfertigt man sich aus Zigarettenkistenblech die Gußform. Die Größe derselben wählt man entsprechend der Plattengröße, wobei man einen Rand von 2–3 mm für das Blei läßt. Bei den positiven Platten bestimmt sich die Größe nach den vorhandenen Oxydklötzen, wobei aber auch zwischen denselben ein Bleistreifen von etwa 2 mm zu nehmen ist. Nähere Einzelheiten gibt die Abb. 191. Den Fortsatz wählt man zweckmäßig etwa 6 mm breit. Das an den Biegekanten auf der Rückseite mit einem spitzen Nagel geritzte Blech (siehe die Abb.) wird mit der Zange an den Ecken gefaltet. Über die an der Schnittlinie *AB* entstehende Aussparung wird ein kleiner Blech-

winkel W geklemmt. Beim Guß muß die Form erhitzt sein — also auf einem Blech über einer Flamme stehen, damit das Blei nicht zu schnell erstarrt und Zeit hat, sich um die ganze Platte resp.

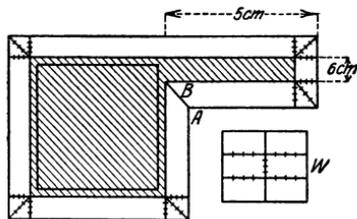


Abb. 191. Riß der Form zur Verwertung alter Akkumulatoren.

— · — · — gekniff. AB geschnitten.
 W = Winkel, der über AB kommt.

alle Klötzchen zu verteilen. Auch muß man die Platte beim Guß etwas beschweren, da Blei schwerer ist als die Oxyde, daher die Platte schwimmen würde und der Guß damit mißlingt. Wer in solchen Arbeiten etwas Geschick hat, kann sich eine Form machen, bei welcher eine negative und eine positive Platte gleichzeitig gegossen werden; da dann die Fortsätze gleich richtig zusammenhängen, erspart man das spätere Zusammenlöten derselben. Sollten die Platten nun nicht so gut gelungen sein, sei es, daß Oxydteile herausgefallen sind od. dgl., so hindert dies nicht das prinzipielle Funktionieren. Besser jedoch ist, die Lücken mit den weiter unten angegebenen Massen auszufüllen.

Wer sich Platten aus neuem Material herstellen kann, wird nicht evtl. die Enttäuschung erleben, daß eine oder die andere Platte zwar sehr gute Spannung annimmt, aber sie auch leicht verliert. Er besorgt sich als erstes Walzblei von etwa $1-1\frac{1}{2}$ mm Dicke. Um keinen Abfall zu haben, wird es nach Abb. 192 geritzt. An den ausgezogenen Linien der Abbildung wird das Blei

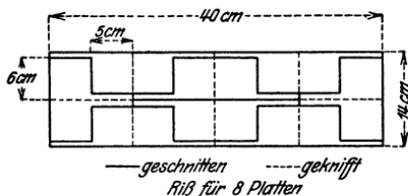


Abb. 192. Abfallfreie Verwertung von Walzblei.

mit der Schere zerschnitten, an den punktierten Linien werden die entstehenden Doppelplatten später umgebogen. Die Maße für kleinste Zellen sind aus der Abbildung ersichtlich. Dieselben stellen keine absoluten dar, man kann die Platten größer machen, aber kaum kleiner. Ganz große Zellen, wie für die Heizbatterien, sind wegen der Herstellungskosten und der schlechten Ausnutzungsmöglichkeit für Hochspannungsbatterien immer unrentabel.

Jetzt kommt der einzige Teil der Herstellung, welcher wenig abwechslungsreich ist. Die Oberfläche der Platten muß ver-

größert werden, und zu diesem Zwecke stampft oder bohrt man durch die Platten Löcher von 4 mm Durchmesser. Je 1 Loch kommt auf 1 cm² der Platte. Die Platte ergibt dann ein Bild, wie es die Abb. 193 zeigt. Die Löcher kann man mit dem Bohrer bohren, man kann sie jedoch auch stanzen, was schneller geht, aber andererseits wieder die Herstellung einer kleinen Stanzmaschine (Abb. 194) erfordert. Nachdem nun jede Platte durchlöchert worden ist, werden die Platten so zusammengebogen, daß zwischen den beiden Flächen nur noch ein Abstand von etwa 1 mm bleibt. So werden sie in die für sie gefertigten Gefäße gestellt und je 2 Platten verschiedener Zellen mit Kupferdraht miteinander verbunden. Wir wollen annehmen, daß wir es mit einem Gefäße von 10 zusammenhängenden Zellen zu tun haben.

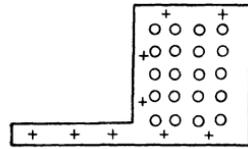


Abb. 193. Akkumulatorenplatte.

Bei + genietet.
O = Stanzlöcher.

An die zu Klemmen geführten Enden der Batterie wird dann eine Spannung von mindestens 25 Volt gelegt, d. h. pro Zelle mindestens 2,5 Volt; so läßt man die Platten 2 Stunden formieren. Dann wird der Strom umgedreht und 5 Stunden hindurchgeschickt. Man kann nochmals 2 Stunden verkehrt und 5 Stunden richtig laden, was jedoch nicht unbedingt erforderlich ist. Die positiven Platten sehen jetzt bereits braun und die negativen grau aus. Jetzt nimmt man die Platten wieder aus der Batterie heraus, läßt sie

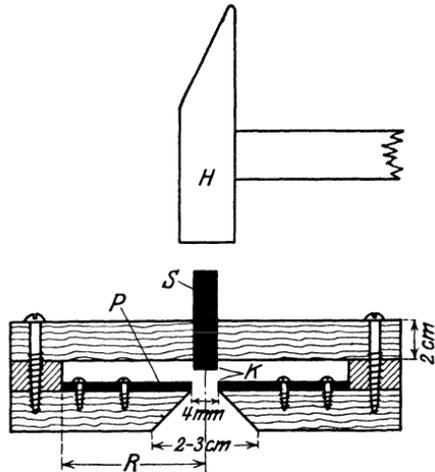


Abb. 194. Stanzmaschine.

S = Stahlbolzen. P = Eisenplatte. K = schneidende Ränder. R muß gleich der Breite der Platten sein. H = Hammer.

abtropfen und schmiert die braunen positiven Platten mit Mennigebrei voll. Der Brei wird mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 10) angesetzt (Achtung beim Verdünnen, vgl. S. 189) und soll dick, aber noch plastisch sein. Man schmiert von der Innenseite

der Platten aus, welches die zum Bohrer resp. zum Stanzeisen zugekehrte Seite ist, alle Löcher voll und bedeckt dann die Platte noch 1 mm hoch mit dem Brei. Dann wird die Platte ohne Zwischenraum wieder zusammengebogen, zwischen zwei Bretter gelegt und mit einigen Kilogramm beschwert. Die negativen Platten werden ebenso behandelt, nur statt des Mennigebreies wird Bleiglätte benutzt. Das Auftragen kann man mit einem flachen Holzspatel machen, jedoch sind die Finger das beste Instrument dafür und arbeiten weit sauberer. Wer empfindliche Hände hat, stelle sich eine Schüssel mit Ammoniak versetzten Wassers an die Seite, in welche er die Hände alle paar Minuten eintauchen kann. Hat man eine noch nicht verschorfte Wunde, so kann der saure Brei an dieser Stelle Brennen verursachen — eine absolut unschädliche Angelegenheit, welcher man entgehen kann, wenn man die Wunde mit Kollodium oder Zelluloidlösung vorher abgedichtet hat. NB. ist die Abdichtung der Wunde wichtiger, wenn man nicht mit der Säure hantiert, da beim Hantieren mit dem sauren Brei eine Infektion unmöglich ist¹⁾. Mit obigem Ammoniakwasser muß man auch evtl. mit Säure bespritzte Kleidungsstücke sofort benetzen, sonst erlebt man nach einigen Tagen unangenehmste Überraschungen.

Die Platten werden nun in alte Leinwandlappen gehüllt und einen Augenblick in verdünnte Schwefelsäure getaucht. Alle positiven Platten kommen dann auf einen Stoß, desgleichen die negativen, und sie werden einen Tag lang stark beschwert (50 kg). Jetzt werden sie aus der Leinwand herausgewickelt und 24 Stunden in Säure gestellt. Nachdem sie aus der Säure genommen sind, werden sie an einem geschützten Orte getrocknet. Dort, wo in Abb. 193 ein + verzeichnet ist, wird ein Loch gebohrt, durch welches man ein kleines Bleistückchen steckt, welches etwas länger ist als die Platte dick. Es läßt sich dann leicht mit dem Hammer an beiden Seiten so umnieten, daß es nicht über die Oberfläche hervorragt.

Nun noch einige Worte über die Gefäße, welche weit einfacher herzustellen gehen als die Platten, die Größe des einzelnen Gefäßes kann sich jeder leicht selber berechnen. Die Platten müssen 1 cm über dem Boden stehen, die Säure soll den oberen Plattenrand 1 cm überdecken, ferner müssen wir für einen guten Verschuß 2 cm Spielraum haben. Der Innenraum der Gefäße muß

¹⁾ Bei größeren Wunden besteht Gefahr einer Bleivergiftung.

also 4 cm höher sein als die Platten. Die Gefäßbreite muß einen Zwischenraum von 5 mm zwischen den beiden Platten gestatten. — Als Material für die Gefäße kommt Zelluloid, Glas und Pappe in Frage. Ersterem, welches zwar auch am teuersten ist, ist der Vorzug zu geben, da es mit großer Haltbarkeit Unzerbrechlichkeit verbindet. Hat man den oben angegebenen Weg der Plattenherstellung aus alten Akkumulatoren beschritten, so kann man das Zelluloid der großen Zellen sehr gut wie neues benutzen. Man muß sich die Wandungen und Zwischenwände recht genau zuschneiden. Gewöhnlich läßt es sich mit der Schere bearbeiten. Sehr sprödes Material wird geritzt und über die Tischkante gebrochen. Zum Kleben des Zelluloids ist am besten Azeton geeignet, welches man in der Apotheke erhalten kann. Man löst in ihm so viel Zelluloidabfälle auf, bis eine dickflüssige, nicht steife Lösung entsteht, die man zum Kleben benutzt. Biegen läßt sich Zelluloid in heißem Wasser. Stellt man die Gefäße aus Pappe her, so wähle man nicht zu dünne Pappe, welche man mit möglichst wenig Syndetikon (Fischleim) klebt. Die Pappgefäße werden in einem Kolophonium-Wachs-Gemisch, dem man so viel Leinöl zugesetzt hat, daß es auch nach dem Erkalten noch eine zähe, fadenziehende Masse ist, gekocht. Mit sauberem Fließpapier werden dann die Außenflächen des Gefäßes sofort belegt. Das Papier haftet von selbst fest an der Pappe. Jedes Gefäß wird nun mit heißem, dünnflüssigem Kolophonium, welchem nichts zugesetzt ist, bis 1 cm unter den Rand gefüllt. Nach einigen Sekunden wird diese Füllung wieder ausgegossen.

Es hat sich jetzt innen ein völlig dicht schließender Überzug gebildet. Für die Herstellung der Gefäße aus Glas lassen sich alte photographische Platten verwenden, von welchen man die Schicht mit heißem Sodawasser entfernt. Man fertigt

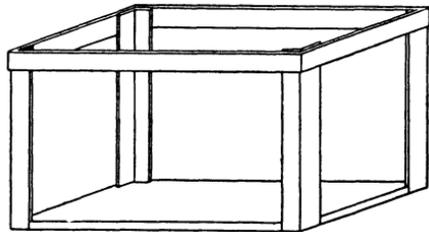


Abb. 195. Rahmen aus paraffinierten Holzleisten für Akkumulatorengefäße.

sich zuerst ein Holzgestellchen, wie es Abb. 195 darstellt, in welches die äußeren, genau zugeschnittenen Platten hineinpassen. Zuerst legt man die Grundplatte hinein, dann bestreicht man die Kanten der Seitenplatten mit dem bereits oben erwähnten

Kolophonium-Öl-Kitt und setzt sie mit gelindem Druck an ihren Ort. Ebenso verfährt man mit den Zwischenscheiben. Jetzt werden die Kanten mit einem leinölräreren (5–10%) Kolophonium-Wachs-Kitt ausgegossen. Für diesen Guß müssen die Scheibchen trocken und sauber sein, damit der Kitt gut haftet.

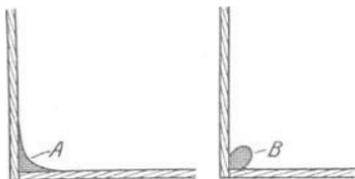


Abb. 196.

Richtiger Guß bei A. Falscher Guß bei B.

Der Guß muß recht heiß gemacht werden, damit sich das Kolophonium der Glaswand gut anlegt und keinen Wulst bildet (Abb. 196). Wenn es an einigen Stellen einen solchen bildet, so schmilzt man es dort mit einem glühenden Nagel od. dgl. nochmals ein. Nach dem Erkalten des Gusses würde das

Gefäß auch ohne den Holzrahmen sehr gut halten. Wer aber der Sicherheit halber den Holzrahmen belassen will, tut gut, die Holzstäbchen desselben vor dem Zusammensetzen in Paraffin (Stearin) zu kochen, damit sie durch Säure nicht angegriffen werden. Auf dem Boden jedes der Einzelgefäße müssen wir 2 Leisten anbringen, auf welchen die Platten stehen sollen. Als Leisten eignen sich sehr gut Stücke von Glasröhren, welche man mit dem Kitt befestigt. Bei Zelluloidgefäßen wird man kleine Zelluloidleisten anbringen.

Wir kämen jetzt zum Verschuß der Zellen. Hierzu füllen wir diese bis 1 cm über den oberen Plattenrand der jetzt miteinander verbundenen Platten mit Wasser, wobei wir den oberen Teil des Gefäßes möglichst wenig benetzen. Wir gießen jetzt eine etwa 2 mm dicke Schicht Paraffin auf die Wasseroberfläche. Nachdem diese erstarrt ist, trocknen wir die Gefäßwände nochmals recht gut mit Fließpapier. Dann folgt ein Guß mit dem leinölhaltigen Kitt, auf welchen nach dem Erstarren ein Guß mit Kolophonium-Asphalt-Kitt folgt. Durch alle Schichten hindurch geht ein Rohr aus Glas oder paraffinierter Pappe, welches wir während des Gusses so gehalten haben, daß es die Wasseroberfläche gerade berührt. Durch diese verschließbare Öffnung wird das Wasser ausgegossen und die Schwefelsäure eingefüllt (1 Teil konz. Säure auf 9 Teile Wasser).

Für das Zusammenlöten der Bleifortsätze bedenke man, daß man bei Blei nie Lötwater od. dgl. benutzen darf. Der Kolben

muß blank und nicht zu heiß sein, dann hat man gleich Erfolg und braucht nicht Kolophonium als Lötmasse zu benutzen, welches den Kolben angreift. Der Abstand der Platten wahrt sich von selbst, da dieselben ja oben immer mit einer Platte der Nachbarzelle fest zusammenhängen. Nur zwischen die beiden Platten der Endzellen wird man etwas Glaswolle oder 2 Glasröhrchen oder auch nicht zu weichen Gummischlauch legen.

Der Gang der ganzen Arbeiten hört sich viel schwieriger an, als er in Wirklichkeit ist. Dies rührt daher, daß der Vollständigkeit halber manches gesagt werden muß, was selbstverständlich ist; denn für jeden Leser wird etwas anderes selbstverständlich sein. Wer ein paar Sonntage opfert und an einigen Wochentagen je 1 Viertelstunde, wird längst, bevor die erste gekaufte Anodenbatterie verbraucht ist, einen guten Akkumulator besitzen.

Nach dem gleichen Schema kann man sich sehr gute Heizbatterien herstellen. Die Platten werden aus $1\frac{1}{2}$ mm dickem Walzblei verfertigt, gleichfalls mit Löchern versehen, jedoch nimmt man für jede Zelle mehrere Quadratdezimeter Oberfläche der positiven Platten, z. B. 3 positive Platten von 15×10 cm und 4 negative gleicher Größe pro Zelle. Ferner wird die innere Oxydschicht 2—3 mm dick bemessen, so daß die Platten bis 6 mm dick werden können. Den Abstand der Platten wahrt man durch kammförmige Leisten, von diesen werden je 2 an den Längsseiten des Gefäßes befestigt. Wer die Gefäße (Rillen-Glasgefäße) kaufen will, orientiere sich über die zu erhaltenden Gefäßgrößen.

Wer Säureakkumulatoren an einem Orte stehen hat, wo die Säure beim Bruch der Gefäße Schaden stiften kann, tut gut, sich Holzkistchen zu machen, welche je nach Größe der Zellen allseitig 5—10 cm größer sind als die Zellen selbst. Diese Kisten werden mit Sägemehl 5—10 cm hoch gefüllt, dann werden die Zellen hineingestellt und die freien Ränder auch mit Sägemehl vollgestampft. Die Akkumulatorengefäße sind also nirgends mit der Wandung der Kiste in Berührung, sondern stehen vollständig in Sägemehl. Hierdurch sind sie gegen Bruch weitgehend gesichert, und für den Fall eines Bruches saugt das Sägemehl die Säure auf. An der Holzkiste befestigt man eine Steckdose oder 2 Klemmen für die Stromabnahme, außerdem 2 Griffe, an welchen man die Kiste leicht handhaben kann. Diese Verpackungsart ist nicht

nur für selbstverfertigte, sondern auch für die gekauften Zellen zu empfehlen, bevor man durch Schaden klug geworden ist — denn auch andere als man selbst können die Gefäße zerbrechen.

d) Akkumulatorenladung.

1. Aus Gleichstromnetzen.

Bei der Ladung eines Akkumulators muß immer der Pluspol der Leitung mit dem Pluspol des Netzes und der Minuspol mit dem Minuspol verbunden werden. Welcher Pol der Leitung der Pluspol ist, läßt sich sehr einfach feststellen. Entweder man nimmt die beiden Leitungsenden unter Vorschaltung einer Birne oder eines sonstigen Widerstandes und hält sie in einer Entfernung von einigen Zentimetern in ein Gefäß mit Wasser. Man bemerkt dann an einem Pole eine lebhaft Gasentwicklung; dies ist der negative Pol. Oder man bedient sich des sog. Polpapiers, welches am negative Pol gerötet wird, wenn man es mit den blanken Drahtenden in angefeuchtetem Zustande berührt. Für denjenigen, den es interessiert, sei erwähnt, daß solches Polpapier nichts weiter ist als Lösch- oder Filtrierpapier, welches mit einer Lösung von Phenolphthalein und Kochsalz getränkt ist. Bei dem Laden aus dem Netze heraus muß auf jeden Fall Vorkehrung getroffen werden, daß weder die Akkumulatoren noch die Leitung irgendeinen Schaden erleiden kann. Daher schaltet man vor die Akkumulatoren eine Sicherung, welche so stark abgemessen ist, daß der Strom bei zu starker Beanspruchung unterbrochen wird. In den letzten Jahren wird auf den Birnen stets auch der Wattverbrauch derselben angegeben, so daß man sich den ungefähren Ampereverbrauch in Netze berechnen kann. Ist:

N die Netzspannung,

W der Wattverbrauch,

X die Amperezahl, so gilt

$$X = \frac{W}{N} \quad (\text{siehe Definition des Watt S. 66}).$$

Z. B. an eine Steckdose — oder sonstige vorhandene Abnahme-
stelle einer Gleichstromleitung — kann angeschlossen werden:

2 × 50 Wattbirnen (Metalldraht) einer Schreibtischlampe,

1 Plätteisen mit 150 Watt Stromverbrauch.

Ist alles eingeschaltet, so würde bei 220 Volt Spannung ein

Strom von 1,1 Ampere fließen. Vor diesen Widerstand, bestehend aus 2 Birnen obiger Stärke und dem Bügeleisen, darf man also nie Zellen schalten, welche 1,1 Ampere Stromdurchgang nicht vertragen würden. Es ist nicht rentabel, eigens für den Zweck der Ladung Birnen als Vorschaltwiderstand brennen zu

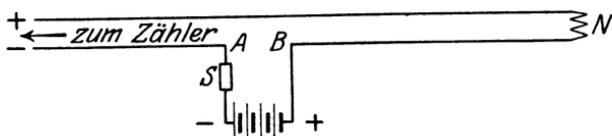


Abb. 197. Ladung der Heizbatterie aus einem Gleichstromnetz.

lassen oder sonst den Strom auf irgendeine Weise herabzusetzen, bei welcher er nutzlos verlorengeht.

Bei der Ladung weniger Zellen heißt also die Regel: Immer die Vorschaltwiderstände zu Beleuchtungszwecken ausnützen!

Will man eine Anodenbatterie aus einem Gleichstromnetz laden, so kann bei Vorschaltung von Birnen eine zu große Belastung der Batterie eintreten, andererseits wird wegen des höheren Widerstandes der Anodenbatterie ein Leuchten der Lampe nicht eintreten oder wenigstens ihr Glühen nicht mehr zu Beleuchtungszwecken verwendbar sein. Daher schaltet man einige tausend Ohm vor. Einen solchen Widerstand macht man sich nach Art der angegebenen Hochohmwiderstände (Abb. 154). Nur zieht man nicht nur einen Bleistiftstrich, sondern schwärzt die gesamte Oberfläche der Pappstreifen kräftig ein. Nachdem man eine Schicht aufgetragen hat, verreibt man diese gründlich mit der Fingerkuppe und wiederholt dann die Schwärzung. Die

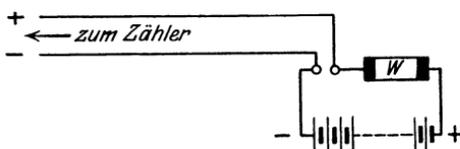


Abb. 198. Ladung der Anodenbatterie aus dem Gleichstromnetz.

Akkumulatorenladung aus Gleichstromnetzen bedingt also eine Schaltung, wie sie durch die Abb. 197 und 198 gekennzeichnet ist.

Ist N in Abb. 197 ein Stromkreis einer Wohnung, so kann man die Punkte A und B gewinnen, indem man zwischen Zähler und Verbrauchsort den Stromkreis an irgendeiner Stelle unterbricht. Solche Unterbrechungen lassen sich an zwei Orten des Strom-

kreises leicht gewinnen. Jeder Stromkreis ist gesichert. Wenn man die Sicherung herausschraubt und statt ihrer eine Lampenfassung mit Steckkontakt einschraubt, so hat man an dieser Steckdose bereits die Pole, die zur Ladung geeignet sind. Die Steckdosen, die mit Edisongewinde versehen sind, reichen oft nicht genügend in die Tiefe, um Kontakt zu geben. Dieser Fehler läßt sich beheben, indem man ein kleines Metallklötzchen auf den kleinen Kontakt der Fassung lötet. Auf keinen Fall darf man direkt von dieser Steckdose an den Akkumulator gehen, stets ist eine Sicherung einzuschalten, welche im Höchsthalle so stark sein darf, wie der Stromkreis vorher gesichert war. Dies wird im allgemeinen 6 Ampere sein. Da der Akkumulator aber gewöhnlich nicht so hoch belastet werden darf, so muß man noch niedriger sichern, um eine Schädigung der Zellen zu vermeiden.

Man kann nun aber auch einen Draht des Stromkreises in einer der Dosen, welche sich oben an der Wand der Zimmer befinden, unterbrechen. Die beiden Drahtenden werden zu einer Steckdose geführt. Wir möchten darauf hinweisen, daß es sich hierbei um Starkstromanlagen handelt. Wer also mit solchen Dingen nicht vertraut ist, der lasse die Finger davon und übergebe die Arbeit einem Installateur. Die Materialien, welche verwendet werden, müssen genau den Vorschriften entsprechen, sowohl in der Drahtdicke als auch in der Isolation. Eine solche Drahtleitung, welche von der Wanddose an der Mauer entlang geführt wird, muß in Isolierrohr verlegt werden (außen verzinktes Blech oder Messing, alle 80 cm mit Schellen und Stahldiebeln befestigt usw.). Auch bei der Stromabnahme auf diese Art muß abermals gesichert werden!

Die Ladung der richtig angepolten Zellen würde nun sofort automatisch beginnen, sowie in dem betreffenden Stromkreise irgendein Stromverbrauch stattfindet. Also eine bequeme und dabei völlig kostenlose Ladestation. Natürlich dürfen wir an die Ladungsdose keinen so großen Widerstand anschließen, daß die Spannung des Stromes so weit sinkt, daß die Birnen nicht mehr genügend leuchten. Bis zu 5 Zellen wird man aber immer gehen können, ohne daß das Auge einen Unterschied in der Helligkeit der Birnen beobachten kann. Da der innere Widerstand großer Zellen geringer ist als der kleiner, so ist der Potential-

verlust in großen Zellen praktisch geringer. Die Heizbatterien, welche gewöhnlich 3 Zellen haben, sind also ohne weiteres anzuschalten. Will man mehrere Batterien gleichzeitig laden, so schaltet man dieselben parallel. Es kann nun der Fall eintreten, daß der Akkumulator wegen seiner Größe mit 2 Ampere gesichert ist, daß es aber oft passieren kann, daß in dem Ladungsstromkreise mehr Lampen eingeschaltet werden. Dies hätte dann die Unterbrechung des Stromes und das Erlöschen der Lampen

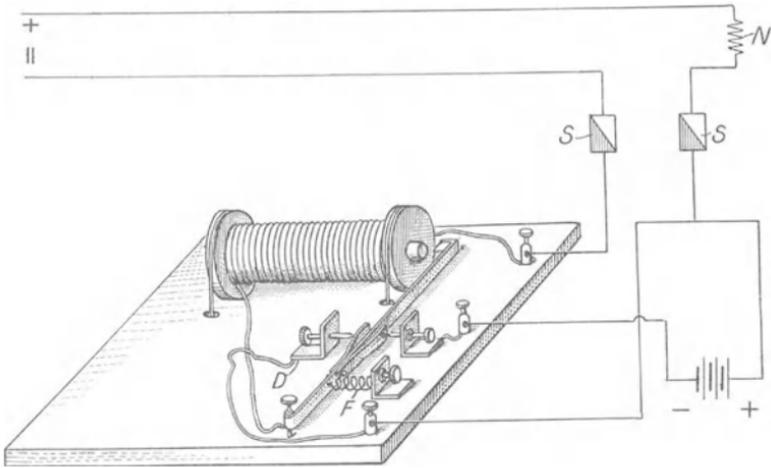


Abb. 199. Automatischer Umschalter für die Akkumulatorenladung.

zur Folge, und man müßte eine neue Sicherung einsetzen, nachdem man einen Teil der Lampen ausgeschaltet hat. Wer diese Umstände umgehen will, dem sei ein Schalter gemäß Abb. 199 empfohlen. Die Spule soll aus nicht zu vielen Windungen eines möglichst dicken Drahtes bestehen. Durch die Regulierfeder wird der Widerstand des Ankers gegen die Anziehung so eingestellt, daß der Anker bei einer bestimmten Stromstärke angezogen wird und hierdurch die Stromführung direkt unter Umgehung des Akkumulators verläuft. Sinkt nun wieder der Strom durch Ausschalten von Birnen, so läßt auch der Magnetismus der Spule nach, die Feder kann den Anker wieder zurückziehen, und damit beginnt die Ladung wieder, bis sie evtl. durch neues Einschalten von Birnen von neuem unterbrochen wird.

2. Aus Wechselstromnetzen.

Glücklich, wer zu denen gehört, welche in ihrer Wohnung noch Gleichstromanschluß haben. Für sie ist es, wie gezeigt, eine Kleinigkeit, ihre Akkumulatoren stets zu laden. Ja, sie haben nicht einmal nötig, einen Extrastromverbrauch für ihre Akkumulatoren bezahlen zu müssen. Sie schalten sich den Akkumulator in der richtigen Richtung vor eine oft gebrannte Birne, evtl. auch in den Stromkreis der ganzen Wohnung, und jeder, der dann Licht brennt, lädt die Akkumulatoren auf. Aber die Zahl der glücklichen Gleichstrombesitzer wird bald auf Null zusammengeschrumpft sein; denn der Wechselstrom bürgert sich auf Grund seiner leichten Transformierbarkeit immer mehr ein, und ein Netz nach dem andern wird in Wechselstromnetz verwandelt. Da das Hinschleppen der Akkumulatoren zu einer Lade-stelle stets umständlich ist, wird es auch der Besitzer von kleinen Zellen vorziehen, sich eine Selbstladevorrichtung zu bauen. Die Gleichrichtung im Kleinbetrieb ist auch heute in der Technik ein noch nicht restlos gelöstes Problem. Sicher ist, daß man immer noch am wirtschaftlichsten arbeitet, wenn man durch den Wechselstrom einen Motor betreiben läßt, der eine Gleichstromdynamo in Bewegung setzt. Wer sich ein solches Umformeraggregat bauen will, wird in der entsprechenden allgemeintechnischen Bastlerliteratur die nötigen Angaben finden. Dasselbst findet er auch den sog. Synchomotor beschrieben, einen Motor, der wie eine Drehstromdynamo gebaut ist. Er kommt von selbst nicht in Gang. Wenn man ihn aber schnell andreht, daß er in Phase fällt, so läuft er dann synchron mit der Dynamo des Elektrizitätswerkes. Durch entsprechende Anbringung von Bürsten an einem zweiten Kollektor kann man dann Gleichstrom abnehmen. Man muß jedoch gegen Umpolung entsprechende Sicherheitsmaßnahmen ergreifen, da ein solcher Motor leicht aus Phase fällt. Die soeben skizzierten rotierenden Gleichrichter haben für uns weniger Interesse. Unökonomisch, aber praktisch brauchbar sind jedoch für unsere Zwecke die Birnengleichrichter (Glimmlicht). Die Birnen, deren Preis ca. 5 Goldmark beträgt, lassen im Höchsthalle eine Belastung von 0,2 Ampere zu. Sie werden mit dem zu ladenden Akkumulator in Serie geschaltet. Außerdem muß in dem Stromkreise noch ein entsprechender Widerstand liegen sowie eine Sicherung, welche die Birne schützt. Abb. 200

zeigt die Schaltung und Anordnung der einzelnen Teile. Als Widerstand empfiehlt sich der Seite 131 beschriebene. Sicherungen sehen konstruktiv wie die Hochohmwiderstände Seite 135 aus. Anstatt des Bleistiftstriches läuft ein Silberblei- oder auch Silberpapierfaden von Kontakt zu Kontakt. Ein $\frac{1}{2}$ —1 mm breiter Streifen dünnen Stanniolpapiers pflegt bei 2—4 Amp. durchzubrennen. Für gekauften Silber- oder Bleidraht bestimme man die Belastungsgrenze mittels eines Amperemeters, welches man in Serie zu einem entsprechenden Widerstand (vgl. Tabelle S. 76) und dem zu prüfenden Faden schaltet. Man probiere immer die dünnsten Drähte zuerst und überschreite nie die Stromstärke, die die Prüfzusammenstellung verträgt.

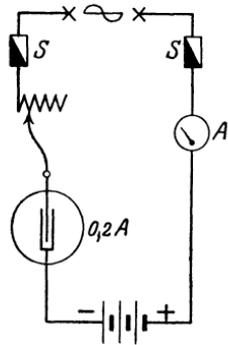


Abb. 200. Die Glimmlampe als Gleichrichter.
S = Sicherungen.
A = Amperemeter.

Hier jedoch ist der Ort, die Selbsterstellung eines Pendelgleichrichters zu beschreiben: Ein Weicheisenblechstreifen von 0,7—0,8 mm Dicke und 15 cm Länge wird, wie die Abb. 201 zeigt, durch Umbörtelung an seinem einen Ende gleichmäßig verjüngt. Wir schlagen die Ränder zunächst noch nicht fest, sondern lassen sie ein wenig abstehen, damit wir ein Stückchen Eisenblech einschieben können. Bei *N* ist eine kleine Messingfeder angelötet oder angenietet. Diese schlägt bei *W* an eine kleine

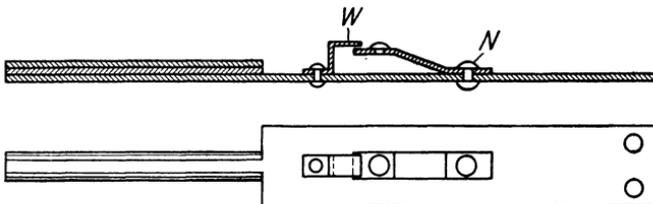


Abb. 201. Pendel eines einfachen Gleichrichters.

Zunge, wodurch Eigenschwingungen der Feder verhindert werden. Auf der Messingfeder befindet sich ein Platinkontakt. Wir werden am besten die Feder mit dem Kontakt kaufen oder sie einer alten Wechselstromklingel entnehmen. Auf der einen Seite wird das Blech zweifach durchbohrt. Mittels zweier kleiner

Winkeleisen wird nunmehr der Pendel so auf dem Grundbrette befestigt, daß er frei schwingen kann. Zu diesen Verschraubungen nehmen wir Mutterschrauben mit Gegenmuttern, damit der Kontakt und Halt ein recht guter ist.

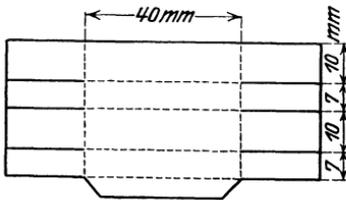


Abb. 202. Riß für einen eckigen Spulenkörper.

Gegenüber dem Platinkontakt wird eine regulierbare Schraube angebracht, welche wir von dem Wagnerschen Hammer derselben Klingel entnehmen können. Für den freien Ankerteil wird eine Spule gefertigt, deren Widerstand ca. 300 Ohm betragen soll. Eine Spule

der Wechselstromklingel wird ungefähr diesen Widerstand haben. Wenn der Eisenkern entfernt ist, muß jedoch ein Hohlraum übrigbleiben, der groß genug ist, daß das umbörtelte dünne Ende des Pendels durchgesteckt werden kann und auch nach jeder Seite einige Millimeter Raum zum Schwingen hat. Sonst ist es vorteilhafter, daß wir den Draht abwickeln und uns eine passende Spule herstellen. Den Rahmen für die Spule können wir aus jedem nicht magnetisierbaren Material herstellen. Aluminiumblech, Zinkblech, Pappe usw. Wenn wir Aluminiumblech benutzen, so müssen wir die Verbindungen durch Nieten herstellen, da Aluminium sich nicht löten läßt. Wir wählen daher wohl am einfachsten Pappe. Der Riß, welchen wir auf der Pappe anbringen, zeigt Abb. 202.

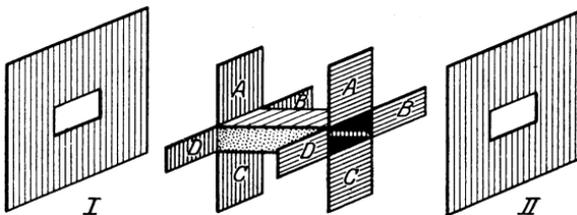


Abb. 203. Einzelteile des Spulenkörpers.

An den punktierten Stellen wird dann so umgebogen, daß ein Körper von der Form der Abb. 203 entsteht. Außerdem schneiden wir uns zwei gleich große Pappscheiben *I* und *II*; sie bilden die Seitenwände der Spulen und werden mit Syndetikon an den umgebogenen Laschen *A—D* befestigt. Die Dimensionierung der Pappe geht aus den Abbildungen hervor. Man wählt die Seitenpappen zu-

nächst reichlich groß, da es keine Schwierigkeit hat, sie nachher zu beschneiden. Es ist nur darauf zu achten, daß die Länge des Spulenkörpers 1 cm kürzer ist als das entsprechende Pendelstück, also in unserem Falle 4 cm. Ferner muß das Pendel frei im Innern der Spule schwingen können, was wir in dem gewählten Beispiele mit einer lichten Weite von 7×9 mm gut erreichen. Für die Bewicklung der Spule können wir in der Wahl der Drahtdicke für unsere Zwecke etwas liberal sein. Es ist jedoch empfehlenswert, den Widerstand des Drahtes wie oben angegeben zu bemessen. Aus den Tabellen für die Drahtwiderstände können wir die nötigen Maße entnehmen. Wenn man starken Draht nimmt, so kann bei der vorgeschriebenen Länge von 4 cm die Spule einen beträchtlichen Umfang erreichen, daher wickelt man sich die Spule, bevor man die Winkeleisen für den Pendel verfertigt; denn deren Höhe ist von der Spulendicke abhängig, da der Pendel genau in der Höhe der Spulennachse sich befinden muß. Außen um die Spulenumwicklungen legen wir ein Stück Zelluloidfilm, welches wir mit Aceton befestigen. Darauf wird die Spule auf einem kleinen Brettchen befestigt, und dieses kommt auf das Grundbrett. Nunmehr ragt der frei bewegliche Pendel 1 cm aus der Spule hervor. Dieses hervorragende Ende muß zwischen die Pole eines permanenten Magneten zu liegen kommen. Hierzu können wir 2—3 der käuflichen Magnete benutzen, welche Kindern zum Spielen gegeben werden. Die Magnete werden mit ihren gleichnamigen Polen¹⁾ aufeinander gelegt und durch Schellack und Draht verbunden. Besser jedoch ist, daß wir uns aus einem Geschäft, welches mit gebrauchten elektrotechnischen Artikeln handelt, einen alten Magneten aus einer Automobilmagnetmaschine besorgen. Der Magnet wird auf einem kleinen Brettchen so hoch gelagert, daß der Pendel genau zwischen seine Pole zu liegen kommt. Durch Heranrücken und Entfernen kann man dann die Stärke des magnetischen Feldes regulieren. Erst wenn die Apparatur ausprobiert ist, wird der Magnet auf dem Brett befestigt. Für die Befestigung empfiehlt sich, eine Flügelschraube zu nehmen, damit man auch später noch nachregulieren kann. Hat der Magnet sehr weit auseinanderstehende Pole, so kann sein Feld auch bei völliger Annäherung noch zu schwach sein,

¹⁾ Die Pole zweier Magnete sind gleichnamig, welche nach dem Aufeinandersetzen der Trennung den geringsten Widerstand entgegenstellen.

um ein gutes Arbeiten zu garantieren. Hier hilft das Aufsetzen von kleinen Polschuhen, welche man sich aus einem alten Stück Weicheisen oder einer Gardinenstange feilen kann. Man kann die Schuhe auch durch Übereinanderlegen von kleinen Band-eisenstücken bilden. Gemäß der Schaltungsfigur Abb. 204 werden

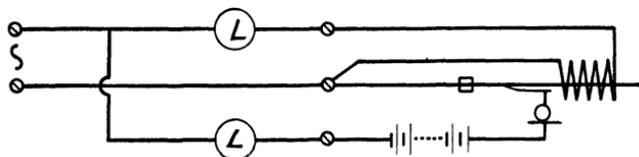


Abb. 204. Schaltung des Pendelgleichrichters.
L = vorgeschaltete Lampen. (Abb. nach Th. Eckert.)

nunmehr Drähte gezogen, welche zu 3 Klemmen führen, so daß der Gleichrichter das Aussehen der Abb. 205 erhält. Der Widerstand wird von demjenigen, der den Gleichrichter nicht später auf einer Schalttafel befestigen will, gleich auf dem dann größer zu wählenden Grundbrette angebracht. Arbeitet der Gleichrichter nicht gut, was wir an dem absolut gleichmäßig brummenen Tone desselben und an einem Gleichstrommeßinstrumente erkennen, das wir in den Gleichstromkreis schalten, so wird dies wahrscheinlich daran liegen, daß die Eigenschwingungszahl des Pendels sich zu weit von der Periodenzahl des Wechselstromes entfernt. Obige Maße würden ungefähr die Eigenschwingung 50 ergeben, d. h. für einen 50 periodischen Wechselstrom günstig

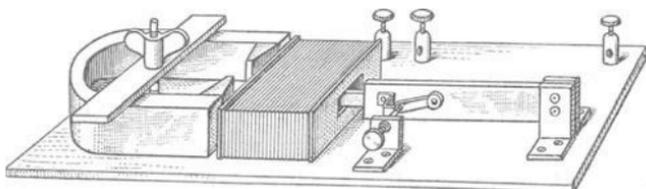


Abb. 205. Pendelgleichrichter.

sein. Durch Hineinschieben eines kleinen Blechstückes an verschiedenen Stellen der Pendelrille können wir die Schwingungszahl regulieren. Wenn wir die beste Stelle heraushaben, so wird das Metallstückchen dort nach Abnahme der Spule festgekniffen. War die Schwingungszahl des Pendels zu klein, so können wir durch Abfeilen an der Umbörtlung dieselbe erhöhen.

Der Pendelgleichrichter arbeitet mit Kohlenfadenbirnen als Vorschaltwiderständen recht gut. Man braucht jedoch zur Steuerung des Pendels einen Strom, der für die Aufladung nicht nutzbar gemacht werden kann. Dieser Leerlaufverbrauch kann aber durch die richtige Spulengröße herabgedrückt werden. Auch ein Gleichrichter mit Spulen unter 100 Ohm wird funktions-

tüchtig sein können. Um mit ihm das erforderliche Wechselfeld zu erzeugen, wird man aber größere Stromstärken benötigen und hierdurch den Stromverbrauch unnötig in die Höhe treiben. In dem Falle, daß eine solche Niedrigohmspule benutzt werden soll, kann man den Strom auch aus einem Transformator entnehmen. Hier entscheidet aber der Versuch, denn nicht alle Transformatoren sind geeignet, weil die Form des Wechselstromes nicht zu sehr verzerrt werden darf. Über die beste Wirtschaftlichkeit der Gleichrichterapparatur kann man sich leicht orientieren, wenn man ein Wechselstromampere-

meter in die Zuführungsleitung und ein Gleichstrominstrument vor die Batterie schaltet. Je mehr des im Gleichstromkreis erforderlichen Widerstandes man durch weiteres Hinzufügen von Akkumulatorzellen ersetzt, um so größer wird die Ausnutzung des Stromes sein, welcher dann nicht mehr in dem Widerstande nutzlos in Wärme umgesetzt wird. Andererseits wird man im Gleichrichterkreis der Spule den Widerstand so groß wie möglich nehmen, damit die Amperezahl, die hier dem Netze entnommen wird, eine möglichst geringe ist.

Wer nur die Heizbatterie vom Gleichrichter zu laden hat, also immer nur eine niedrige Ladespannung benötigt, arbeitet bei weitem am wirtschaftlichsten, wenn er die Spannung heruntertransformiert. Der bei den Netzanschlußgeräten beschriebene

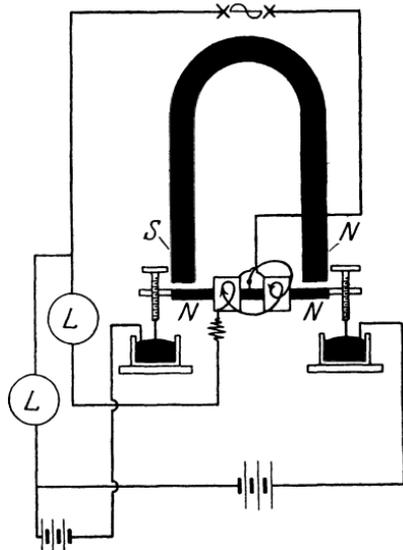


Abb. 206. Pendelgleichrichter.

$S - N =$ Pole des Magneten. $N - N =$ Pole des Pendels während der einen Phase. $L =$ Vorschaltwiderstände bei Ladung direkt aus dem Netz.

Transformator (S. 160) ist für diese Zwecke auch verwendbar, nur muß das Verhältnis der Windungszahlen entsprechend abgeändert werden. Ferner wird die Wirtschaftlichkeit gesteigert, wenn man auf der anderen Pendelseite einen gleichen Kontakt für die zweite Phase des Wechselstromes anbringt.

Eine andere Konstruktion des Pendelgleichrichters, welche größeren Ansprüchen genügen wird, ist durch die Abb. 206 veranschaulicht. Der Pendel liegt hier quer vor den Polen des permanenten Magneten. Sein Abstand von den Polen ist durch die Verschieblichkeit des Magneten regulierbar.

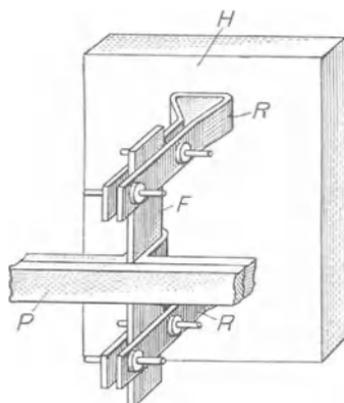


Abb. 207.

Lagerung des Pendels an der Feder *F*, welche durch die Halter *R* auf dem Grundbrett *H* Halt findet.

Auf die Magnetpole ist ein dünnes Stückchen Papier geklebt, damit der Anker nicht in direkten Kontakt mit dem Magneten kommen kann. Der aus 2 Band-eisenlamellen gefertigte Anker lagert auch hier nicht beweglich, sondern kann um eine regulierbare Achse (Abb. 207) schwingen, welche aus einem Stahldrahte¹⁾ besteht. Die Spulen für das Wechselfeld sitzen verschiebbar auf dem Anker. Man setzt sie zunächst möglichst an den Schwingungsmittelpunkt, um den Anker nicht zu weit am Ende zu beschweren, wodurch die Eigenschwingungsdauer desselben steigen würde. Aus dem gleichen Grunde wählt man den Spulendraht recht dünn, damit das Eigengewicht des Pendels nicht unnötig steigt, was man sonst durch eine entsprechend starke Lagerfeder kompensieren müßte. Auch bei dieser Konstruktion kann man wie bei der zuerst beschriebenen die Spulen fest auf dem Grundbrett montieren und den Anker frei im Spulenhohlraum schwingen lassen. Die endgültige Einregulierung nimmt man durch Versuche vor. Der Anker ist etwas länger, als für die Magnetpole erforderlich wäre. Er trägt an den überstehenden Enden je eine kleine Schraube, deren Spitzen aus Platindraht bestehen. Zwei Arten gibt es, auf welche man den Platindraht an der Schraube befestigen kann.

¹⁾ Auch Uhrfederstück oder Korsettstange.

Entweder, man lötet ihn an der Seite an, oder man bohrt ein Loch von ca. 3 mm Tiefe auf die vorher mit der Feile geebene Spitzenfläche der Schraube. Nachdem man dieses, 1 mm Durchmesser habende Loch mit Lötpaste vollgeschmiert, wird in die Paste der Platindraht gesteckt. Dann faßt man die Schraube mit der Zange und hält sie in die Flamme, bis der Platindraht fest eingelötet ist. Hierzu ist gewöhnlich etwas mehr Zeit erforderlich, als bis die Lötmasse von außen sichtbar zusammengesintert ist — denn die Hitze kann in das Innere der Schraube nicht so schnell vordringen. Der Platindraht, für welchen eine Stärke von 0,5 mm vollkommen ausreichend ist, soll 5–6 mm vorragen, so daß man für den Gleichrichter einen Platindraht von im ganzen 2 cm Länge benötigt. Die Platindrähte tauchen in die beiden kleinen Quecksilbernapfchen (Abb. 208), welche an dem Rückbrett befestigt sind. Die Schaltungsweise unterscheidet sich nicht von der des zuerst beschriebenen Pendelgleichrichters.

Jedoch achte man darauf, daß die magnetischen Pole des Pendels an den Enden gleichnamig werden — entgegengesetzter Windungssinn in beiden Spulen —, damit durch Anziehung auf der einen Seite und Abstoßung auf der anderen Seite eine kräftige Drehwirkung auf das Pendel einwirkt. — Ein Pendelgleichrichter ist dann am besten einreguliert, wenn keine oder doch minimale Funkenbildung an den Unterbrecherkontakten auftritt. Bei der Konstruktion mit Quecksilbernapfen hilft gegen die Funkenbildung auch eine Überschichtung des Metalls mit Öl.

Mit den unter dem Absatz Netzanschlüsse beschriebenen Grätzschen Gleichrichterzellen läßt sich auch ein Gleichrichter

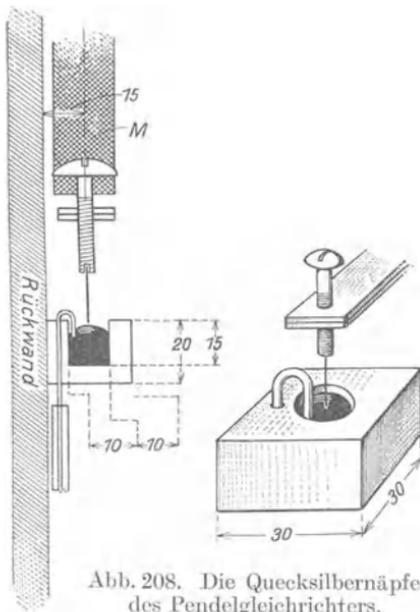


Abb. 208. Die Quecksilbernapfe des Pendelgleichrichters.

für die größere Belastung bei der Akkumulatorenladung bauen. Reagensgläser geben zu kleine Aluminiumflächen, man wird nur große Einmachgläser oder Elementengläser benutzen. Wie man auch große Aluminiumplatten in diesen Gläsern unterbringt, ist S. 159 gezeigt. Auf 100 cm² Oberfläche der Aluminiumplatte lasse man nie mehr als 1—1½ Ampere hindurch, da Überlastung die Zelle unbrauchbar machen kann. Um keinen Abfall beim Schneiden des Aluminiums zu erhalten, benutze man den Riß, wie Abb. 192, S. 166, für das Schneiden von Bleiplatten zeigt. Damit keine Nebenströme entstehen, müssen die Aluminiumplatten

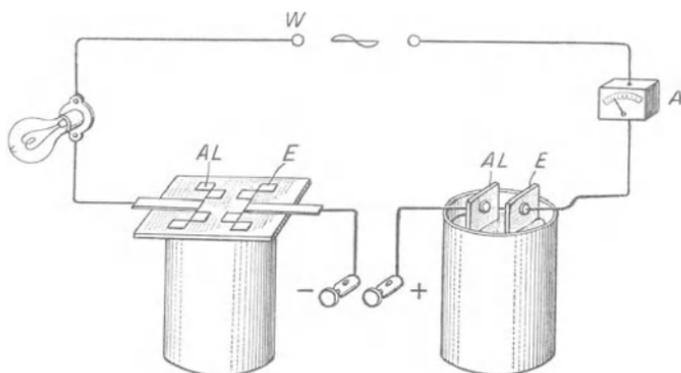


Abb. 209. Akkumulatorenladung mit Zellegleichrichtern.

AL = Aluminium. *E* = Eisen. *A* = Amperemeter.

aus reinem Metall bestehen. Aus dem gleichen Grunde müssen sie auch immer sauber gehalten werden. Der Sicherheit halber schaltet man immer 2 Zellen in Serie zueinander und in Serie mit einer Vorschaltbirne. Das Ladeschema der Abb. 209 ist dann nach dem über Netzanschlüsse Gesagten ohne weiteres zu verstehen. Beim Betrieb kann die Flüssigkeit zu heiß werden, was aber unbedingt vermieden werden muß. Durch die Flüssigkeitsverluste wird die bedeckte Al-Oberfläche kleiner, und bald ist die noch benetzte Plattenfläche überlastet. Außerdem arbeitet die gleichrichtende Schicht in der Hitze schlecht. Die Übersichtungung mit Öl, die man auch hier anwenden wird, verhindert die Verdunstung in der Wärme nicht. Die Zellen sind aber bei reichlicher Dimensionierung absolut brauchbar. Durch ein kleines Luftthermometer kann man auch einen Schalter be-

dienen lassen, der bei zu starker Erwärmung die Ladung bis zur Abkühlung unterbricht. Ein Schema einer solchen Vorrichtung gibt Abb. 210, das Aussehen zeigt Abb. 211. Luftthermometer als auch Platten lassen sich an dem Deckel (Holz, Pappe) des Gefäßes befestigen, wie für die Platten in Abb. 209 links zu sehen ist.

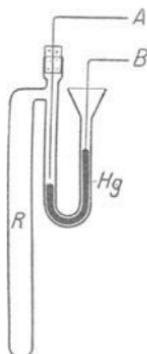


Abb. 210. Schema des Luftthermometer-Schalters.

Das Quecksilber *Hg* ist durch die Erwärmung der Luft in *R* in den Schenkel *B* des *U*-Rohres gedrückt worden, so daß der Draht *A* keinen Kontakt mehr mit dem Quecksilber hat.

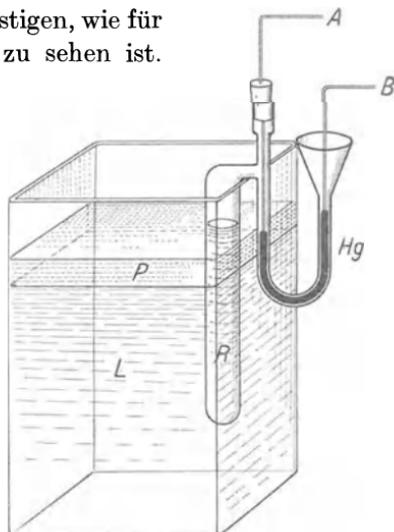


Abb. 211. Luftthermometerschalter an einer Gleichrichterzelle.

L = Lösung des Phosphats.

P = Paraffinöl.

Die sonstigen Bezeichnungen wie in Abb. 210.

e) Meßinstrumente.

Abgesehen von dem Wellenmesser (Abb. 172) wird jeder Radioamateur, welcher mit einer Röhrenapparatur arbeitet, Volt- und Amperemeter benötigen, sei es, um die Wartung und Kontrolle seiner Batterien durchführen zu können oder um genauere Versuche auf dem Gebiete der Hochfrequenz anzustellen. Empfindlichkeit und Anwendungsmöglichkeit eines Meßinstrumentes hängt wesentlich von seiner Konstruktion ab. Hier seien Konstruktionen von Weicheiseninstrumenten gegeben, welche sowohl für Gleichstrom als auch für Wechselstrom zu benutzen gehen und je nach der Wicklungs- und Schaltungsart als Volt- oder Amperemeter Verwendung finden können.

Eine sehr einfache Konstruktion eines solchen gibt die Abb. 212. Die kernlose Spule *S* kann einer Klingel entnommen werden; doch da auf einer Klingelspule gewöhnlich sich nur 15 m eines

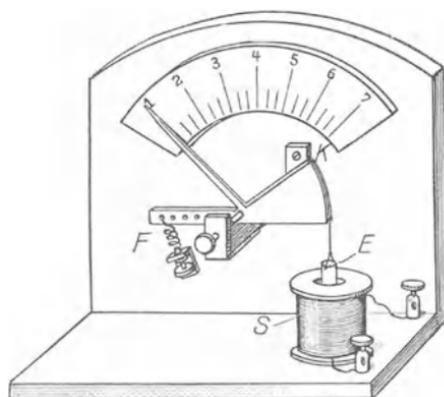


Abb. 212. Meßinstrument¹⁾.

Je nach Wicklung der Spule *S* als Volt- oder Amperemeter zu benutzen.

0,5–0,3 mm dicken Drahtes befinden, ist diese Wicklung für ein Amperemeter von zu großem und für ein Voltmeter von zu geringem Widerstande. Die Klingelspule ist nur ein Notbehelf. In die Spule hinein hängt ein kleiner beweglicher Eisenkern *E*, welcher an einem Hebelchen von 2–3 cm befestigt ist. Dieser Hebel (Abb. 213)

besteht aus einem Kreis-sektor *A* mit einem mehrfach durchlöcherten Fortsatz *B* und dem Zeiger *Z*. Die Peripherie des Sektors *A* (1–2 mm dick) ist mit einer scharfen Dreikantfeile gerillt worden (bei *R* in der Abbildung). Am obersten Teile des Sektors bei *K* wird

ein kurzer, dünner Seidenfaden befestigt. Dieser Faden läuft dann die Rille *R* entlang und endet am oberen Ende des freien Eisenkernes *E* (Abb. 212). Welche Lage nun der Zeiger auch einnehmen mag, immer wird der Kern im Hohlraum der Spule stecken. Die Löcher im Fortsatz *B* dienen zum Einhängen der möglichst schwachen Feder *F*. Im Mittelpunkte des Kreis-sektors *A* ist die kleine Achse *X* angelötet. Sie wird aus einem 2 mm dicken

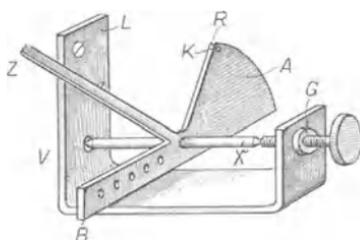


Abb. 213. Drehhebel des Instruments Abb. 212.

A = Sektor mit der Rille *R* und dem Loch *K* zur Befestigung des Fadens. *Z* = Zeiger, *B* = Fortsatz zum Einhängen der Spannfeder. *X* = Achse. *V* = Lagerbügel. *G* = Gegenmutter.

Messingdrahte von ca. 2–3 cm Länge hergestellt, indem die Enden des Drahtes kegelförmig zugespitzt werden. Der Hebel

¹⁾ Die Teilstriche der Skala liegen bei Weicheiseninstrumenten nicht in gleichem Abstände.

selbst wird aus Messingblech geschnitten. Das Lager wird durch zweimaliges rechtwinkliges Umbiegen eines Messingstreifens von 1—2 mm Dicke gewonnen. Der eine umgebogene Schenkel (L in Abb. 213) wird lang gewählt, damit er gleich zur Befestigung auf der Rückwand dienen kann. Er erhält mit dem Krauskopf oder Bohrer eine kleine Vertiefung V , in welcher sich die Hebelachse drehen kann. Die andere Seite der Lagerung wird durch eine auf der Stirnfläche eingebaute Schraube gebildet. Man vergesse nicht die Gegenmutter G , damit sich der Hebel nicht mit der Zeit durch Drehen der Schraube frei macht.

Auch für die Konstruktion nach Abb. 214 werden wir die Lagerung entsprechend wählen. Hier ist das Aussehen des Zeigers mit dem kleinen an ihm und der Achse befestigten Eisenblechscheibchen F durch die Abb. 215 nochmals gezeigt. Die Blechscheibe liegt in der hier anders montierten Spule und ist in ihr möglichst frei beweglich. Daher ist es besser, sich eine Spule

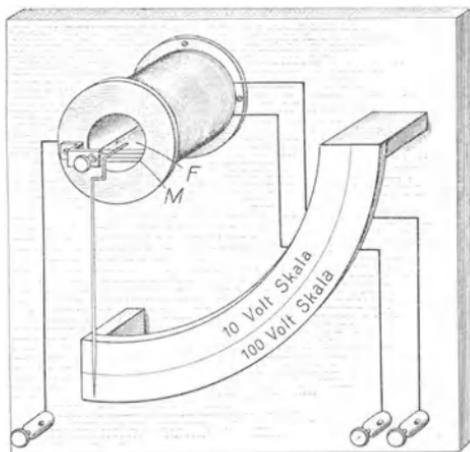


Abb. 214. Weicheiseninstrument.
 F = bewegliche, M = feste Eisenplatte.

mit einem Hohlraum herzustellen, der einen Kreisquadranten als Querschnitt hat (Abb. 216). Die Lagerstreifen werden hier an den Spulenkörper geschraubt. Der Spulenkörper darf weder Eisen noch Nickel enthalten, da er unmagnetisch sein muß. Er wird also aus Messingblech, Holz, Pappe oder Zinkblech hergestellt. Mit Schellack ist ein Blechstück M gleicher Größe wie F in dem Spulenhohlraum angebracht. Dieses befindet sich so gelagert, daß es dem in Ruhe befindlichen Zeigerblech genau parallel und gegenüber liegt. Durchfließt nun ein Strom die äußeren Drahtwindungen, so wird das feste wie auch das bewegliche Blech immer gleichpolig magnetisch. Die beiden Bleche stoßen sich daher ab — der Zeiger wird sich bewegen. Für die

Wicklung der Spule gilt auch hier dasselbe wie früher. Es ist für manche Zwecke angebracht, wenn man zwei verschiedene Wicklungen anbringt, welche die Verwendung als Ampere- und als Voltmeter gestatten. Die Wicklung für das Instrument als Amperemeter soll möglichst 1 Ohm nicht überschreiten. Mit 2 m eines 1,5 mm dicken Drahtes werden wir auch immer auskommen, besonders wenn wir noch eine Reguliervorrichtung (siehe die

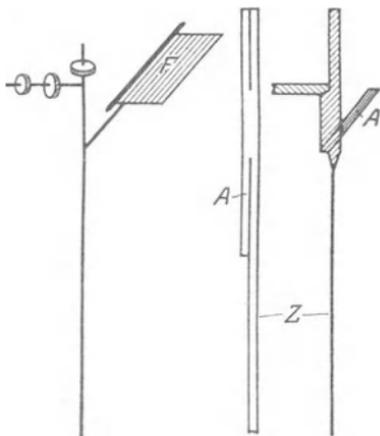


Abb. 215.

Links: Der Zeiger aus Draht an der mit der Achse verlöteten Eisenscheibe *F*. Rechts: Zeiger *Z* aus einem Streifen Aluminiumblech gefertigt. *A* der senkrecht zur Papierebene stehende Fortsatz, welcher an die Platte *F* kommt.

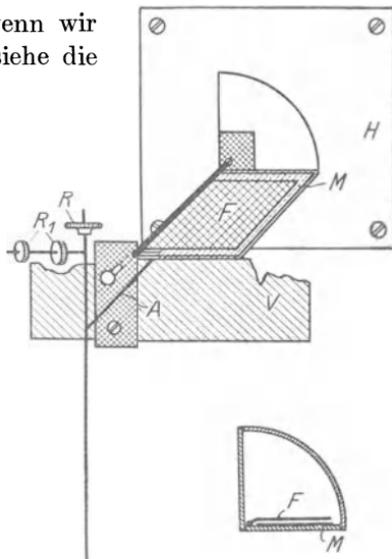


Abb. 216. Das Instrument der Abb. 214, jedoch mit dem Spulenhohlraum der Nebenfigur.

Die Bezeichnungen entsprechen Abb. 214 und 215. *R* und *R*₁ = Kompensationsgewichte. *V* = vordere (teils fortgelassene), *H* = hintere Wand des Spulenrahmens.

Abbildungen) an der Zeigerverlängerung angebracht haben. Da ein Draht von 1,5 mm nur bis 6 Ampere der Vorsicht halber belastet werden wird, so wird dies Meßinstrument auch nur bis zu dieser Stromstärke benutzt werden können. Für die Wicklung eines Voltmeters werden wir hauptsächlich auf geringen Stromverbrauch Rücksicht nehmen. Ein Instrument, welches bis 10 Volt anzeigen soll, wird bei 200 Ohm Drahtwiderstand einen Gleichstromverbrauch von 50 Milliampere haben. Unter diesen Stromverbrauch empfiehlt sich nicht bei selbstgebaute Instrumenten hinunterzugehen.

Die fertigen Instrumente müssen wir durch Vergleich mit einem geeichten Instrument sowohl für Wechselstrom als auch für Gleichstrom eichen. Eine entsprechende Anzahl von Skalen wird daher vorgesehen.

3. Warnungen und Winke.

1. Schwefelsäure. Schwefelsäure ist ein starkes Ätzmittel, welches die meisten Dinge angreift und zersetzt. Durch die konzentrierte Säure werden organische Stoffe in kurzer Zeit bis zu Kohlenstoff reduziert, d. h. verkohlt, und werden schwarz. Daher ist beim Hantieren mit der konzentrierten sowohl wie mit der verdünnten Säure, die zur Füllung der Akkumulatoren benutzt wird, Vorsicht geboten. Alle Metalle werden mit wenigen Ausnahmen angegriffen und aufgelöst. Durch Spritzer entstehen Löcher auf Tischtüchern und Kleidung. Das universelle Gegenmittel ist verdünnter Salmiakgeist — Ammoniak. Man betupft die bespritzten oder begossenen Stellen reichlich. Zum Ab- oder Aufwischen vergossener Säure darf man nur völlig wertlosen Zunder und Lappen benutzen, keine guten Handtücher oder Scheuerlappen, welche, auch wenn man sie nachher in Ammoniakwasser wäscht, leiden. Die konzentrierte Säure soll man nie an die Hände bringen, da sie Brandwunden verursachen kann. Konzentrierte Schwefelsäure wird nie dadurch verdünnt, daß man das Wasser in sie hineinschüttet. Hierdurch würde sich die Flüssigkeit so stark erhitzen, daß ein Platzen der Gefäße oder eine Beschädigung der Unterlage nicht zu vermeiden ist. Man gießt in dünnem Strahle die Säure unter ständigem Umrühren in das Wasser. Wird die Erhitzung dennoch zu stark, was man durch die Hand am Gefäße feststellen kann, so läßt man erst abkühlen und fügt dann den Rest der Säure hinzu.

Nicht angegriffen werden von Schwefelsäure Paraffin, Stearin, Wachs, Harze, Fette, viele Lacke, Zelluloid, Glas, Hartgummi u. dgl. Als Unterlage beim Arbeiten mit Säure eignet sich daher paraffinierte Pappe oder Holz od. dgl. Natürlich kann man auch eine vielfache Lage Zeitungspapier nehmen, welches nach Zerstörung der oberen Lagen erneuert wird.

2. Brennbare Flüssigkeiten. Äther, Alkohol, Benzin u. dgl. sollen nie auf offenem Feuer erhitzt werden. Aber auch Paraffin, Kolophonium, Wachs, Zelluloid u. dgl. entzünden

sich in der Hitze. Man halte daher offene Flammen von der freien Oberfläche fern. Sowie aber der Inhalt brennt, decke man einen bereitgehaltenen Blechdeckel über das Gefäß, der recht gut abschließt. Hierdurch wird die Flamme leicht erstickt. Natürlich macht man dann die Flamme unter dem Gefäß aus, bevor man den Deckel abnimmt, denn sonst entzündet sich die siedende Flüssigkeit sofort von neuem. Kolophonium und auch reichlich Kolophonium enthaltende Mischungen schäumen stark, daher ist ein genaues Einregulieren der Flamme nötig. Auch fülle man die Gefäße nur höchstens ein Drittel voll, damit das große Unsauberkeiten mit sich bringende Überkochen vermieden wird.

3. Blei und seine Verbindungen. Blei und alle seine Verbindungen, also auch die für die Herstellung von Akkumulatoren benutzten Oxyde, sind giftig. Bleiarbeiter, die jahraus, jahrein immer täglich geringe Mengen dieses Giftes in ihren Körper aufnehmen, erkranken oft schwer. Diese chronische Vergiftungsgefahr besteht für den Radioamateur nicht. Größere Dosen können aber auch akut schwer schädigen! Man esse daher seine Schnitten nicht, wenn man mit Blei oder seinen Verbindungen herumgearbeitet hat, ohne die Hände gründlich zu waschen.

4. Quecksilber. Nochmals sei auch auf dieses hingewiesen. Es darf nicht erhitzt werden und nicht auf dem Boden durch Hinwerfen zerrieben.

5. Netzanschlüsse und Ladevorrichtungen. Da diese für den Anschluß an die städtischen Netze bestimmt sind, so unterliegen sie in gewissen Grenzen den entsprechenden Verbandsvorschriften. Verf. hofft, daß von diesen Vorschriften ein sinngemäßer Gebrauch gemacht wird und nicht der Bastler schikaniert wird. Der Bastler aber darf auch nicht sträflichen Leichtsinns begeben und Sicherungen usw. fortlassen. Es ist unbedingte Notwendigkeit, daß jeder Draht, der vom Netz zu einer selbstverfertigten Apparatur führt, gleichgültig zu welcher, möglichst niedrig gesichert wird. Jede Apparatur hat zuerst eine Versuchszeit, während dieser Zeit ist man in dem Raume, wo die Apparatur läuft, und nicht beim Spazierengehen! Man kann dann ein gutes Gewissen haben, besonders wenn man alle Teile stabil und fest gefügt hat. — Die Starkströme der städtischen Netze können tödliche Unfälle zur Folge haben. Nie darf man eine Leitung berühren, welche unter Strom steht. Auch die Be-

rührung eines Poles der Starkstromleitung kann schwer schädigen, wenn der Körper auf irgend einem Wege (Fußboden usw.) Erd-schluß hat. Daß Fachleute dies für sich selbst leichtsinnigerweise oft nicht beherzigen, ist kein nachahmenswertes Beispiel. Ist durch irgendwelche Umstände doch einmal eine Arbeit an unter Strom stehenden Teilen nicht zu umgehen, so arbeite man in dichten trockenen Gummischuhen mit der linken Hand in der Hosentasche.

6. Akkumulatoren. Wer sie schonen will, ladet und entladet nicht zu stark. Er lasse sie nicht ungeladen stehen. Familienmitglieder sind oft trotz aller möglichen Vorzüge mit dem + und — auf Kriegsfuß. Man verlasse sich nur auf sich selbst. Ferner vergesse man nicht die Bemerkungen über die Bruch-sicherheit der Gefäße.

7. Hochantennen. Für die praktische Anlage von Hochantennen im Freien seien nun noch einige Winke gegeben. Auch der noch so geschickte Radio-Amateur ist noch lange kein Akrobat. Daher verabsäume man nicht, auf Dächern und Bäumen vorsichtig zu hantieren. Im allgemeinen wird man eine Außenantenne selten allein ziehen können. Man mache es mit mehreren Freunden. In irgend gefährlichen Situationen vergesse man nie, sich anzuseilen. Eine starke Wäscheleine kann einem das Leben retten! Nie darf man sich mit einer Schlinge anseilen, denn dann wird man beim Sturze ja zusammengepreßt. Am sichersten ist, sich von einem Dachdecker einen Gürtel zu borgen, der einen festen Karabinerhaken für das Seil hat. Auch bei Klettertouren auf Bäume seile man sich an. Auf hohe Kiefern im Kletterschluß heraufzukommen, wenn die Äste erst 15—20 m über dem Boden beginnen, ist eine derartige Anstrengung, daß auch einem Sportgewandten die Kräfte ausgehen können. Durch den Postboten wird man sich von den Telegraphenarbeitern mal über Sonntag Kletterschuhe verschaffen können. Diese tragen an den Spitzen lange Stahlsicheln, mit welchen man den Baum umgreifen kann. Die Anstrengung ist dann kaum größer als beim Treppensteigen. — Die Hanfstricke für die Verspannung von Freiantennen soll man teeren, damit sie den Unbilden der Witterung auf die Dauer standhalten. — Bei Doppeldrahtantennen wahrt man den Drahtabstand durch Bambusstäbe oder auch Besenstiele. — Metallmaste lassen sich an den eingemauerten Steigeisen der Schorn-

steine gut befestigen. — Man vergesse nie, leitende Maste auf Gebäuden mit dem Blitzableiter zu verlöten.

8. Wie laubsägt man senkrecht. Ganz allgemein kann man sagen, daß beim Laubsägen wohl jeder bereits Obacht gibt, die vorgezeichneten Linien genau nachzusägen. Weniger Wert wird darauf gelegt, daß die Säge auch senkrecht gehalten wird, damit die Sägefläche auch senkrecht auf der Oberfläche stehe. Da nun bei den Widerständen dickere Bretter mit einer grobzackigen Laubsäge bearbeitet werden, sei hier ein Trick angegeben, der wenigstens beim Sägen von geraden Linien zwingt, die Säge richtig zu halten. Man nimmt einen sicher rechteckigen Stab und nagelt ihn sich provisorisch genau an der zu sägenden Kante entlang auf das Brett. Jetzt hat man nicht nur einen genauen Richtungsweiser, sondern auch einen Mahnzettel für die richtige Haltung der Säge, welche immer tangential an dem Holzklötz entlanggleiten muß.

9. Wie bohrt man mit der Hand senkrecht? Man läßt eine zweite Person beobachten, ob man den Bohrer richtig hält, da dies der Bohrende selber nicht gut beobachten kann. Oder: Man bohrt in ein altes Stück Holz von mindestens 2 cm Dicke viele Löcher. Nun wählt man sich das am besten gelungene aus (durch Hineinstecken eines langen Stabes sieht man sofort auch die kleinsten Abweichungen). Dieses Loch benutzt man als Führung für Löcher gleicher Größe. Besser ist es, wenn man sich vom Schlosser oder einem Bekannten, der eine Bohrmaschine hat, in 1 cm dickes Eisen Löcher verschiedener Dicke hineinbohren läßt. Beim Bohren durch das Eisenstück hindurch muß man vorsichtig das Brechen der Bohrer vermeiden (Ruhighalten des Bohrers!).

10. Über Löten. Im Gebiete der Elektrizität soll man stets alle Lötwasser vermeiden, die Säure ist für die Kontakte schädlich. Das beste Lötmedium ist Kolophonium. Als Lötmasse verwendet man sog. Schnellot, welches in Eisenwarenhandlungen erhältlich ist. Wer Beziehungen zu einer Chemikalienhandlung hat, kommt billiger fort, wenn er sich durch Zusammenschmelzen von Blei und Zinn selber die Lötmasse herstellt¹⁾. Noch flüssig gießt man die Metallegierung in dünne Streifen. Die beste Unterlage hierzu ist der Steinfußboden in der Küche, doch geht jede

¹⁾ Tabelle S. 78.

andere gesäuberte, trockene, unverbrennliche Unterlage zu benutzen, der Herd, ein größeres Blech usw. Einer Form zum Gießen bedarf es nicht. Durch Bewegen des Gußgefäßes während des Kippens entstehen je nach der Geschwindigkeit dickere oder dünnere Stangen. Als Gefäß zum Einschmelzen kann eine Blechzigarettenschachtel benutzt werden. Der Lack außen verbrennt bei dem starken Erhitzen, der Geruch ist nur gering. Das heiße Gefäß wird nur mit der Zange angefaßt, hierzu eignet sich weder eine Rundzange noch eine scharfe Beißzange. Geeignet sind Flachzangen und besonders die Greifzangen, welche die Chemiker benutzen. Den so gewonnenen Lötzinn wird man nur für größere Lötarbeiten benutzen. Dort, wo es sich nur um das Zusammenlöten von Drahtverbindungen usw. handelt, benutzt man besser und billiger eine der im Handel befindlichen Lötmassen. Bei Verwendung derselben ist nicht nur jedes Lötwasser, sondern auch das Kolophonium überflüssig. Die Lötmasse „Tinol“ hat sich mir gut bewährt. Aber auch bei dieser müssen die zu verlötenden Teile metallisch blank sein. Also vorher gründlich mit Schmirgel- oder Glaspapier reinigen! An der Unsauberkeit der Lötstellen liegen alle Mißerfolge! Daß Aluminium nicht zu löten geht, sei hier nochmals erwähnt; hier ist der Mißerfolg Gesetz. Nicht nur die Lötstellen, sondern auch der LötKolben muß blank sein. Wenn der LötKolben millimeterhoch mit Ruß bedeckt ist, so kann die Hitze nicht an das Metall kommen, denn der Ruß ist ein guter Wärmeisulator. Beim Erhitzen also wird der Kolben sehr schwer heiß, und beim Löten geht die Hitze vom Kolben nicht auf die Lötstelle über, und das Lot schmilzt nicht. Nachdem der Kolben erhitzt ist, reinigt man ihn nochmals durch Entlangfahren auf einem Salmiakstein oder auf Kolophonium. Wenn man fertig gelötet hat, so legt man den Kolben an einem Orte aus der Hand, wo er keinen Schaden stiften kann und auch nicht von unberufenen Händen berührt werden kann. Ein größerer LötKolben behält seine Hitze lange Zeit. Nie verlasse man ein Zimmer, in welchem eine Lötlampe brennt oder in welchem noch ein heißer, womöglich rotglühender LötKolben ist. Die Lampe wird vorher ausgemacht und der Kolben abgeschreckt — unter der Wasserleitung oder in einem Eimer Wasser. — LötLampen sind in den verschiedensten Formen im Handel. Man betreibe sie nur mit gutem Benzin, welches keine Holzspäne od. dgl. ent-

hält. Diese verstopfen die Düse, und die Lampe erlischt. Vorwärmen kann man die Lampe mit Spiritus oder auch mit Benzin. Man gießt den an der Lampe vorgesehenen Ring mit der Flüssigkeit voll. Es geschieht bei den leichtflüssigen Flüssigkeiten schnell, daß einige Tropfen danebenlaufen, daher entferne man stets aus der näheren Umgebung der Lampe alle brennbaren Dinge. Brennt etwas Benzin, das auf den Tisch gekommen ist — man soll nie auf einer Unterlage von Wert hantieren —, so lasse man ruhig die paar Tropfen abbrennen und puste nicht etwa aus Leibeskräften auf die Lampe los, man verpustet sonst den brennenden Benzin und verursacht erst dadurch ein Unglück. Brennender Benzin läßt sich nicht mit Wasser löschen, brennender Spiritus ja, beide lassen sich mit Sand und Tüchern ersticken. Wenn man die Gebläselampe zu voll füllt oder nicht für genügende Vorwärmung sorgt, so spritzt unvergast Benzin aus der Düse. Vorsicht daher!

Für das Zusammenlöten von Drähten ist bei Verwendung von Tinol kein Kolben erforderlich. Die blanken Drähte werden zusammengedreht und mit der Lötmasse dünn bestrichen. Dann wird eine kleine Spiritusflamme untergehalten. Mit einem kleinen Lappen wischt man die Lötstelle rein und sieht nach, ob das Lot gut haftet, sonst wiederholt man die Verlötung, indem man die Masse in die noch nicht verlöteten Stellen schmiert.

Oft kann es vorkommen, daß man einen Draht an eine kurze Kontaktschraube anlöten muß, welche aus einer Platte aus schmelzbarem Material hervorragt, z. B. beim Ziehen der Drahtverbindungen bei einer Empfangsapparatur, welche auf Hartgummi oder einem seiner Ersatzmaterialien montiert ist. Hier muß die Verlötung schnell gehen, und man darf nicht Minuten oder noch länger mit dem heißen Kolben in der Nähe der Platte bleiben. Daher muß das Verlöten hier mit dem nicht zu heißen Kolben beim ersten Auftippen auf die Lötmasse geschehen sein. Diese Bedingung ist bei gut gesäuberten Kontaktflächen stets erfüllt.

11. Nieten. Als Nietenmaterial kommen Nägel und Kupferdraht in Frage. Jede Niete soll bereits stramm in ihrem Bohrloch sitzen, bevor umgenietet wird, daher bemesse man die Dicke des Nagels reichlich. Die zu vernietenden Teile werden über einen entsprechenden Nagel geschoben, dann kneift man mit

der Beißzange den Nagel so ab, daß ein Stückchen übersteht, welches der Nageldicke entspricht. Jetzt wird auf einer eisernen Unterlage mit vielen, wenig heftigen Schlägen der überstehende Teil breitgeschlagen — nicht umgebogen.

12. Schrauben. Man unterscheidet Holz- und Eisenschrauben. Die ersteren gehen konisch zu und benutzen das Holz als Mutter, die letzteren bedürfen einer Extramutter. Holzschrauben sind billiger, geben aber nicht so guten Halt wie Eisenschrauben. Wo beides angängig und man nicht auf den Preis Rücksicht zu nehmen braucht, wird man also die Schrauben mit Eisenmutter benutzen. Nicht zu verwerten gehen Holzschrauben zur Befestigung auf Hartgummi u. dgl.

Wo es auf gutes Aussehen ankommt, verwendet man Holzschrauben mit rundem Kopf. Damit der Kopf nicht tief in seine Unterlage einschneidet, kann man kleine Metallringe unterlegen. Schrauben, die mit Metallteilen des Apparates in Berührung sind, wird man immer versenken. Man versenke, wenn angängig, so tief, daß der Kopf 3—4 mm unter der Oberfläche liegt. Durch Vollstreichen mit einer der unten angegebenen Massen macht man dann den Kopf nicht nur unsichtbar, sondern isoliert ihn auch nach außen, wodurch ein Berühren unmöglich ist — kann evtl. Aussetzen des Empfanges, Senden der Apparatur usw. zur Folge haben. Es macht auch keine große Mühe, die Köpfe von Maschinenschrauben auf gleiche Art zu versenken. Versenkt man hier Kopf und Mutter, so muß man eine feine Flachzange zum Festschrauben benutzen. Alle Löcher zum Versenken von Schraubenköpfen usw. sollen ca. 1 mm größer sein als der Kopf. Das große Loch für den Kopf wird immer zuerst gebohrt, wobei man acht gibt, nicht zu tief zu bohren. In die Mitte dieses Loches setzt man dann mit dem feineren Bohrer das Loch für die Schraube selbst.

13. Isolier- und Füllmassen. 1 Teil Paraffin wird mit 2 Teilen Kolophonium in der Hitze gemengt. Die Masse ist nicht zu weich und auch nicht zu spröde. Sie eignet sich, um versenkte Schrauben zu überdecken, um Isoliergriffe herzustellen, sie haftet sehr gut, selbst an Glas und Porzellan, wenn es sauber ist. Durch Beimischen von Asphalt wird sie schwarz und läßt dann in Hartgummi versenkte Schrauben nicht mehr erkennen.

Leinöl mit Kolophonium gibt mehr oder weniger flüssige bis

sirupkonsistente Kitte, welche wie Gift kleben. Alle diese Kitte haben noch den Vorteil, säure- und feuchtigkeitsbeständig zu sein. Sie sind ferner gute Isolatoren.

14. Klebemittel. Billig und gut klebend ist Dextrin. Es kommt als gelbes, ungereinigtes und helles, gereinigtes in den Handel. Das gelbe ist billiger und klebt besser. Es wird in der Kälte mit Wasser zu einer dickflüssigen Masse angerührt. Erhitzt darf es nur im Wasserbade werden, da es leicht anbrennt.

Syndetikon ist Fischleim und wegen seiner bequemen und sparsamen Aufmachung in Tuben sehr zu empfehlen.

Leim — Tischlerleim — kommt in Tafeln in den Handel. Er wird in einem besonderen Tiegel oder in einer alten Konservendose angesetzt. Man zerschlägt eine Platte in walnußgroße Stücke und begießt sie mit ca. $\frac{1}{8}$ Liter Wasser. Dann läßt man sie am besten bis zum nächsten Tage, zum mindesten aber einige Stunden stehen. Im Wasserbade wird er dann erhitzt und ergibt eine beim Erkalten gallertartig erstarrende Masse. Er dient zur Befestigung von Holz auf Holz usw. Die aufeinanderpassenden Flächen werden mit der heißen Lösung bestrichen und schnell in Kontakt gebracht. In richtiger Lage werden die Teile beschwert oder mit einer Schraubzwinge gepreßt.

15. Skalen und Schilder. Dort, wo es sich nur darum handelt, die Größe einer Drehung abzulesen, können wir die käuflichen Winkelmesser aus Papier verwenden. Mit einem Reißzeug wird man sich jedoch stets auch eine gute Skala selber zeichnen können. Wer eine große Apparatur hat oder sich mit einigen Freunden zusammentun will, der kann, im Falle er Besitzer eines Photokastens ist, eine Skala ganz groß auf dem Reißbrett entwerfen und sie dann abphotographieren. Hierbei achte man darauf, daß das Reißbrett bei der Aufnahme der Platte genau parallel liegt, damit keine Verzerrung der Linien eintritt. Von der so gewonnenen Platte kann man sich dann jederzeit Abzüge machen, welche man durch Baden in Zaponlack oder auch in der bereits erwähnten Zelluloidlösung haltbar macht (vgl. S. 169).

Anhang.

A. Telephoniesender.

1. Die Wellenlängen der Deutschen Rundfunksender sind:

Regelmäßig sendende Stationen:

Berlin	505
Breslau	415
Frankfurt a. M.	467
Hamburg	392
Königsberg i. Pr.	460
Leipzig	452
München	485
Münster i. W.	407
Stuttgart	437

Unregelmäßig sendende Stationen:

Telefunken, Berlin	} 750 2600
Huth, Berlin	
Eberswalde	2700
Königswusterhausen	2800
Tel.-Techn. Reichsamt, Berlin	400

2. Die Wellenlängen der englischen Rundfunkstationen sind:

London	365
Glasgow	420
Newcastle.	400
Manchester	375
Birmingham	475
Cardiff	353
Bournemouth	385
Aberdeen	495
Sheffield (Relais zu London)	303

Bei dem Alltags von 10 Uhr morgens bis in die Nacht hinein fast ständig durchgehenden Betriebe obiger Stationen würde eine Zeittafel den Rahmen des Büchleins überschreiten.

Sonstige europäische Telephoniesender.

Täglich senden:

Zeit*		Station	Welle	Programm
Stunde	Minute			
7	00	Königswusterhausen	4000	Bö
7	40	Paris, Eiffelturm	2600	M.B.
7	45	Budapest	950	N, M.B.
8	05	Lausanne	850	M.B.
8	30	Berlin (W. T. B.)	2550	N
8	55	Amsterdam	2125	N
9	00	Wien	530	MP
9	10	Berlin (W. T. B.)	2550	N
10	10	Berlin (W. T. B.)	2550	N
10	23	Paris, Eiffelturm	2600	Z
10	55	Amsterdam	2150	N
11	00	Wien	530	K
11	30	Berlin, Telefunken	2600	V
11	30	Berlin (W. T. B.)	2550	N
11	30	Berlin, Telefunken	750	K, ?
11	30	Lyon	470	K
11	44	Paris, Eiffelturm	2600	Z, N
12	00	Paris, Eiffelturm	2600	MP
12	00	Rom	624	Z
12	00	Zürich	515	M.B.
12	10	Amsterdam	2125	N
12	15	Berlin (W. T. B.)	2550	N
12	30	Chelmsford	1600	K
12	30	Budapest	950	N, Bö
1	00	Amsterdam	2125	N
1	00	Zürich	515	M.B., N, Bö
1	05	Wien	530	Z
1	15	Genf	1100	V
1	20	Wien	530	M.B.
1	30	Paris, Radio	1780	K, N, Bö
1	30	Prag-Kbely	1150	Bö, N
1	30	Lausanne	850	M.B., Z, N, Bö
1	45	Amsterdam	2125	N
2	00	Montesanto	2450	M.B.
2	00	Brünn-Komarov	1160	Bö, N
2	00	Haeren	1100	M.B.
2	00	Stockholm	440	Z
2	15	Berlin (W. T. B.)	2550	N
2	45	Paris, Radio	1780	N

Zeit*		Station	Welle	Programm
Stunde	Minute			
3	15	Berlin (W. T. B.)	2550	N
3	30	Wien	530	Bö
3	40	Amsterdam	2125	N
3	45	Paris, Eifelturm	2600	Bö, N
4	00	Berlin (W. T. B.)	2550	N
4	00	Rom	1800	M.B.
4	00	Wien	530	N
4	00	Zürich	515	K, N
4	10	Wien	530	K, V
5	00	Berlin (W. T. B.)	2550	N
5	00	Lausanne	850	V, ?
5	00	Prag-Kbely	680	Bö
5	00	Paris (Ecole super.)	470	V
5	30	Paris, Eifelturm	2600	Bö, N
5	30	Paris, Radio	1780	K, Bö
5	30	Chelmsford	1600	K
6	00	Paris, Eifelturm	2600	K
6	00	Berlin (W. T. B.)	2550	N
6	00	Barcelona	325	K, ?
6	00	Brüssel	265	K, V, T
6	45	Paris, Radio	1780	V, N, Bö
6	55	Lausanne	850	M.B., N
7	00	Paris, Eifelturm	2600	K, N
7	00	Zürich	515	M.B., N
7	00	Madrid	392	M.B., Z
7	00	Brüssel	265	N
7	20	Lyngby	2400	N, Bö
7	30	Prag-Kbely	1160	K, N, Z
7	30	Ryvang	1025	M.B.
7	30	Sevilla	350	K
7	50	Wien	530	N
8	00	Paris, Eifelturm	2600	M.B.
8	00	Rom	1800	K
8	00	Berlin, Telefunken	750	K, ?
8	00	Wien	530	K, N
8	00	Paris (Ecole super.)	458	K
8	15	Lausanne	850	K
8	15	Zürich	515	K
8	15	Madrid	392	M.B., Bö, K
8	30	Chelmsford	1600	K
8	30	Rom	425	V, K
9	00	Lyngby	2400	N, M.B., Z
9	00	Zürich	515	K

Zeit*		Station	Welle	Programm
Stunde	Minute			
9	15	Lausanne	820	K, T
9	30	Paris, Radio	1780	V, N
9	40	Berlin (W. T. B.)	2550	N
10	00	Lyngby	2400	N, M.B., Z
10	00	Zürich	515	N
10	20	Rom	425	Bö, N, M.B.
10	30	Chelmsford	1600	K
10	30	Madrid	392	K
11	00	Paris, Radio	1780	T
11	00	Brüssel	265	N
11	00	Rom (Ido)	117	V
11	10	Paris, Eifelturm	2600	M.B.
11	44	Paris, Eifelturm	2600	Z
12	00	Montesanto	2450	M.B.
12	30	Madrid	392	K, T

Außerdem senden:

Sonntag

10	00	Brünn-Komarov	1160	K
11	00	Prag-Kbely	1150	K
11	00	Stockholm	440	K
11	15	Stockholm	440	R
11	30	Berlin, Telefunken	2600	K
11	30	Königswusterhausen	2800	K
2	15	Paris, Radio	1780	N
5	40	Boden	2500	K
7	00	Stockholm	470	K
8	00	Kopenhagen	750	K
8	00	Götheborg	460	K
8	40	Hilversum	1005	K
9	10	Imulden	1050	K
10	30	Paris, Petit Parisien	345	K

Montag

5	10	Götheborg	680	K
6	15	Wien	630	V
8	20	Stockholm	2500	K, N
8	40	Hilversum	1005	V
9	00	Brüssel	265	V, K
11	15	Berlin, Lorenz	280	K

Dienstag

5	10	Götheborg	460	K
6	40	Boden	2500	K

α) Morsebuchstaben.

■ ■ ■ ■	a	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	j	■ ■ ■	s
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	b	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	k	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	t
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	c	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	l	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	u
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	d	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	m	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	v
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	e	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	n	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	w
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	f	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	o	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	x
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	g	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	p	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	y
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	h	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	q	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	z
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	i	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	r		

Beim Buchstabieren benutzt man noch folgende Morsezeichen:

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	ä
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	ö
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	ü
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	ch

β) Morsezahlen.

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	1	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	6
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	2	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	7
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	3	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	8
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	4	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	9
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	5	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	0

γ) Interpunktion usw. Morsehilfszeichen.

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Bruchstrich.
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Punkt (dreimal i).
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Semikolon.
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Komma.
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Doppelpunkt.
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Fragezeichen (oder Aufforderung zur Wiederholung einer nicht verstandenen Mitteilung).
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Ausrufungszeichen.
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Apostroph (Abkürzungszeichen).
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Bindestrich oder Strich.
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Klammer.
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Anführungszeichen.
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Anruf.
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Verstanden.
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Aufforderung zum Senden.
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Warten.

Abkürzung	Frage	Antwort oder Bemerkung
QRJ	Wieviel Wörter haben Sie zu übermitteln?	Ich habe ... Wörter zu übermitteln.
QRK	Wie erhalten Sie?	Ich erhalte gut.
QRL ¹⁾	Erhalten Sie schlecht? Soll ich 20 mal ... — . geben, um die Einstellung Ihrer Apparate zu ermöglichen?	Ich erhalte schlecht. Geben Sie 20 mal ... — ., damit ich meinen Apparat einstellen kann.
QRM	Wurden Sie gestört?	Ich wurde gestört.
QRN	Sind die Luftstörungen sehr stark?	Die Luftstörungen sind sehr stark.
QRO	Soll ich die Kraft vermehren?	Vermehren Sie die Kraft.
QRP	Soll ich die Kraft vermindern?	Vermindern Sie die Kraft.
QRQ	Soll ich schneller geben?	Geben Sie schneller.
QRS	Soll ich langsamer geben?	Geben Sie langsamer.
QRT	Soll ich mit der Übermittlung aufhören?	Hören Sie mit der Übermittlung auf.
QRU	Haben Sie etwas für mich?	Ich habe nichts für Sie.
QRV	Sind Sie bereit?	Ich bin bereit.
QRW	Sind Sie beschäftigt?	Ich bin mit einer anderen Station beschäftigt, bitte nicht zu stören.
QRX	Soll ich warten?	Warten Sie. Ich werde Sie um ... Uhr rufen.
QRY	Wann bin ich an der Reihe?	Sie haben die Nummer ...
QRZ	Sind meine Zeichen schwach?	Ihre Zeichen sind schwach.
QSA	Sind meine Zeichen stark?	Ihre Zeichen sind stark.
QSB	Ist mein Ton schlecht? Ist mein Funke schlecht?	Der Ton ist schlecht. Der Funke ist schlecht.
QSC	Sind die Zwischenräume bei der Übermittlung schlecht?	Die Zwischenräume bei der Übermittlung sind schlecht.
QSD	Lassen Sie uns die Uhren vergleichen. Ich habe ... Uhr. Welche Zeit haben Sie?	Die Uhr ist ...
QSF	Sollen die Funkentelegramme abwechselnd oder in Reihen übermittelt werden?	Die Übermittlung soll abwechselnd erfolgen.
QSG	Die Übermittlung soll in Reihen von fünf Funkentelegrammen erfolgen.
QSH	Die Übermittlung soll in Reihen von zehn Funkentelegrammen erfolgen.
QSJ	Welches ist die zu erhebende Gebühr für ...?	Die zu erhebende Gebühr ist ...

¹⁾ QRL auch KURZ: Soll ich „V“ geben?

Abkürzung	Frage	Antwort oder Bemerkung
QSK	Das letzte Funkentelegramm ist zurückgezogen.	Ist das letzte Funkentelegramm zurückgezogen?
QSL	Bitte Quittung zu geben.	Haben Sie Quittung erhalten?
QSM	Mein wahrer Kurs ist . . . Grad.	Welches ist Ihr wahrer Kurs?
QSN	Ich habe keine Verbindung mit dem festen Lande.	Haben Sie Verbindung mit dem festen Lande?
QSO	Ich habe Verbindung mit . . . (durch Vermittlung von . . .).	Haben Sie Verbindung mit einer anderen Station?
QSP	Verständigen Sie . . . , daß ich ihn rufe.	Soll ich . . . melden, daß Sie ihn rufen?
QSQ	Sie werden gerufen von . . .	Werde ich gerufen von . . . ?
QSR	Werden Sie das Funkentelegramm befördern?	Ich werde das Funkentelegramm befördern.
QST	Haben Sie einen allgemeinen Anruf erhalten?	Allgemeiner Anruf für alle Stationen.
QSU	Bitte mich anzurufen, sobald Sie fertig sind (oder um . . . Uhr).	Ich werde Sie rufen, sobald ich fertig bin.
QSV	Ist öffentlicher Verkehr im Gange?	Öffentlicher Verkehr ist im Gange. Bitte nicht zu stören.
QSW	Soll ich die Funkenzahl erhöhen?	Erhöhen Sie die Funkenzahl.
QSY	Soll ich mit der Wellenlänge von . . . Metern geben?	Gehen wir über zur Welle von . . . Metern.
QSX	Soll ich die Funkenzahl vermindern?	Vermindern Sie die Funkenzahl.

Wird eine Abkürzung mit Fragezeichen gegeben, so bedeutet dies, daß es sich um die neben der betreffenden Abkürzung angegebene Frage handelt.

Beispiele:

- A. QRA? = Welches ist der Name Ihrer Station?

B. QRA Campania = Hier ist die Station Campania.

A. QRG? = Welcher Gesellschaft oder Schiffahrtslinie gehören Sie an?

B. QRG Cunard QRZ = Ich gehöre der Cunard-Linie an. Ihre Zeichen sind schwach.
- Nauen an Rocky-Point (WQK): WQK QRK? QRV? QRN QRL K bedeutet: WQK, wie erhalten Sie? Sind Sie bereit? Die Luftstörungen sind sehr stark, geben Sie zunächst „V“. Kommen.

Sachverzeichnis.

- Abkürzungen der elektrischen Einheiten 67.
— im Funktelegrammverkehr 203.
Abstimmittel, Schaltung der 46.
— Herstellung der 91.
Abszisse 35.
Äther 189.
Ätherhypothese 12.
Akkumulatoren 163.
Akustische Schwingungen 11.
Alkohol 189.
Ampere, Definition 66.
Amperemeter, Herstellung 187.
Anordnung der Einzelteile von Apparaten 148.
Antennen 79, 191.
— -Isolator 81.
— -Kreisschaltungen 44.
Audionschaltung 53.
Aufsuchen einer Station 31.
Benzin 189, 194.
Berechnung von Wellenlängen 69.
— von Periodenzahlen 71.
— von Kapazitäten 72.
— von Selbstinduktionen 73.
— von Rahmenantennen 76.
Blankreiben von Kontaktbahnen 111.
— von Lötstellen 84.
Blei 190.
— Gießunterlagen für, 165.
Blitzschalter 84.
Blockkondensatoren 105.
Bohren 192.
— von Gummi 124.
Bremsvorrichtung für Kondensatoren 96.
— für Motorspulung 143.
Charakteristik von Röhren 35.
Coulomb 20, 66.
Dämpfung mechanischer Schwingungen 4.
Dämpfung elektromagnetischer Schwingungen 22.
Dämpfungsreduktionspunkt 65.
Detektor, Wirkung vom 30.
— Herstellung des 121.
Dielektrikum 21.
Dielektrizitätskonstante 73.
Differenzton 15.
Drehkondensatoren 92.
Drehknöpfe 138.
Drosselspulen 51, 161.
Edison-Effekt 149.
— -Akkumulator 163.
Einheitsbretter 152.
Einheiten der Elektrizitätslehre 66.
Einteilung der Frequenzen 28.
Elektro-magnetische Schwingungen 21.
— Wellen 26.
Elektrisches Feld 17.
Elektronenstrom 34.
Elektronenwolke 33.
Empfangsschaltungen 43, 56.
Energieabnahme von Wellenbewegungen 30.
Energie 2.
Erdung 87.
Farad 67.
Fassungen 135.
Flachspulen 115.
Fremdinduktion 19.
Funken, optische Zerlegung 25.
Funkensender 38.
Funktanzahl 38.
Füllmassen 195.
Füße für Rahmenantennen 90.
Galvanische Kopplung 32.
Galvanometer 18.
Geschwindigkeit elektro-magnetischer Wellen 23.
Gefäße, säurefeste 168.

- Gitter 34.
 — -Anodencharakteristik 35.
 — -Bespreehung 42.
 — -Kondensator 50.
 — -Vorspannung 36.
 Glasflaschen, Absprengen des Bodens 81.
 Gleichrichter, Glimmlampe als 177.
 — Pendel- 177.
 — Zellen- 184.
 Grenzen der Verstärkung 62.
 Griffe für Hebelschalter 84.
Hängevorrichtung für Rahmenantennen 90.
 Hebekondensatoren (Vernier) 100.
 Heizwiderstände 125.
 Henry, Definition 67.
 Heizfaden 33.
 Hochantennen 79, 191.
 Hochfrequenz-Maschinen 39.
 — -Transformatoren 52.
 — -Verstärkung 49.
 Hochohmwiderstände 134.
 Honigwabenspulen, Masse derselben 74.
 — Herstellung 111.
Induktionswirkung 28.
 Induktive Kopplung 32.
 Interferenz des Lichtes 13.
 — des Schalls 17.
 Isoliermassen 195.
Kapazität 21.
 Kapazitive Kopplung 32.
 Kathodophon 42.
 Kilowatt 67.
 Klebemittel 196.
 Kolophonium 189.
 Kondensatoren 21, 91.
 — -Sätze 104.
 Kopplung 45.
 — bei Pendeln 6.
 Kristalldetektoren 121.
 Kristalle für Detektoren 31.
 Kurzschaltung 44.
 Ladung von Akkumulatoren 172.
 Lager für Hebelschalter 84.
 Lager für Kondensatoren 95.
 — isolierendes 98.
 Langschaltung 45.
 Laubsägen 192.
 Leitungsführung 148.
 Leydener Flasche 23.
 Lichtbogensender 39.
 Löschfunken 39.
 Löten 192.
 — im bestimmten Abstände 94.
 Lötzinlegierungen 78.
Magnetisches Feld 18.
 Manganin 77.
 Marconisender 38.
 Mikrophon 42.
 Mißerfolge 62, 153.
 Mitschwingungsversuch, mechanischer 7.
 — akustischer 12.
 — elektrischer 24.
 Modulationswelle 37.
 Morsealphabet 201.
Nachweis von Wellen 29.
 Netzanschlußgeräte für Gleichstrom 162.
 — für Wechselstrom 158.
 Nickelin 77.
 Niederfrequenzverstärkung 53.
 Nieten 195.
Ohm 66.
 Ordinate 35.
Pappzylinder, Herstellung 109, 119.
 Paraffin 189.
 Pendelversuch 2.
 Pendelgleichrichter 177.
 Periodenzahl 23.
 Phasen einer Schwingung 9.
 Plattenkondensatoren, Berechnung der 72.
Quecksilber 190.
 — -Kondensator 103.
Rahmenantennen, Berechnung 76.
 — Größe 87.
 — Montage an der Wand 88.
 — Richtwirkung 79.

- Rahmenempfang für kurze Wellen 49.
 Reflexschaltungen 57.
 Relais 35.
 Resistanz 77.
 Resonanzversuch, akustischer 12.
 — elektrischer 24.
 — mechanischer 7.
 Rheotan 77.
 Röhre (Verstärkeröhre) 33.
 Röhrensender 40.
 — -Schaltungen 41.
 Rotierender Spiegel 25.
 Rückkopplung 59.
 — Vermeidung derselben 61.

 Sättigungswerk 36.
 Schall 17.
 Schalter 155.
 Schaltungen, Grund- 68.
 — Sende- und Empfangs- 37.
 Schiebekondensator 99.
 Schiebepulen 110.
 Schilder 196.
 Schrauben (Versenken der Köpfe)
 195.
 Schwebungsempfang 16.
 Schwefelsäure 189.
 Schwingungen 5.
 Schwingungsdauer 5.
 Schwingungskreis, geschlossener 21.
 — offener 28.
 Schwingungszeit 2.
 Selbstinduktionen, Berechnung von
 73.
 — Herstellung von 108.
 Senden, Feststellung störender —
 64.
 Sendeschaltungen 37.
 Spannung (Potential) 20.
 Sparschaltungen 51.
 Special 77.
 Spule, Begriff derselben 18.
 Spulenkörper 144, 178.
 Spulen, das — blanker Drähte 126.
 Skalen, Herstellung von 196.
 Sockel für Spulen 113, 117.
 Spulanordnung für Transformatoren
 142.

 Spulanordnung für Zylinderspulen
 109.
 Stanzmaschine 167.
 Starkstrom 190.
 Starkstromwiderstand 131.
 Steuergitter 35.
 Störungsgefahr 63.
 Stoßfunken 39.
 Sperrkreis 53.
 Summer 146.
 Synchronmotor 176.

 Telephon, Schaltung des 47.
 Telephonkondensator, Wirkung des
 30.
 — Schaltung des 47.
 Thomsonsche Gleichung 68.
 Telephoniesender, Tabellen der 196.
 Telephonverteiler 150.
 Totale Interferenz 17.
 Transformatoren für Niederfrequenz
 54.
 Überlagerung 37.
 Überlagerungsempfang 16.

 Variometer 119.
 Verspannung von Innenantennen 85.
 Verstärkeröhre 32.
 Versteifungen 89.
 Verwertung, abfallfreie 166.
 Volt 66.
 Voltmeter 186.

 Wagnerscher Hammer 38, 147, 189.
 Warnungen 189.
 Watt 66.
 Wellenlänge 9, 17.
 Wellenmaschine 8, 10.
 Wellenmesser 147.
 Wickelkondensator 107.
 Widerstandskopplung 50, 55.
 Widerstandsdraht 76.
 Winke 189.
 Wachs 189.
 Woodsches Metall 122.

 Zeiger 139, 188.
 Zellenkondensator 159.
 Zelluloid 169, 189.
 Zwischenkreis 31, 45.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Kalender der Deutschen Funkfreunde 1925

Bearbeitet im Auftrage des Deutschen Funk-Kartells von
Dr.-Ing. Karl Mühlbrett und **Ziviling. Friedr. Schmidt**
Techn. Staatslehranstalten Generalsekretär d. Deutschen
Hamburg Funk-Kartells Hamburg

Mit einem Geleitwort von
Dr. H. G. Möller
Universitätsprofessor in Hamburg
Vorsitzender des Deutschen Funk-Kartells

Erster Jahrgang

(120 S.)

Gebunden 2 Goldmark

Technisches Denken und Schaffen. Eine gemeinverständliche
Einführung in die Technik. Von Professor Dipl.-Ing. **G. v. Hanff-
stengel** in Charlottenburg. Dritte, durchgesehene Auflage. (9. bis
16. Tausend.) Mit 153 Textabbildungen. (224 S.) 1922.
Gebunden 4 Goldmark

Lebenserinnerungen. Von **Werner von Siemens.** Zwölfte
Auflage. Mit 6 Tafeln. (225 S.) 1922. Gebunden 3 Goldmark

Arbeiter unter Tarnkappen. Ein Buch von Werkleuten und
ihrem Schaffen. Von **Julius Lerche.** Zweite Auflage. (147 S.)
Gebunden 3 Goldmark

Franz Reuleaux und seine Kinematik. Von Dipl.-Ing.
Carl Weihe in Frankfurt a. M. Mit dem Aufsatz „Kultur und Technik“
von F. Reuleaux. Mit 4 Abbildungen. (105 S.) 1925.
Gebunden 3 Goldmark

Verlag von Julius Springer und M. Krayn, Berlin

Der Radio-Amateur

Zeitschrift für Freunde
der drahtlosen Telephonie und Telegraphie
Organ des Deutschen Radio-Clubs

Unter ständiger Mitarbeit von
Dr. Walther Burstyn-Berlin, Dr. Peter Lertes-Frankfurt a. M.,
Dr. Siegmund Loewe-Berlin und Dr. Georg Seibt-Berlin u. a. m.

Herausgegeben von

Dr. E. Nesper

Berlin

Erscheint wöchentlich

Vierteljährlich 5 Goldmark / Einzelheft 0.40 Goldmark

(Die Auslieferung erfolgt vom Verlag Julius Springer in Berlin W 9)

Der „Radio-Amateur“ ist die erste und immer noch die einzige Zeitschrift, die das Gesamtgebiet der drahtlosen Telephonie und Telegraphie für Amateure ernsthaft und belehrend behandelt. In bewußtem Gegensatz zu den schnell aufgeschossenen reinen Unterhaltungs- oder Programm-Zeitschriften bringt der „Radio-Amateur“ in jedem Heft von anerkannten Spezialisten geschriebene Aufsätze, die den Anfänger in das vielseitige und nicht immer einfache Gebiet der drahtlosen Telephonie und Telegraphie einführen. Der „Radio-Amateur“ wird von Dr. Eugen Nesper herausgegeben, einem Fachmann, der an der Entwicklung dieses Gebietes seit über 20 Jahren tätig mitgearbeitet hat. Was an bemerkenswerten Neuerungen auf technischem Gebiet oder wissenschaftlichen Entdeckungen in der ganzen Welt vor sich geht, bringt der „Radio-Amateur“ seinen Lesern in kürzester Frist. Der „Radio-Amateur“ ist die Zeitschrift, die sich der Liebhaber, der Student, der höhere Schöler, der Techniker und der technisch interessierte Laie halten muß, wenn er in dieses interessante Fachgebiet eindringen und mehr sein will als nur der von der Reichspostverwaltung mit einer Lizenz versehene Rundfunkabonnent, der wohl Musik und Nachrichten hört, dem aber die fachwissenschaftlichen Zusammenhänge immer ein Rätsel bleiben.

Bibliothek des Radio-Amateurs. Herausgegeben von Dr. **Eugen Nesper.**

1. Band: **Meßtechnik für Radio-Amateure.** Von Dr. **Eugen Nesper.** Zweite Auflage. Mit 48 Textabbildungen. (56 S.) 1924. 0.90 Goldmark
 2. Band: **Die physikalischen Grundlagen der Radiotechnik** mit besonderer Berücksichtigung der Empfangseinrichtungen. Von Dr. **Wilhelm Spreen.** Zweite Auflage. Mit 111 Textabbildungen. (143 S.) 1924. 2.10 Goldmark
 3. Band: **Schaltungsbuch für Radio-Amateure.** Von **Karl Treyse.** Neudruck der zweiten vervollständigten Auflage. Mit 141 Textabbildungen. (55 S.) 1925. 1.20 Goldmark
 4. Band: **Die Röhre und ihre Anwendung.** Von **Hellmuth C. Riepka.** Zweite, vermehrte Auflage. Mit 134 Textabbildungen. (115 S.) 1925. 1.80 Goldmark
 5. Band: **Der Hochfrequenz-Verstärker beim Rahmenempfang.** Ein Leitfaden für Radiotechniker. Von Ing. **Max Baumgart.** Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit etwa 30 Textabbildungen. Erscheint im Frühjahr 1925
 6. Band: **Stromquellen für den Röhrenempfang** (Batterien und Akkumulatoren). Von Dr. **Wilhelm Spreen.** Mit 61 Textabbildungen. (72 S.) 1924. 1.50 Goldmark
 7. Band: **Wie baue ich einen einfachen Detektor-Empfänger?** Von Dr. **Eugen Nesper.** Mit 30 Abbildungen im Text und auf einer Tafel. (56 S.) 1925. 1.35 Goldmark
 8. Band: **Nomographische Tafeln für den Gebrauch in der Radiotechnik.** Von Dr. **Ludwig Bergmann.** Mit 47 Textabbildungen und 2 Tafeln. (79 S.) 1925. 2.10 Goldmark
 9. Band: **Der Neurodyne - Empfänger.** Von Dr. **Rosa Nouackh-Horsky.** Mit etwa 75 Textabbildungen. Erscheint im Frühjahr 1925
 10. Band: **Wie lernt man morsen?** Von Studienrat **Julius Albrecht.** Mit 7 Textabbildungen. (38 S.) 1924. 1.35 Goldmark
 11. Band: **Der Niederfrequenzverstärker.** Von Ingenieur **Kappelmayer.** Mit 36 Textabbildungen. (82 S.) 1924. 1.65 Goldmark
 12. Band: **Formeln und Tabellen aus dem Gebiete der Funktechnik.** Von Dr. **Wilhelm Spreen.** Mit 34 Textabbildungen. (76 S.) 1925. 1.65 Goldmark
 13. Band: **Wie stellt man einen Röhrenempfänger selbst her?** Von **Karl Treyse.** In Vorbereitung
 14. Band: **Die Telephoniesender.** Von Dr. **P. Lertes.** In Vorbereitung
- In Vorbereitung befinden sich:
- Innenantenne (Zimmer- und Rahmenantenne).** Von Dipl.-Ing. Fr. Dietsche.
- Der Radio-Amateur im Gebirge.** Von Oberst Anderle.
- Fehlerbuch des Radio-Amateurs.** Von Ingenieur Siegmund Strauß.
- Baumaterialien für den Radio-Amateur.** Von Ingenieur F. Cremers.
- Funktechnische Aufgaben und Zahlenbeispiele.** Von Dr.-Ing. Karl Mühlbrett.
- Systematik der Schaltungen.** Von Dr.-Ing. Karl Mühlbrett.

Radio-Schnelltelegraphie. Von Dr. **Eugen Nesper**. Mit 108 Abbildungen. (132 S.) 1922. 4.50 Goldmark

Radiotelegraphisches Praktikum. Von Dr.-Ing. **H. Rein**. Dritte, umgearbeitete und vermehrte Auflage von Professor Dr. **K. Wirtz** in Darmstadt. Mit 432 Textabbildungen und 7 Tafeln. 1921. Berichtigter Neudruck. (577 S.) 1922. Gebunden 20 Goldmark

Elementares Handbuch über drahtlose Vacuum-Röhren. Von **John Scott Taggart**, Mitglied des Physikalischen Institutes London. Ins Deutsche übersetzt nach der vierten, durchgesehenen englischen Auflage von Dipl.-Ing. Dr. **Eugen Nesper** und Dr. **Siegmond Loewe**. Mit etwa 136 Abbildungen im Text. Erscheint im Frühjahr 1925

Der Fernsprechverkehr als Massenerscheinung mit starken Schwankungen. Von Dr. **G. Rückle** und Dr.-Ing. **F. Lubberger**. Mit 19 Abbildungen im Text und auf einer Tafel. (155 S.) 1924. 11 Goldmark; gebunden 12 Goldmark

Hochfrequenzmeßtechnik. Ihre wissenschaftlichen und praktischen Grundlagen. Von Dr.-Ing. **August Hund**, beratender Ingenieur. Mit 150 Textabbildungen. (340 S.) 1922. Gebunden 11 Goldmark

Messungen an elektrischen Maschinen. Apparate, Instrumente, Methoden, Schaltungen. Von Dipl.-Ing. **Georg Jahn**, Oberingenieur. Fünfte, gänzlich umgearbeitete Auflage des von **R. Krause** begründeten gleichnamigen Buches. Mit 407 Textabbildungen. Erscheint im März 1925

Elektrotechnische Meßinstrumente. Ein Leitfaden von **Konrad Gruhn**, Oberingenieur und Gewerbestudienrat. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 321 Textabbildungen. (227 S.) 1923. Gebunden 7 Goldmark

Elektrotechnische Meßkunde. Von Dr.-Ing. **P. B. Arthur Linker**. Dritte, völlig umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 408 Textfiguren. 1920. Unveränderter Neudruck. (583 S.) 1923. Gebunden 11 Goldmark