

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw.

~~26~~

sehen

hnik

Von

Dr. Werner Bloch

II
Wellentelephonie

Mit 80 Abbildungen



946

3904568

Sammlung Götschen

Unser heutiges Wissen
in kurzen, klaren, allgemeinverständlichen
Einzeldarstellungen

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Götschen'sche Verlagsbuchhandlung / J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung / Georg Reimer / Karl J. Trübner / Veit & Comp.

Berlin W. 10 und Leipzig

Zweck und Ziel der „Sammlung Götschen“ ist, in Einzeldarstellungen eine klare, leichtverständliche und übersichtliche Einführung in sämtliche Gebiete der Wissenschaft und Technik zu geben; in engem Rahmen, auf streng wissenschaftlicher Grundlage und unter Berücksichtigung des neuesten Standes der Forschung bearbeitet, soll jedes Bändchen zuverlässige Belehrung bieten. Jedes einzelne Gebiet ist in sich geschlossen dargestellt, aber dennoch stehen alle Bändchen in innerem Zusammenhang miteinander, so daß das Ganze, wenn es vollendet vorliegt, eine einheitliche, systematische Darstellung unseres gesamten Wissens bilden dürfte.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

A u
ber f



100000295801

i f f e
postfrei

Elektrotechnische Bibliothek

aus der Sammlung Göschen

- Elektrotechnik. Einführung in die Starkstromtechnik**
von Prof. J. Herrmann.
- I. Die physikalischen Grundlagen. Mit 87 Fig. u. 16 Taf. Nr. 196
 - II. Die Gleichstromtechnik. Mit 121 Figuren u. 16 Tafeln. Nr. 197
 - III. Die Wechselstromtechnik. Mit 153 Figuren u. 16 Tafeln. Nr. 198
 - IV. Die Erzeugung u. Verteilung der elektrischen Energie.
Mit 100 Figuren und 16 Tafeln Nr. 657
- Luftelektrizität** von Dr. Karl Köhler. Mit 19 Abbild. Nr. 649
- Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht** von Prof.
Dr. A. Nippoldt. Mit 18 Figuren und 7 Tafeln Nr. 175
- Radioaktivität** von Prof. Dr. P. Ludewig. Mit 37 Figuren. Nr. 317
- Physikalische Tabellen** von Dr. A. Leick Nr. 650
- Technische Tabellen u. Formeln** v. Dr.-Ing. W. Müller.
Mit 106 Figuren Nr. 579
- Technisches Wörterbuch**, enthält d. wichtigst. Ausdrücke
des Maschinenbaues u. Schiffbaues von Ing. Erich Krebs.
Deutsch-Französisch, Französisch-Deutsch Nr. 453, 454
Deutsch-Englisch, Englisch-Deutsch Nr. 395, 396
- Englisch für Techniker**. Ein Lese- und Übungsbuch
für Ingenieure von Albany Featherstonhaugh und Ing.
Carl Volk. 2 Teile. Mit 44 Figuren Nr. 705, 706
- Schaltanlagen in elektrischen Betrieben** von Prof.
Dr. F. Niethammer.
- I. Allgemeines. Schaltpläne. Einfache Schalttafeln.
Mit 46 Figuren Nr. 796
 - II. Schaltanlagen für hohe Spannungen. Schaltkästen.
Schutzvorrichtungen. Mit 53 Figuren Nr. 797
- Einführung in die Hochspannungstechnik** v. Dr.-Ing.
K. Fischer. 2 Bände. Mit 131 Figuren Nr. 609, 940
- Ströme und Spannungen in Starkstromnetzen** von
Diplom-Elektro-Ing. Josef Herzog und Prof. Feldmann.
Mit 68 Abbild. Nr. 456
- Die zweckmäßigste Betriebskraft** von Ober-Ing.
Friedrich Barth.
- I. Einleitung. Dampfkraftanlagen. Verschiedene Kraft-
maschinen. Mit 19 Figuren Nr. 224
 - II. Gas-, Wasser- und Wind-Kraftanlagen. Mit 24 Figuren. Nr. 225
 - III. Elektromotoren. Betriebskostentabellen. Graph.
Darstellungen. Wahl der Betriebskraft. Mit 13 Figuren. Nr. 474
- Elektromotorische Betriebe** (Grundlagen für die Bere-
chnung) Prof. Dr.-Ing. A. Schwaiger. Mit 25. Abbild. Nr. 827
- Straßenbahnen** von Dipl.-Ing. A. Boshart. Mit 72 Figuren. Nr. 559
- Die Elektrizität im Dienste der Kraftfahrzeuge**
von Geh. Reg.-Rat Dr.-Ing. Rich. Albrecht. Mit 46 Figuren. Nr. 815

- Die Elektromotoren, ihre Arbeitsweise u. Verwendungsmöglichkeit** von Prof. Dr. F. Niethammer.
- I. Gleichstrommotoren, Mehrphas. Synchron- u. Asynchronmotoren. Mit 55 Figuren Nr. 798
- II. Kommutatormotoren. Mech. Aufbau. Wirtschaftlichkeit u. a. Mit 48 Figuren Nr. 799
- Gleichrichter** von Dipl.-Ing. Josef Just. Mit 90 Fig. Nr. 945
- Die Gleichstrommaschine** von Prof. Dipl.-Ing. Fr. Sallinger. 2 Bände. Mit 29 Figuren u. 6 Tafeln Nr. 257, 881
- Aufgabensammlung über die Gleichstrommaschine** mit Lösungen von Prof. Dipl.-Ing. Fr. Sallinger. Mit 38 Fig. Nr. 912
- Wechselstromerzeuger** von Prof. Dipl.-Ing. Fr. Sallinger. Mit 77 Figuren Nr. 547
- Elektrische Förderanlagen** von Dr.-Ing. A. Schwaiger. Mit 30 Figuren Nr. 678
- Elektrische Öfen** v. Prof. Dr. Osw. Meyer. Mit 83 Figuren. Nr. 704
- Die elektrische Telegraphie** mit Drahtleitung von Prof. J. Herrmann. I. Mit 124 Figuren Nr. 172
- Das Fernsprechwesen** von Dipl.-Ing. W. Winkelmann. 2 Bände. Mit 124 Figuren Nr. 155, 773
- Bildtelegraphie** von Prof. Dr. A. Korn. Mit 41 Fig. und 8 Taf. Nr. 873
- Radiotechnik I.** Allgem. Einführung von Prof. J. Herrmann. Mit 72 Figuren und 16 Tafeln Nr. 888
- II. Wellentelephonie von Dr. Werner Bloch. Mit 80 Abb. Nr. 946
- III. Die Empfänger von Dipl.-Ing. Hermann Saacke. Mit 78 Abb. Nr. 951
- Die Kraftstellwerke der Eisenbahnen** von Oberbaurat a. D. S. Scheibner. 2 Bände. Mit 74 Abb. u. 1 Tafel. Nr. 689, 690
- Das elektrische Fernmeldewesen bei den Eisenbahnen** von Geh. Baurat K. Fink. Mit 54 Figuren Nr. 707
- Die elektrischen Meßinstrumente.** Die Wirkungsweise der gebräuchlichsten Meßinstrumente der Elektrotechnik von Prof. J. Herrmann. Mit 143 Figuren Nr. 477
- Die elektrische Meßtechnik I** von Prof. J. Herrmann. Mit 85 Figuren Nr. 885
- Physikalische Messungsmethoden** von Professor Dr. Wilh. Bahrdt. Mit 54 Figuren Nr. 301
- Elektrizität und Magnetismus** von Prof. Dr. G. Jäger. Mit 33 Figuren Nr. 78
- Elektromagnetische Lichttheorie und Elektronik** von Prof. Dr. G. Jäger. Mit 17 Figuren Nr. 374
- Elektrische Schwingungen** von Professor Dr. Herm. Rohmann. 2 Bände. Mit 114 Figuren Nr. 751, 752
- Die Akkumulatoren für Elektrizität** v. Geh. Reg.-Rat Dr.-Ing. Rich. Albrecht. Mit 56 Figuren Nr. 620
- Tragbare Akkumulatoren** von Geh. Reg.-Rat Dr.-Ing. Rich. Albrecht. Mit 61 Figuren Nr. 919

Weitere Bände sind in Vorbereitung

Sammlung Göschen

Radiotechnik

II

Wellentelephonie

Von

Dr. Werner Bloch

in Berlin

Mit 80 Abbildungen

M. 61/1.



Berlin und Leipzig
Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung · J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp.

1926

Bm/AO

I - 301 379

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,
von der Verlagshandlung vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

~~I 96~~
- 110 . M

PPK-10-562/2016

Druck von C. G. Röder G. m. b. H., Leipzig. 863926.

Akc. Nr. _____

~~348~~ 50

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Die physikalisch-technischen Probleme der Wellentelephonie	5
II. Die freie Wellentelephonie, insbesondere der Rundfunk	18
1. Die Sendeeinrichtungen	18
2. Die Besprechungseinrichtungen	34
3. Die Ausbreitungsbedingungen und die Störungen .	44
4. Drahtlose Verständigungstelephonie	48
5. Die Empfangsschaltungen	54
a) Die Antennen	54
b) Die Detektoren	58
c) Einige wichtige Grundsaltungen	65
d) Die Telephone	69
e) Die Lautsprecher	70
6. Die Organisation des Rundfunks	76
III. Die leitungsgerechtere Hochfrequenztelephonie . .	83
1. Die Mehrfachtelephonie	85
2. Die Elektrizitätswerkstelephonie	98
3. Die Zugtelephonie	113
Register	123

Bemerkungen zur Literatur und zum Bildmaterial.

Die Darstellungen des Verfassers stützen sich im wesentlichen auf Nachrichten, Veröffentlichungen und Hauszeitschriften der großen Firmen. Insbesondere verdankt er der Firma Telefunken sehr viel Material. Daneben wurden viele Zeitschriften- und sogar Zeitungsnachrichten verwertet. Nur für das Gebiet der Eisenbahntelephonie hat er sich an das Buch

Franz Pahl: **Die Eisenbahntelephonie.** Radio-Reihe, Band 5, Berlin 1925

halten können, dem auch alle auf dieses Gebiet bezüglichen Abbildungen entnommen sind, und für das Kapitel „Organisation des Rundfunks“ an das Buch

Der Deutsche Funkverkehr 1926. Herausgegeben im Auftrage des Reichspostministeriums, Berlin 1926.

Die übrigen Abbildungen sind teils eigene Zeichnungen, teils Zeichnungen im Anschluß an solche der Zeitschriften, die benutzt wurden, und schließlich haben die verschiedenen Firmen Bildmaterial zur Verfügung gestellt.



I. Die physikalisch-technischen Probleme der Wellentelephonie.

Der Verkehr mit Hilfe der elektrischen Wellen zerfällt in zwei große Teilgebiete: die Telegraphie und die Telephonie. Die Telegraphie ist die ältere von beiden. Sie stellt die weit- aus einfachere Aufgabe. Für die Telegraphie genügt es, wenn es gelingt, elektrische Wellen von einem Punkte des Raumes auszusenden und sie an einer anderen entfernten Stelle auf- zunehmen. Es kommt grundsätzlich gar nicht darauf an, in welcher Weise sich die Wellen an der Empfangsstation be- merkbar machen. Man braucht nur zwischen den Zeiten unterscheiden zu können, in denen elektrische Wellen aus- gesandt werden und den Pausen dazwischen. Ist diese Be- dingung erfüllt, so lassen sich die telegraphischen Zeichen übermitteln. Diese Zeichen werden sehr oft akustisch auf- genommen. Aber dieser Umstand hat noch gar nichts mit der Telephonie auf elektrischen Wellen zu tun.

Die drahtlose Telephonie konnte sich erst entwickeln, als die Telegraphie bereits eine Stufe beträchtlicher Vollkom- menheit erreicht hatte. Bei der Telegraphie handelt es sich um die Aufgabe, die Ankunft der elektrischen Wellen wahr- nehmbar zu machen, bei der Telephonie handelt es sich darum, die Wellen als Träger des Schalles zu benutzen. Das erste Erfordernis, das ein solcher Träger erfüllen muß, be- steht darin, daß er selbst einen gleichmäßigen Untergrund ohne selbständigen Charakter abgibt, dem sich der Schall aufprägen läßt. Und diese Bedingung erfüllen die elektri-

schen Wellen erst seit der Zeit, wo es gelang ungedämpfte Wellen auszusenden. Unsere Abb. 1 zeigt den wesentlichen Unterschied zwischen den gedämpften und ungedämpften Wellen. Die erste Wellenart hat einen eigenen Charakter, der sich auch akustisch geltend machen kann. Folgen sich die einzelnen Wellenzüge z. B. so rasch, daß 430 Wellenzüge in der Sekunde ankommen, so kann man in einem Empfänger, der mit Detektor und Telephon ausgerüstet ist, den Ton wahrnehmen. Die zweite Wellenform dagegen wirkt auch nach Gleichrichtung durch einen Detektor nicht auf das Telephon. Der Grund dafür liegt in der Trägheit der Telephonmembran, die so rasch wechselnden Impulsen nicht zu

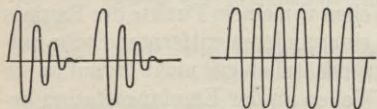


Abb 1. Gedämpfte und ungedämpfte Wellen.

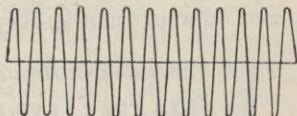
folgen vermag. Im Telephon fügen sich vielmehr die zeitlich schwankenden Anstöße zu einer gleichmäßigen Wirkung zusammen, die

Membran des Telephons wird angezogen und in einer bestimmten Stellung festgehalten, solange der Einfluß der elektrischen Wellen dauert. Aber selbst, wenn das Telephon imstande wäre, den elektrischen Schwingungen so rasch zu folgen, wie sie wechseln, würde kein Ton dadurch entstehen, weil die höchsten Schwingungszahlen, auf die unser Ohr reagiert in der Nähe von 40 000 liegen, während etwa die 500-m-Rundfunkwelle eine Schwingungszahl von 600 000 Hertz (d. h. Schwingungen in der Sekunde) hat.

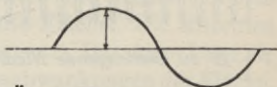
Diese Welle soll also den indifferenten Untergrund bilden, dem die akustisch wirksamen Schwingungen aufgeprägt werden. Theoretisch ist das auf verschiedene Weisen möglich. Man könnte daran denken, entweder die Wellenlänge im Rhythmus der akustischen Wellen zu ändern oder die

Wellenhöhe, die Amplitude. Praktisch ist nur der letzte Weg verfolgt worden. Man bezeichnet diese Beeinflussung der Amplitude als Modulation und sagt also, daß die hochfrequente Schwingung durch eine niederfrequente Schwingung moduliert wird. Eine Modulation ist wohl zu unterscheiden von einer Überlagerung. Abb. 2 soll diese Beziehungen veranschaulichen. A ist die hochfrequente Trägerwelle, B ist die niederfrequente akustische Steuerwelle. In C sehen wir das Ergebnis einer Überlagerung, in D dagegen sehen wir eine Modulation. Bei der Modulation sind der obere und untere Teil der Figur symmetrisch. Deutlicher wird der Vorgang der Modulation noch, wenn wir Figur 3 betrachten, wo ein ganzer Wellenzug von unregelmäßiger Form auf die Trägerwelle übernommen wird. Besonders zu beachten ist hier die letzte Zeile, die veranschaulicht, auf welche Weise die Niederfrequenz der Hochfrequenz wieder abgenommen wird. Durch einen Gleichrichter (Detektor oder Röhre) wird die untere

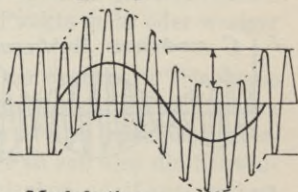
A. Trägerwelle



B. Steuerwelle



C. Überlagerung



D. Modulation

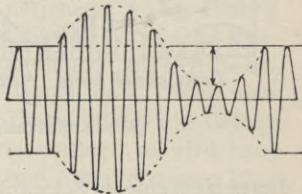


Abb. 2. Überlagerung und Modulation.

Hälfte der Schwingungen abgeschnitten und die obere dem Telephon zugeführt. Das Telephon kann den hochfrequenten Schwingungen nicht folgen, sondern addiert sie sozusagen und stellt sich auf den Mittelwert ein. Dieser Mittelwert schwankt nun im Rhythmus der Niederfrequenz und

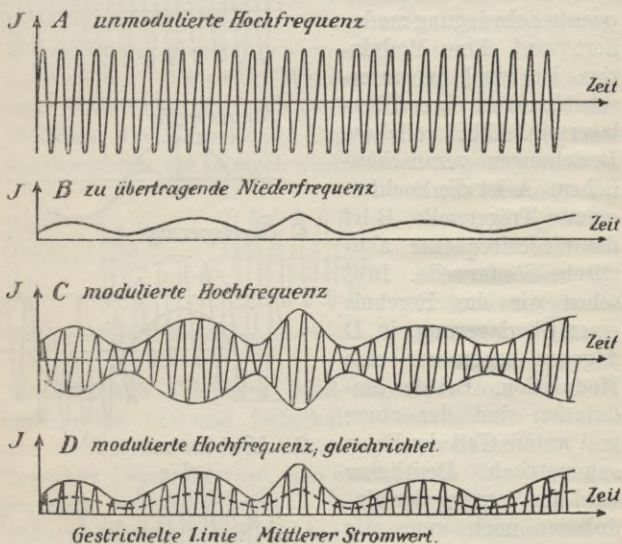


Abb. 3. Modulation und Demodulation.

diesen langsameren Schwankungen kann die Telephonmembran folgen. Auf diese Weise kommt wieder der Ton zustande, der zur Modulation der Trägerwelle gedient hat. Ich will nicht unterlassen hinzuzufügen, daß die Verhältnisse zwischen Hochfrequenz und Niederfrequenz in diesen Zeichnungen natürlich absichtlich völlig falsch sind. Die

Hochfrequenz hat ungefähr 1000 Schwingungen auf eine Schwingung der Niederfrequenz, während wir uns in der Zeichnung mit etwa 10 begnügen müssen.

Man kann die modulierte Welle vielleicht mit einem Rasterbilde vergleichen. Ein solches Bild besteht nicht aus getönten Flächen, sondern setzt sich aus lauter einzelnen Punkten zusammen, die man mit der Lupe sehr gut wahrnehmen kann. Aber für den Anblick mit dem bloßen Auge schließen sich die Punkte zu Flächen zusammen. Das Auge bildet den Mittelwert aus den hellen und dunklen Stellen und sieht eine gleichmäßig getönte Fläche. Die einzelnen Punkte entsprechen der Hochfrequenz. Das Auge kann sie nicht aufnehmen. Die Helligkeitsschwankungen der Fläche, die das Auge wahrnimmt, entsprechen der Niederfrequenz. Sie entstehen dadurch, daß die Punkte mehr oder weniger dicht stehen.

Die eigentliche Schwierigkeit der drahtlosen Telephonie besteht nun darin, die Kurvenform durch all die zahlreichen Umformungen hindurch, die die Wellen erleiden, unverändert zu erhalten. Im idealen Fall soll also die Schwingungskurve des Schalls, den die Telephon- oder Lautsprechermembran erzeugt, geometrisch derjenigen völlig ähnlich sein, die ursprünglich auf das Mikrophon gewirkt hat. Abb. 4 zeigt die zahlreichen Umwandlungen, die sich die ursprüngliche Wellenform gefallen lassen muß. Wenn man bedenkt, daß bei jeder solchen Umwandlung die Gefahr einer Verzerrung der Kurvenform vorliegt, so wird man vielleicht einigermaßen die Mühe und Arbeit ermessen können, die es gemacht hat, die Telephonie auf Wellen bis zu ihrem jetzigen Stande zu entwickeln. Gehen wir die Reihe der Elemente durch. Die Schallschwingungen müssen in elektrische Schwingungen umgeformt werden. Das besorgt das Mikrophon. Diese elektrischen Schwingungen müssen verstärkt werden. Das geschieht mit Hilfe von Röhren

Diese verstärkten Schwingungen müssen der Trägerwelle aufgeprägt werden. Das kann auf verschiedene Weisen erreicht werden. Bei den deutschen Sendern dient meistens eine Steuerröhre dazu. Die Wellen pflanzen sich durch den Raum fort und treffen auf die Antenne der Aufnahme-station. Kommen sie von weit her, so müssen sie zunächst verstärkt werden, ehe sie gleichgerichtet werden können. Man nennt diese Verstärkung der Trägerwellen Hoch-

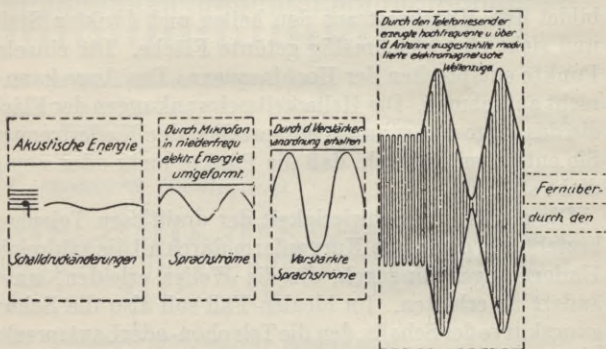


Abb. 4. Schematische Darstellung der Energieumwandlungen bei Telephonieübertragungen (siehe auch die gegenüberstehende rechte Hälfte).

frequenzverstärkung. Dann kommt die Gleichrichtung und die Verstärkung der Niederfrequenz, und ganz zum Schluß kommt dann die Umwandlung dieser elektrischen niederfrequenten Schwingungen in akustische Schwingungen durch das Telephon. Wir werden uns mit den technischen Formen der Glieder dieses Umwandlungsprozesses weiterhin einzeln zu beschäftigen haben. Wir kehren zunächst zu den prinzipiellen Fragen zurück.

Wir haben gesehen, daß die Modulation einer Welle darin besteht, daß ihre Amplitude verändert wird. Moduliert man

eine hochfrequente Welle etwa mit dem Tone a, so wird die Amplitude der Grundschiwingung 435 mal in der Sekunde einen Höchstwert zwischen zwei Mindestwerten erreichen. Derselbe Erfolg würde sich nun auch durch eine Überlagerung gewinnen lassen. Man dürfte dann allerdings nicht eine Schwingung von 435 Hertz überlagern, sondern man müßte eine Schwingung hinzufügen, die 435 Hertz mehr oder weniger hat als die Grundschiwingung. Wir haben es hier mit der Erscheinung der Schwebungen zu tun, die im akustischen Gebiet wohl bekannt ist. Bringt man etwa zwei Saiten gleichzeitig zum Tönen, die auf nahe benachbarte

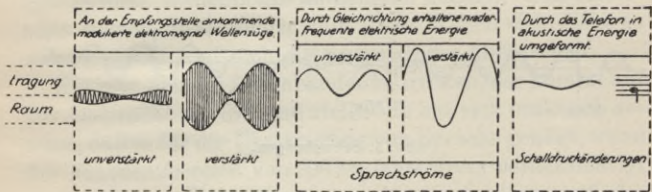


Abb. 4. Schematische Darstellung der Energieumwandlungen bei Telephonieübertragungen (siehe auch die gegenüberstehende linke Hälfte).

Töne abgestimmt sind, so hört man ein Zittern des Tones, dessen Entstehung Abb. 5 erklärt. Hier sind zwei Wellen von nur wenig verschiedener Schwingungszahl überlagert. Die ursprünglichen Wellen sind schwach gezeichnet, die resultierende Welle ist stark gezeichnet. Anfänglich liegen die Berge beider Wellen dicht beieinander. Es entsteht eine resultierende Welle von hoher Amplitude. Allmählich entfernen sich die Berge immer mehr voneinander und schließlich fällt ein Berg der einen mit einem Tal der anderen zusammen. Die Amplitude nimmt dadurch immer mehr ab und dann wächst sie wieder. So wechseln Minima und Maxima der Amplitude miteinander. Unterscheiden sich

die Grundschwingungen um zwei Hertz, so hat die Schwebung 2 Maxima in der Sekunde oder allgemein: die Zahl der Schwebungen in der Sekunde ist gleich dem Unterschied der beiden Grundschwingungszahlen. Wird der Unterschied der Schwingungszahlen so groß, daß die Zahl der Schwebungen in den Bereich kommt, in dem Schwingungen sich akustisch geltend machen, so hört man Differenztöne. Und genau um diese Erscheinung handelt es sich, wenn man zwei elektrische Wellen einander überlagert, deren Schwingungszahlen sich soweit unterscheiden, daß ihre Schwebung als Differenzton hörbar ist. Man macht davon in der Telegraphie bei dem sogenannten Überlagerungsempfang Ge-

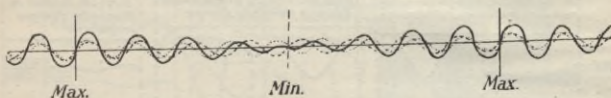


Abb. 5. Schwebungen.

brauch. Die unmodulierte ungedämpfte hochfrequente Welle kann man nicht hören. Fügt man aber im Empfänger eine zweite Welle hinzu, die mit der ankommenden eine hörbare Schwebung erzeugt, so kann man die Telegraphie abhören und zwar auf einem beliebig wählbaren Tone. Diese Betrachtung läßt sich nun umkehren. Hört man auf einer hochfrequenten ungedämpften Welle einen Ton, so kann man diesen Ton stets als die Folge einer Überlagerung auffassen. Ein Sender, der eine Grundwelle von 600 000 Hertz aussendet, die durch den Ton *a* moduliert ist, sendet drei Wellen, nämlich die Wellen von 599 565, 600 000 und 600 435 Hertz.

Wenn nun eine Sendewelle nicht dauernd durch denselben Ton moduliert wird, sondern wenn sie in kurzer Zeit wechselnd die verschiedensten Töne trägt, so werden die beglei-

tenden Seitenwellen mehr oder weniger weit von der Grundwelle abstehen, die Hauptwelle wird von zwei Bändern von Seitenwellen begleitet sein, deren Breite durch die höchsten vorkommenden Schwingungszahlen bestimmt wird. Man spricht hier mit Recht von einem Wellenspektrum.

Auf das Vorhandensein dieses Spektrums müssen sowohl die Rundfunkgeräte Rücksicht nehmen, als bei der Wellenverteilung daran gedacht werden muß. Würde man einen Empfänger so scharf abstimmen, daß er wirklich nur die eine Welle, die Sendewelle durchließe, so würde die Modulation nicht mit durch das Sieb schlüpfen und man hätte zwar die Welle, aber keinen Ton auf ihr. Der Empfänger muß also eine gewisse Wellenbreite aufnehmen können. Und anderseits dürfen zwei Sender mit ihren Wellen sich nicht so nahe kommen, daß sich die Seitenbänder überdecken.

Wie weit sich die Seitenbänder erstrecken, das kommt auf die Ansprüche an, die man stellt. Es hat sich praktisch gezeigt, daß es für die Übertragung von Sprache genügt, wenn der Frequenzbereich von 200 bis 5000 Hertz berücksichtigt wird, für die Übertragung von Musik dagegen muß der Bereich bis 10 000 Hertz gefordert werden, wenn alle Feinheiten vernehmbar werden sollen; denn gerade durch die hohen Obertöne unterscheiden sich die Klangfarben der Instrumente. Da im Rundfunk nun sehr viel Musik gesandt wird, so muß die volle Bandbreite berücksichtigt werden. Man kann sich nun leicht ausrechnen, daß bei gleichbleibender absoluter Bandbreite, die relative Bandbreite (relativ zur Schwingungszahl der Grundwelle) immer kleiner wird, daß also die Sendewellen um so dichter beieinanderliegen können, ohne sich zu stören, je höher die Schwingungszahl oder je kleiner die Wellenlänge ist. Bei der 500-m-Welle etwa von 600 000 Hertz erstreckt sich das Band von 590 000 bis 610 000 oder etwa von 492 bis 508 m. Nehmen wir aber eine 200-m-Welle von 1 500 000 Hertz mit

einem Bande von 1 490 000 bis 1 510 000, so erstreckt es sich nur von 198,7 m bis 201,3 m. In diesem Bereich können also die Sendewellen viel enger untergebracht werden.

Schon die gewöhnliche Telephonie auf Drahtleitungen hat es natürlich mit der Aufgabe zu tun, Schallschwingungen zu übertragen und hat dem Rundfunk wichtige Vorarbeit geleistet. Aber schließlich ist ihre Aufgabe erledigt, wenn eine einwandfreie Verständigung hergestellt ist. Irgendwelche künstlerische Ansprüche werden an die Übertragung der Stimme nicht gestellt. Es schadet auch nichts, wenn die Stimme in ihrem Klang verändert wird, es tut der Verständigung keinen Abbruch, wenn manche Laute stets ausfallen. So konnten verhältnismäßig einfache Vorkehrungen dazu dienen, die akustischen Schwingungen in elektrische umzuwandeln. Wenn die Grundform der Schallwelle erhalten blieb, so kam es auf Verzerrungen in den Einzelheiten keineswegs an. Das mußte sich vollkommen ändern, als der Rundfunk die Übertragung von Kunstwerken begann. Nun genügt es nicht mehr, daß ein in das Mikrophon gesprochenes A vom Telephon als A wiedergegeben wird. Jetzt kommt es darauf an, auch die Klangfarbe des Sprechers mitzugeben. Es genügt nicht, daß die Höhe eines Tones richtig übertragen wird, sondern es soll auch erkennbar sein, ob es sich um einen Geigenton oder um einen Flötenton handelt. Es ergibt sich somit das Problem der Verzerrungsfreiheit, und dieses Problem zerfällt in ebensoviel Einzelaufgaben, als Stationen auf dem Wege der Schwingungen liegen. Es fängt also beim Mikrophon an. Es gibt jetzt eine ganze Reihe von Mikrophonen, die Ursachen der Verzerrung aber sind im Grunde stets dieselben. Einerseits bewirkt die Trägheit der durch die Schallwellen beeinflussten Teile, daß sie den feineren und schnelleren Wellenformen nicht zu folgen vermögen, andererseits können die schwingenden Teile einzelne Wellenbereiche bevorzugen, nämlich die-

jungen ihrer Eigenschwingungen. Sie sprechen auf diese leichter und kräftiger an, als auf die übrigen, ändern also die Stärkeverhältnisse der einzelnen Komponenten eines Klanges und geben dem Klang somit eine andere Farbe. Daher legen alle Neukonstruktionen von Mikrofonen Wert darauf, daß einerseits die schwingenden Teile so geringe Masse haben, daß ihre Trägheit leicht überwunden wird, und daß andererseits die Eigenschwingungen dieser Teile entweder ganz unterhalb oder ganz oberhalb des Schwingungsbereiches liegen,

der für Sprache oder Musik in Frage kommt. Mit den Einzelheiten dieser Lösungen werden wir uns an späterer Stelle beschäftigen.

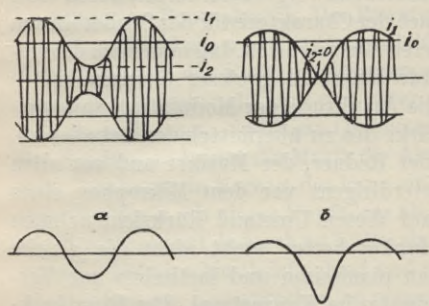


Abb. 6. Symmetrische und unsymmetrische Modulation.

Auch die verschiedenen Röhren und Transformatoren können durch Eigenschwingungsgebiete die Wellenform verändern. Schließlich aber kommt auf der Senderseite noch die Möglichkeit der Übersteuerung hinzu. Die Übersteuerung ist eine Veränderung der Wellenform bei der Modulation selbst. Es kann vorkommen, daß die Amplitudenveränderungen der Trägerwelle den modulierenden Einwirkungen nicht proportional sind, daß etwa die Verringerungen der Amplitude stärker sind, als die Vergrößerungen. Das tritt z. B. bei einem Röhrensender immer dann ein, wenn die Modulation nach oben oder nach unten den geradlinigen Teil der Röhrencharakteristik (s. Bd. I S. 79, Abb. 53) überschreitet. Abb. 6 zeigt nebeneinander eine symme-

trisch modulierte Trägerwelle und eine deren Amplitudenvergrößerung zurückbleibt gegen ihre Amplitudenverringernng. i_0 zeigt die Höhe der unmodulierten Schwingung an, i_1 die erhöhte Amplitude, i_2 die erniedrigte. Darunter stehen noch einmal die Wellenformen, die sich aus diesen Modulationen ergeben. Bei a haben wir es mit einer symmetrischen Modulation zu tun, bei b haben wir es mit einer Übersteuerung zu tun. Es zeigt sich also, daß man die Amplitude der Trägerwelle nur so hoch wählen darf, daß sie bei der Modulation noch hinreichend vergrößert werden kann, ohne das geradlinige Gebiet der Charakteristik der Senderöhre zu verlassen. Und andererseits zeigt sich, daß man auch die modulierende Amplitude innerhalb gewisser Grenzen halten muß. Nun hängt die Amplitude der Modulation unmittelbar von der Lautstärke des zu übermittelnden Schalles ab, und so folgt, daß der Redner, der Musiker und vor allen Dingen der Orchesterdirigent vor dem Mikrophon eines Rundfunksenders auf diesen Umstand Rücksicht nehmen muß. Dem Rundfunkorchester steht nicht die gleiche Spannweite zwischen pianissimo und fortissimo zur Verfügung wie dem Orchester im Konzertsaal. Der Rundfunkmusiker muß sich die Korrektur des Technikers gefallen lassen oder technische Selbstkontrolle üben. Diesen zweiten Weg wird der Künstler überall dort vorziehen, wo er unmittelbar für die Zwecke des Rundfunks arbeitet. Im Aufnahme- raum der Sendestation ist ein Meßinstrument angebracht, das deutlich anzeigt, wie stark der Sender angesteuert ist; und durch einen roten Strich auf der Skala zeigt es die Grenze an, die nicht überschritten werden darf, wenn die Gefahr der Übersteuerung vermieden werden soll. Wenn aber Musik übertragen werden soll, die nicht ausschließlich für den Rundfunk bestimmt ist, wenn also etwa eine Oper, die im Theaterraum gespielt wird, gleichzeitig durch den Rundfunk weitergegeben werden soll, so muß die Übertragung

ständig überwacht werden. Es müssen die leisen Stellen vielleicht ein wenig verstärkt und die lauten etwas abgemildert werden.

Wir sind damit freilich bereits an eine bewußte und notwendige Abweichung der Rundfunktechnik vom Ideal der verzerrungsfreien Wiedergabe gelangt. Wir nehmen eine geringe Formveränderung der Welle in Kauf, um eine andere viel störendere zu vermeiden. Es gibt aber Fälle, in denen eine bestimmte Klangveränderung sogar künstlerische Forderung ist. Jede Musik verlangt zu ihrer Auswirkung eine Raumaustik. Der Raum gibt den Tönen einen gewissen Nachhall, und das Gesamtbild des Klanges hängt wesentlich von der Form des Raumes ab, in dem musiziert wird. Wir sprechen da kurz von guter und schlechter Akustik eines Raumes. Spielt ein Orchester im Aufnahmezimmer des Senders, so bringt die Musik die Akustik dieses Raumes mit. Das kann ein Vorzug, das kann ein Nachteil sein. Hört man die Musik mit einem Kopfhörer ab, so ist es ein Vorteil; die Musik gewinnt dadurch an Fülle, eine künstlich von aller Akustik befreite Musik ist scharf und dünn. Arbeitet man aber mit einem Lautsprecher, so erzeugt er in dem Raum, in dem er sich befindet, eine eigene Akustik. Dadurch erhält die übertragene Musik sozusagen eine doppelte Akustik: einmal die des Aufnahmezimmers, und außerdem die des Raumes, in dem der Lautsprecher steht. Diese beiden können sich nun gegenseitig erheblich stören und eine Wirkung ergeben, die man als dem Raum unangemessen empfindet. Der ideale Lautsprecher müßte also Musik nicht möglichst getreu wiedergeben, sondern frei von der Akustik des Aufnahmezimmers, so daß sich nur die Akustik des Raumes entwickelt, in dem die Zuhörer sitzen. Es dürfte aber ziemlich schwer sein, diese Forderung technisch zu verwirklichen.

Diese Überlegungen zeigen uns, daß man bei der Ein-

richtung eines Aufnahmeraumes für Rundfunkübertragung einen Kompromiß schließen muß. Für die Leute mit Kopfhörer soll er Akustik haben, für die mit Lautsprecher soll er keine haben. Es muß aber mit beiden Arten der Wiedergabe gerechnet werden, und so muß der Aufnahmeraum der Musik eine leichte akustische Raumwirkung mitgeben, die für den Kopfhörer erforderlich ist und für den Lautsprecher in Kauf genommen werden kann.

II. Die freie Wellentelephonie, insbesondere der Rundfunk.

1. Die Sendeeinrichtungen.

Zum wichtigsten Anwendungsgebiet der Wellentelephonie hat sich in ganz kurzer Zeit der Rundfunk entwickelt. Deswegen wollen wir seine Einrichtungen allen grundsätzlichen Erläuterungen zugrunde legen. Die Übertragung auf andere Verwendungen der Wellentelephonie ist dann leicht. Zuerst wollen wir die Einrichtung einer modernen Rundfunksendeanlage näher betrachten. Grundsätzlich kommen als Sender, sowohl Lichtbogen- als Maschinen- und Röhrensender in Betracht. Praktisch beherrscht gegenwärtig der Röhrensender das Feld und wir können uns auf diesen Typ hier um so eher beschränken, weil das Grundsätzliche der Einrichtung eines Lichtbogen- und Maschinensenders in der allgemeinen Einführung auseinandergesetzt ist. Für die kleineren Ausführungsformen bedient man sich des Prinzips der Selbststeuerung, für die größeren zieht man die Fremdsteuerung vor. Selbststeuerung bedeutet, daß die Senderöhre auch die Schwingungen selbst erzeugt, während bei der Fremd-

steuerung eine besondere Röhre die Schwingungen erzeugt, die dann auf die Senderöhre übertragen werden. Bei zweckmäßiger Einrichtung sind für einen solchen Sender fünf Räume erforderlich. Erstens ein Maschinenraum, in dem die Hochspannungsmaschinen untergebracht sind, deren Energie, von der Röhre umgeformt, ausgestrahlt wird und außerdem eine Maschine, die zum Laden der Akkumulatoren dient, die für die Beheizung der Röhren und für den Anodenstrom der verschiedenen Verstärkerröhren gebraucht werden. Zweitens der Senderraum, in dem der Sender selbst mit den erforderlichen Schaltungs- und Kontrollvorrichtungen aufgestellt wird. Drittens ein Raum für die Akkumulatorenbatterien. Viertens der Verstärkerraum und schließlich fünftens der Aufnahmeaum. Abb. 7 gibt einen Überblick über das Ganze dieser Einrichtung eines Rundfunksenders nach Telefunken.

Von besonderem Interesse ist natürlich die Senderschaltung selbst. Wir erkennen leicht die Hauptteile. Der Antennenkreis besteht aus der Antenne, den Verkürzungskondensatoren 24, dem Variometer 23, der Kopplungsspule, die man oberhalb von 22 sieht, und führt dann über das Amperemeter 12 zur Erde ab. Der Schalter 34 gestattet es, die Antenne zu erden. Die Senderöhre 15 wird über die Hochfrequenzdrosseln 14 und 19 von der 4000-Voltmaschine mit Gleichstrom versehen, den sie in hochfrequenten Wechselstrom umformt. Die Hochfrequenzdrosseln sorgen dafür, daß dieser Wechselstrom nicht zur Maschine zurückgelangt. Andererseits sorgt der Kondensator 9 dafür, daß die niederfrequenten Kollektorschwankungen des Gleichstromes nicht auf die Röhre wirken. Denn dieser Kondensator bietet ihnen einen Ausgleichsweg von geringerem Widerstand als der Weg über die Röhre ist. Der Schwingungskreis, der die Röhre zu ihren Schwingungen veranlaßt, besteht aus der Spule 22 und

den Kondensatoren 17. Gleichzeitig dient dieser Kreis dazu, die Schwingungen an die Antenne abzugeben. In diesem Kreis kann durch Benutzung der Stufenkondensatoren 17a und des Drehkondensators 17 die Wellenlänge eingestellt werden. Das Gitter der Senderöhre ist über den Kondensator 21 und ein Variometer inductiv-galvanisch mit dem Zwischenkreis gekoppelt. Der Kondensator dient einerseits dazu, zu verhindern, daß die auf

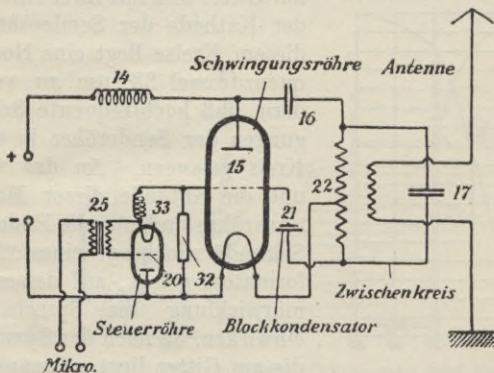


Abb. 8. Gittergleichstromschaltung in Selbsterregung.

dem Gitter angesammelten Elektronen im Gleichstrom über den Zwischenkreis nach der Kathode abfließen, andererseits läßt sich durch ihn die Spannung am Gitter so einstellen, daß Reißerscheinungen an den Röhren vermieden werden. 31 bildet eine Sperre für kurze Störwellen, die in der Senderöhre entstehen können. Diese Wellen müssen dann den Weg durch die darüber gezeichnete Glühlampe nehmen und werden hier aufgezehrt. Als dritter Kreis kommt nun der Kreis der Modulationsröhre hinzu. (In der Abb. 8 sind die drei wichtigen Kreise von allen neben-

sächlichen Einzelheiten befreit, in übersichtlicher Anordnung und mit denselben Ziffern bezeichnet, noch einmal gezeichnet.) Die Modulationsröhre liegt mit ihrem Anodenkreis zwischen Gitter und Kathode der Senderöhre. Die Röhre kann nur schwingen, wenn die auf dem Gitter sich ansammelnden Elektronen einen Abfluß zur Kathode haben. Dieser Abfluß führt durch die Modulationsröhre

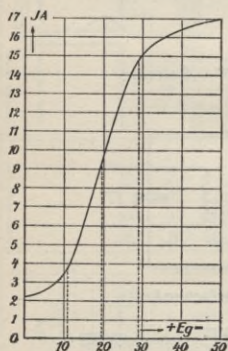


Abb. 9.
Telephoniecharakteristik.

am Gitter und mit ihrer Anode an der Kathode der Senderöhre. In diesem Kreise liegt eine Hochfrequenzdrossel 33, um zu verhindern, daß hochfrequente Schwingungen der Senderöhre in diesen Kreis gelangen. An das Gitter und die Kathode dieser Modulationsröhre sind nun die Enden der Sekundärwicklung eines Transformators gelegt, auf dessen Primärwicklung die Sprechströme einwirken. Je nach der Spannung, die am Gitter liegt, schwankt der innere Widerstand dieser Röhre und läßt also die Elektronen vom Gitter der Senderöhre rascher oder langsamer zur Kathode abfließen. Von der Menge der Elektronen auf dem Gitter der Senderöhre hängt aber wieder die Amplitude der hochfrequenten Schwingungen ab, so daß also durch Spannungsänderungen am Gitter des Modulationsrohres die Stromamplitude des hochfrequenten Wechselstromes in der Antenne gesteuert wird. Damit aber die Schwingungen des Modulationsrohres nicht ganz unterbrochen werden können, wenn etwa der innere Widerstand der Röhre zu groß ist, liegt ihr der Widerstand 32

parallel, über den dann die Elektronen vom Gitter zur Kathode der Modulationsröhre einen noch ausreichenden Abfluß haben. In der Abb. 9 sehen wir eine Darstellung der Antennenstromstärke als Funktion der Spannung am Gitter der Modulationsröhre, die sog. Telephoniecharakteristik. Man erhält sie, wenn man dem Gitter der Modulationsröhre Spannung durch eine besondere

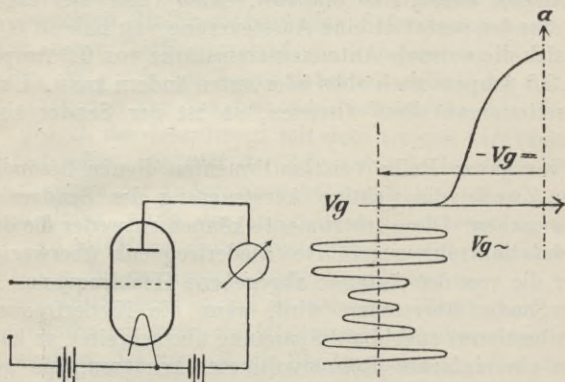


Abb. 10. Röhrevoltmeter und seine Wirkungsweise beim Messen der Spitzenspannung.

- V_g = Gitterspannung
- $-V_g$ = negative Gittervorspannung
- $V_g \sim$ = Modulationsspannung
- a = Stromstärke im Amperemeter

Gleichstromspannungsquelle zuführt, die man hinter die Sekundärwicklung des Transformators schaltet. Man sieht auf der Charakteristik, daß im Bereich von 11 bis 29 Volt Gitterspannung an der Modulationsröhre sich die Stromstärke im Antennenkreis proportional und zwar von 3,7 bis 14,7 Ampere ändert. Man stellt nun durch eine Vorspannung das Gitter der Röhre auf den Mittelpunkt dieser Strecke also auf 20 Volt ein, was einen Strom

von 9,2 Ampere in der Antenne erzeugt. Durch die von der Transformatorsekundärwicklung dazukommenden Spannungsschwankungen ändert sich die Spannung am Gitter, und diese Änderungen müssen sich im geradlinigen Bereich halten. Die maximale Amplitude der Spannungsschwankungen darf also 9 Volt betragen; daraus ergibt sich der Effektivwert der Wechselstromspannung, den das Voltmeter anzeigt, zu 6,9 Volt. Man würde hier sagen: der Sender gestattet eine Aussteuerung von nahezu 60%, da sich die normale Antennenstromstärke von 9,2 Ampere um 5,5 Ampere nach oben oder unten ändern kann. Überschreitet man diese Grenzen, so ist der Sender übersteuert.

Eine ganze Reihe von Instrumenten dienen besonders dem Zweck, die richtige Aussteuerung des Senders zu überwachen. Diese Instrumente können entweder die dem Modulationsrohr zugeführte Niederfrequenz überwachen oder die von der Antenne abgegebene Hochfrequenz. Da der Sender übersteuert wird, wenn die Niederfrequenz eine bestimmt angebbare Spannung überschreitet, so kann man ein einfaches Röhrenvoltmeter benutzen, das ausschlägt, sobald die Amplitude der Niederfrequenz den höchsten zulässigen Wert überschreitet. Abb. 10 zeigt die Wirkungsweise einer solchen Vorrichtung. Im Anodenkreise einer Röhre liegt ein Milliampereometer. Der Stromdurchgang durch die Röhre wird aber durch eine negative Gittervorspannung von hinreichender Größe gesperrt. Auf das Gitter läßt man nun die Spannungen der Sprechströme arbeiten, indem man den Gitterkreis dieser Röhre der Primärwicklung des Transformators parallel schaltet. Die Vorspannung des Gitters muß so hoch gewählt werden, daß ein Strom erst fließen kann, wenn die zulässige Höchstamplitude überschritten wird. Das Instrument wird dann mit einem Ruck ausschlagen.

Da es aber angenehm ist, die Aussteuerung des Senders auch prüfen zu können, ehe er das zulässige Maß überschreitet, so kann man ein zweites Röhrenvoltmeter von grundsätzlich gleicher Schaltung bauen, ihm aber eine geringere Vorspannung geben, so daß es schon ausschlägt, ehe der Sender übersteuert ist. Man kann jedoch die Weite der Ausschläge nicht in eine bestimmte Beziehung zu der Aussteuerung des Senders bringen. Der Zeiger wird von den positiven Halbperioden aller Schwingungen angestoßen, deren Größe ausreicht, die Vorspannung zu überwinden. Wie weit der Zeiger dabei ausschlägt, das hängt sehr stark von der Trägheit des Instrumentes ab. Man kann jedoch das Instrument mit dem vorigen vergleichen und feststellen, wie weit der Zeiger durchschnittlich ausschlägt, wenn der andere anruckt, und bekommt so einen Anhalt dafür, wann das Instrument Übersteuerung anzeigt und an Hand dieser Feststellung muß man nach Schätzung die geringeren Ausschläge bewerten.

Dieses Instrument ist um so mehr von Wichtigkeit, als es notwendig ist, auch ein Mindestmaß der Aussteuerung innezuhalten. Da nämlich die Sendeapparatur selbst stets gewisse Störgeräusche erzeugt, muß die Aussteuerung so hoch gehalten werden, daß diese Geräusche überdeckt werden. Zweckmäßigerweise wird dieses Instrument, das also einen Anhalt für die Mindestaussteuerung sowohl als für ihren Höchstwert angibt, im Senderaum untergebracht, damit die dort musizierenden Künstler sich mit der Lautstärke ihrer Darbietungen danach richten können und den Eingriff des Technikers überflüssig machen. Dieses Instrument kann auch bei den Proben benutzt werden, wenn der Sender abgestellt ist.

Man darf sich aber bei der vollen Aussteuerung des Senders nicht nur nach den Eigenschaften des Senders richten. Man muß auch auf die Empfänger Rücksicht

nehmen. Alle Detektoren, seien es nun Kristall- oder Röhrendetektoren, haben eine Kennlinie, die nicht in ihrem ganzen Verlauf geradlinig ist. Sollen auch im Empfänger keine Verzerrungen auftreten, so darf auch hier nicht der geradlinige Teil der Kennlinie überschritten werden. Aus diesem Grunde geht man bei der Aussteuerung nicht über 35% hinaus, wenn es sich um Musik

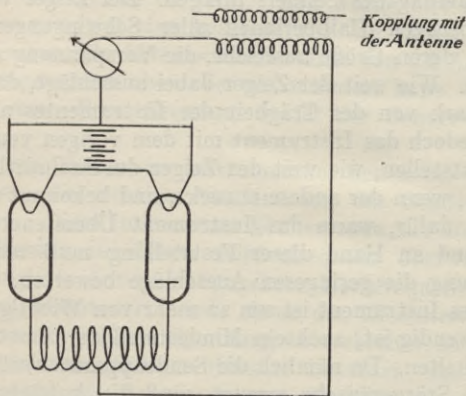


Abb. 11. Gleichrichterröhrenschtaltung und Kontrolle der Modulation des Antennenstromes.

handelt und nicht über 50%, wenn es sich um Sprache handelt. Freilich geht die verminderte Aussteuerung auf Kosten der Lautstärke. Aber eine zu geringe Lautstärke läßt sich durch Verstärkungsmittel überwinden. Gegen Verzerrungen dagegen gibt es keine Abhilfe.

Diese beiden Kontrollinstrumente reichen aus, solange der Sender, abgesehen von der Modulation, ganz vorschriftsmäßig arbeitet. Ändert sich aber etwa die Heizspannung an einem Rohre oder aus einem unvorhergesehenen Um-

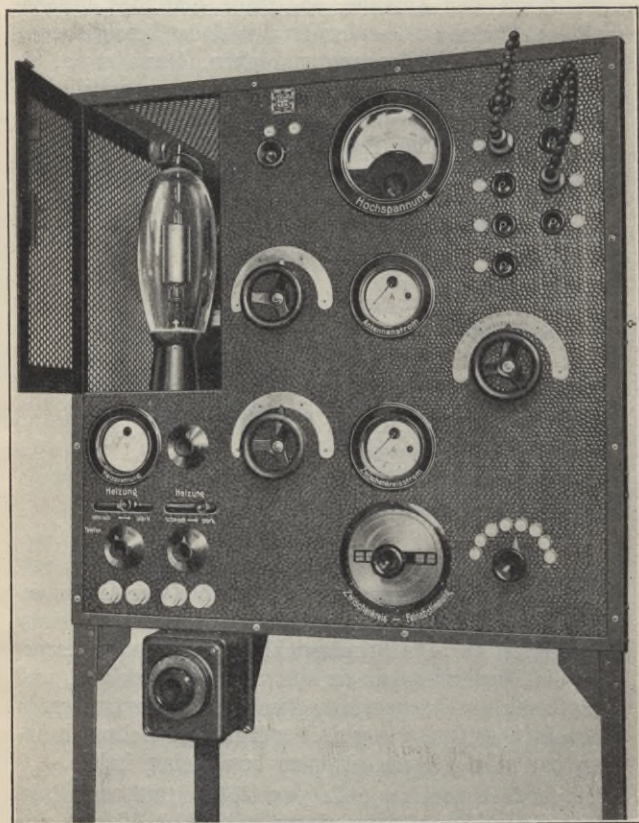


Abb. 12. Rundfunksender von Telefunken.

stande der Rückkoppelungsgrad oder die elektrischen Verhältnisse der Antenne, so würde man das unsachgemäße Arbeiten des Senders an den bisher beschriebenen Instrumenten nicht beobachten können. Dazu ist ein Instrument erforderlich, das hinter der Antenne angebracht ist. Man koppelt zu dem Zweck eine Spule mit der Antenne, und führt ihre beiden Enden den Anoden zweier Gleichrichterröhren zu (Abb. 11). Die Kathoden führt man über ein Amperemeter zur Primärwicklung eines Transformators und schließt den Kreis zur Spule zurück. In diesem

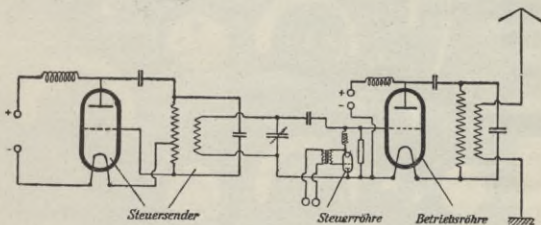


Abb. 13. Gittergleichstromschaltung in Fremderregung.

Kreise fließt jetzt ein Gleichstrom, dessen Stärke entsprechend der niederfrequenten Modulation der Antennenschwingungen wechselt. Das Amperemeter zeigt seinen Effektivwert an. Die Primärwicklung des Transformators gibt die Niederfrequenz an die Sekundärwicklung, und dann kann sie wieder mit gleichartigen Instrumenten beobachtet werden, wie wir sie soeben zum Gebrauch unmittelbar an den Sprechströmen beschrieben haben.

Die ganze Apparatur des Senders läßt sich auf verhältnismäßig engem Raum unterbringen. Die Abb. 12 gibt eine Vorstellung vom Aussehen eines solchen Rundfunksenders.

Bei Sendern von größerer Leistung zieht man der selbstgesteuerten Senderöhre die fremdgesteuerte vor. Abb. 13

läßt das Prinzip dieser Sender erkennen. Die Schwingungen werden im Steuersender erzeugt und auf die Betriebsröhre übertragen, die ähnlich einer Verstärkerröhre geschaltet ist und arbeitet. Die Modulationsröhre arbeitet in derselben Weise wie eben beschrieben auf das Gitter der Betriebsröhre.

Die hier beschriebene Art, die Hochfrequenz zu modulieren, ist die in Deutschland übliche und heißt

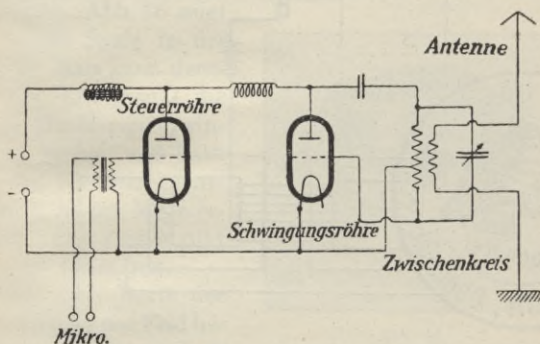


Abb. 14. Telephoniesenderschaltung nach Hising-Latour.

die Methode der Gitterbesprechung. In England und Amerika ist eine andere Art der Modulation besonders im Gebrauch, die als Schaltung nach Hising-Latour (Abb. 14) bezeichnet wird. Hierbei werden die Sprechspannungen von einer Steuerröhre dem Anodenkreis der Senderöhre zugeführt. Sie verstärken oder schwächen also je nach ihrer Richtung die Spannung, die durch die Anodenbatterie erzeugt wird. Durch die im Rhythmus der Sprachschwingungen schwankende Anodenspannung wird die in der Senderöhre erzeugte Hochfrequenz moduliert.

Maschinensender können natürlich auf solche Weise nicht gesteuert werden. Die Modulation kann ja aber an den verschiedensten Stellen der Senderschaltung erfolgen, z. B. in einem besonderen Kreis oder auch in der Antenne selbst, wie das an zwei Schaltungsbeispielen in der allgemeinen Einführung S. 108 und 109 gezeigt ist, und diese Verfahren sind für Maschinensender ebenso verwendbar,

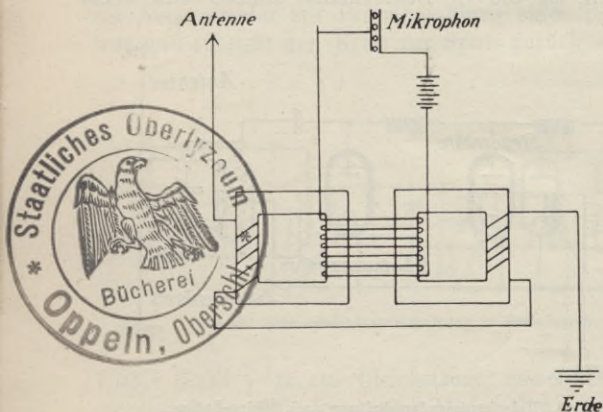


Abb. 15. Schema der Telephoniespule nach Pungs und Gehrts.

wie für Röhrensender. Das übliche Verfahren beim Maschinensender ist die magnetische Modulation mit Hilfe einer Telephoniespule nach Pungs und Gehrts. Abb. 15 zeigt diese Spule im Schema. Der Antennenkreis liegt mit einigen Windungen über den Außenseiten zweier nebeneinander befindlichen Eisenringe. Die Innenseiten werden von einer Wicklung umfaßt, die im Mikrophonkreis liegt. Der Widerstand des Antennenkreises für eine bestimmte Hochfrequenz hängt nun ab von der Magnetisierung der

Eisenringe und ist gegen Veränderungen dieser Magnetisierung äußerst empfindlich. Infolgedessen schwankt die Stromstärke in der Antenne oder, was dasselbe ist, die Amplitude der Hochfrequenz, wenn man die Magnetisierung ändert. Leitet man den Mikrophonstrom über die Windungen in der Mitte, so wechselt die Magnetisierung unter dem Einfluß der Sprachschwingungen. Auf diese Weise ist es möglich mit den sehr geringen Energien des Mikrophonkreises die große Energie des Antennenkreises zu steuern. Abb. 16 zeigt eine solche Spule in der Ansicht. Man kann deutlich die Eisenringe, die beiden Hochfrequenzwindungen rechts und links und die Niederfrequenzwicklung in der Mitte erkennen. Das Ganze ruht auf zwei Isolatoren.

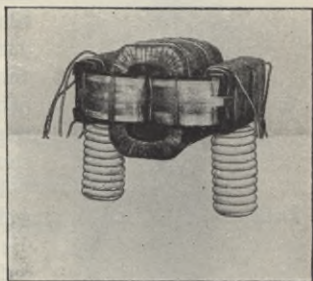


Abb. 16.
Telephoniespule nach Pungs und Gehrts.

Wenn auch heute der Röhrensender das Feld beherrscht, so kann man doch nicht sagen, daß der Kampf zwischen dem Maschinen- und dem Röhrensender bereits endgültig entschieden ist. Bis jetzt haften dem Maschinensender noch große Nachteile an. Vor allen Dingen gibt er außer der Grundwelle noch eine Reihe von Oberwellen und Nebenwellen, die sich nicht unterdrücken lassen, und die sehr störend sind, wenn man mit empfindlichen Empfangsgeräten neben dem Ortssender auch ferne Stationen aufnehmen will. Denn die Wellen der europäischen Sender liegen heute so dicht, daß für Oberwellen kein Platz mehr bleibt. Der Röhrensender muß den Nachteil des häufigen Röhrenersatzes in Kauf nehmen, und die Röhren sind recht

kostspielig. Auch waren bis vor kurzem der Leistung der einzelnen Röhre ziemlich enge Grenzen gesteckt, so daß

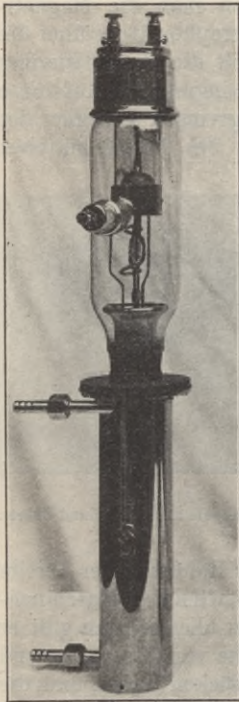


Abb. 17. Wassergekühlte Röhre für
20 KW/10 000 V.

man für höhere Leistungen mehrere Röhren nebeneinander schalten mußte. Diesen Übelstand hat man allerdings neuerdings überwinden können, indem man das Anodenblech, das durch den heftigen Aufprall der in den luftleeren Röhren ungehemmten Elektronen glühend heiß wird, durch Wasser kühlt und außerdem ein gegen Hitze unempfindlicheres Glas benutzt. Abb. 17 zeigt eine solche Röhre modernster Konstruktion.

Bei allen Sendern, gleichviel welcher Art, ist es erforderlich die vorgeschriebene Wellenlänge auf das genaueste einzuhalten. Denn schon Abweichungen von nur wenigen Prozenten können zu Störungen anderer Sender führen. Bis vor kurzem war das eine Aufgabe, die schon einiges technisches Geschick erforderte. Es wurden von Berlin aus zu bestimmten Zeiten Eichwellen ausgesandt, nach denen die Wellenmesser der einzelnen Stationen eingestellt werden

konnten, und mit diesen Wellenmessern überwachten die Sendestellen ihre Wellen. Außerdem aber wurden die Wellen auch noch im telegraphentechnischen Reichs-

amt in Berlin beobachtet, das Abweichungen von der Vorschrift den betreffenden Sendern telephonisch meldete.

Neuerdings ist aber ein sehr viel einfacheres Mittel zur Überwachung der richtigen Sendereinstellung gefunden worden. Schneidet man aus einem Quarzkristall eine schmale Platte senkrecht zur Hauptachse und parallel zu einer der Nebenachsen aus (Abb. 18), so wird eine solche Platte elektrisch gespannt, wenn sie gedrückt wird; und andererseits ändert sie ihre Längsausdehnung unter dem

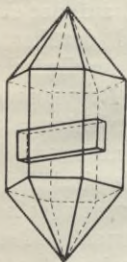


Abb. 18.

Wie die Platte aus dem Quarzkristall geschnitten werden muß.

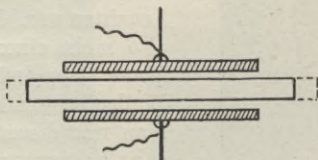


Abb. 19. Kristallplatte zwischen Kondensatorplatten.

Einfluß eines elektrischen Feldes. Legt man sie also etwa zwischen die Platten eines Kondensators, wie es Abb. 19 zeigt, und führt nun dem Kondensator Wechselspannung zu, so wird sich die Platte rhythmisch dehnen und wieder zusammenziehen. Diese Längenänderungen sind natürlich sehr geringfügig, und es wird auch nur eine sehr kleine Energie dafür verbraucht. Nun hat aber der Kristall eine durch seine Gestalt und Größe bestimmte mechanische Eigenschwingung. Wenn die ihm elektrisch aufgeprägte Schwingung mit seiner Eigenschwingung zusammenfällt,

so werden die Schwingungen sehr lebhaft und energisch und haben nun wieder elektrische Rückwirkungen. Der Kristall ist ein kleiner Wechselspannungsgenerator. Schließt man den Kristall und die beiden Platten des Kondensators in eine Vakuummantel ein, und zwar so, daß der Kristall die eine Platte berührt, die andere aber nicht, so bildet sich zwischen dem Kristall und der freien Elektrode eine Leuchterscheinung aus. In Abb. 20 sieht man den Kristall auf der einen Elektrode befestigt und darüber die scheibenförmige zweite. Im Zwischenraum bildet sich bei Resonanz das Leuchten aus. Diese Vorrichtung stellt also nicht einen Wellenmesser in dem Sinne dar, daß man damit beliebige Wellen messen könnte, wohl aber kann man mit diesem Instrument auf eine ganz bestimmte Welle mit großer Genauigkeit einstellen. Da man durch richtige Dimensionierung der Quarzkristalle sie für jede verlangte Welle empfindlich machen kann, so kann man also jeden Rundfunksender mit einem Instrument versehen, das eine ganz genaue Überwachung der richtigen Wellenlänge gestattet.

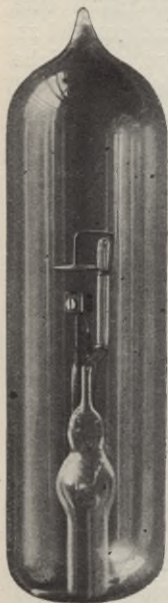


Abb. 20.
Kristallresonanzröhre.

2. Die Besprechungseinrichtungen.

Wir haben uns bis jetzt mit dem rein elektrischen Teil der Sendeeinrichtung beschäftigt und wollen unsere Aufmerksamkeit nun dem akustischen Teil und den Instru-

menten zuwenden, die dazu dienen, die Schallschwingungen in elektrische umzuwandeln.

Das Mikrophon mit Kohlekörnern hat sich sehr rasch als ungeeignet für die Wiedergabe musikalischer Kunstwerke erwiesen, weil die hierbei gebrauchte Membran sehr

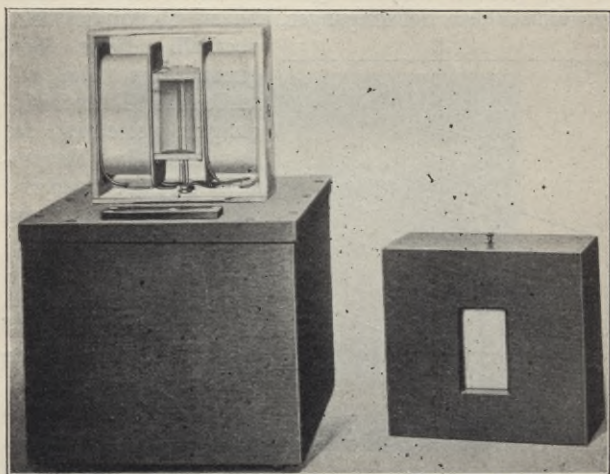


Abb. 21.

ungleichmäßig auf Schwingungen gleicher Energie aber verschiedener Schwingungszahl reagiert.

Es sind nun im ganzen vier Konstruktionen anderer Mikrophone erwähnenswert: das Kondensatormikrophon, das Kathodophon, das Bändchenmikrophon und das Marmorblockmikrophon. Die ersten beiden sind in der allgemeinen Einführung beschrieben. Das Bändchenmikrophon ist von Schottky und Gerlach im Laboratorium

von Siemens & Halske entwickelt worden. Es besteht aus einem starken Elektromagneten, zwischen dessen beiden Polen ein schmales quergeripptes Aluminiumband so befestigt ist, daß es nicht gespannt ist (Abb. 21 u. 22). Seine Eigenschwingung ist infolge dieses Mangels an Spannung sehr tief; sie liegt bei etwa 10 Hertz, so daß alle akustischen Schwingungen, die zu übertragen sind,

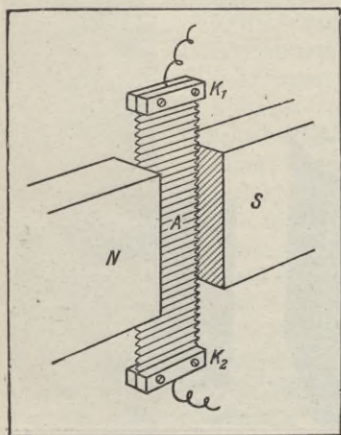


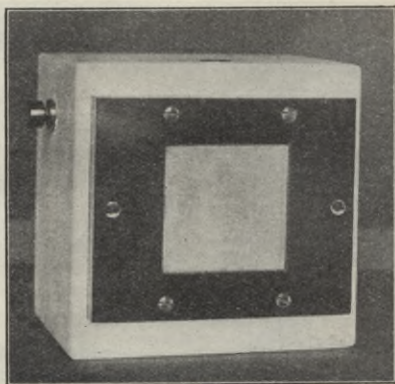
Abb. 22. Aluminiumband des Bändchenmikrophons.

oberhalb dieser Frequenz liegen. Die auftretenden Luftschwingungen versetzen das Bändchen in entsprechende Bewegungen und diese Bewegungen im Felde des Elektromagneten erzeugen Spannungen an den Enden des Bändchens, die auf das Gitter einer Röhre übertragen und so weit verstärkt werden können, daß sie ausreichen, um einen Sender zu steuern. Obwohl das Bandmikrophon, was Betriebssicherheit und

Gleichmäßigkeit betrifft, schon erheblichen Anforderungen zu genügen vermag, hat es doch ebenso wie das Kathodophon dem Marmorblockmikrophon weichen müssen.

In gewisser Weise greift dieses Mikrophon wieder auf die Grundsätze des ältesten, des Kohlenkörnermikrophons zurück. Es arbeitet wie dieses mit einem veränderlichen Widerstand aus Kohlepulver. Aber das Kohlepulver bildet nicht die Zwischenschicht zwischen einer festen Platte und

einer Membran, der Strom geht nicht quer durch das Pulver, sondern längs. Bei den alten Mikrofonen wirkten die Schallwellen zunächst auf die Membran und diese gab den Druck auf die Kohlenkörner weiter. Hier dagegen wirken die Luftdruckänderungen unmittelbar auf das frei liegende, nur leicht von einer Gummimembran gestützte Pulver. Dadurch fallen die Nachteile weg, die sich aus



23 a. Marmorblockmikrofon von vorn.

den Eigenschwingungen der Membranen ergaben. Es hat sich nun gezeigt, daß die Kennlinie des Mikrophons, d. h. die Kurve, die die elektrische Energie als Funktion gleicher Schwingungsenergien von verschiedener Schwingungszahl darstellt, ein ausgeprägtes Maximum hat, wenn man Kohlenkörner von einheitlicher Beschaffenheit nimmt, und zwar hängt die Lage des Maximums von der Korngröße ab. Nimmt man aber ein Pulver, das aus allen erforderlichen Korngrößen gemischt ist, so kann man es erreichen, daß

die Wirkung über den ganzen Tonfrequenzbereich die gleiche ist. Das Wesentliche ist also die richtige Mischung des Pulvers. Das Mikrophon ist in einen Marmorblock eingebaut, der im Tonfrequenzgebiet auch keine Eigenschwingungen hat und ist nach vorne zu durch ein Stück Gaze geschützt. Abb. 23 zeigt das Mikrophon von der Vorder- und der Rückseite. Die Schrauben an der Rück-

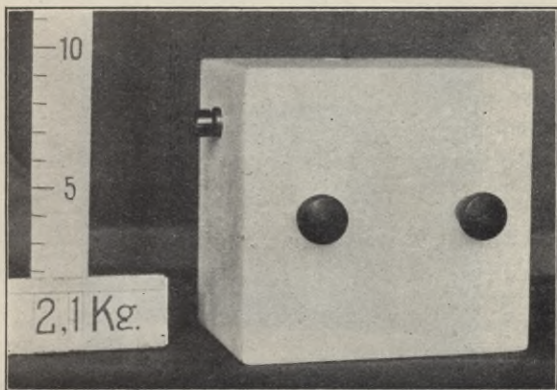


Abb. 23b. Marmorblockmikrophon von hinten.

seite sind die Kontakte, die Schrauben an der Seite dienen dazu, das Mikrophon freischwebend aufzuhängen, so wie das Abb. 24 zeigt. Dadurch ist das Mikrophon auch davor gesichert, daß seine Unterlage ihm Schwingungen zuträgt.

Dieses Mikrophon hat nun eine ganze Reihe von Vorzügen vor allen anderen. Erstens ist der durch das Mikrophon gehende Strom in der Größenordnung von 80 Milliampere und reicht somit aus, um eine Senderöhre oder Vorröhre auszusteuern. Es sind also keine beträchtlichen

Vorverstärkungen erforderlich, die weder das Kathodophon noch das Bandmikrofon entbehren können. Es ist in seinen Eigenschaften nahezu unveränderlich, ein Vorteil, der ihm namentlich im Wettkampf mit dem Kathodophon zugute kommt, und es erfordert nur einen sehr geringen Raum, einerseits, weil es selbst von sehr kleinen Abmessungen ist, andererseits weil kein Verstärkergerät in seiner unmittelbaren Nähe erforderlich ist. Dieser Vorteil verschafft ihm die unbedingte Überlegenheit in allen Fällen, in denen es sich darum handelt, Musik oder Vorträge aus Räumen zu übertragen, die nicht nur für den Rundfunk bestimmt sind.

Aber das beste Mikrofon vermag günstigstenfalls nur das unverzerrt ins Elektrische zu übertragen, was ihm akustisch zugeführt wird. Die erste Voraussetzung für gute Rundfunkdarbietungen ist die akustische, zweckmäßige Einrichtung des Raumes, von dem aus der Sender mit Musik oder Rede versorgt wird. Da haben nun die Anschauungen im Laufe der Zeit sehr stark gewechselt. Der Berliner Senderaum z. B. war bisher mit Tüchern so ausgestattet, daß der Nachhall, der von Reflexionen des Schalles an den Wänden herrührt, möglichst unterdrückt wurde. Der neue Senderaum hingegen hat eine Holzverkleidung der Wände, die eine beträchtliche Raumakustik erzeugen wird. Ist ein bestimmter Raum für die Zwecke der Rundfunkaufnahmen hergerichtet, so ist es erforderlich die günstigste Stellung für das Mikro-



Abb. 24. Aufgehängtes Marmorblockmikrofon.

phon auszusuchen. Gelegentlich hat man es versucht, mit mehreren Mikrophonen gleichzeitig zu arbeiten. Man ist aber von diesem Verfahren wieder völlig abgekommen. Desto sorgfältiger muß der akustisch günstigste Platz für das Mikrophon ausgesucht werden, und nun müssen, wenn etwa ein ganzes Orchester spielt, die Plätze der Instrumente noch so ausgewählt werden, daß die Gesamtwirkung am günstigsten wird. Man wird also etwa Instrumente, die der Regel nach erhebliche akustische Energie abgeben, möglichst fern vom Mikrophon anordnen (die große Trommel und die Pauken) und wird zarte Instrumente, wie die Flöte ihm nähern. Dabei muß aber die Stellung des ganzen Orchesters zum Mikrophon derart sein, daß der Klang als Ganzes zur Geltung kommt und nicht etwa die zunächst stehenden Instrumente die anderen ausstechen.

Eine beträchtliche Bedeutung hat im Rundfunkprogramm bereits die Übertragung von Opern aus den Opernhäusern der Sendestädte und die Übertragung besonderer Feierveranstaltungen gewonnen. Die Einrichtungen, die dazu dienen, sind aus der Abb. 25 zu ersehen, die sich auf eine Übertragung aus dem Berliner Opernhaus bezieht. Hier sind im Gegensatz zu den Verhältnissen im Senderaum zwei Mikrophone vorgesehen, von denen eines im Orchester neben dem Pult des Dirigenten und eines auf der Bühne neben dem Souffleurkasten angeordnet ist. Das geschieht, damit ein Ausgleich zwischen der Lautstärke des Orchesters und der Sänger zustande kommt. Man würde diesen Ausgleich natürlich auch erreichen, wenn man das Mikrophon im Zuhörerraum unterbrächte. Jedoch hat es sich gezeigt, daß dabei ein starkes Nachhallen eintritt, wodurch das Verständnis des gesungenen Wortes sehr erschwert wird. Das Verfahren mit den zwei Mikrophonen hat aber auch noch den Vorzug, daß

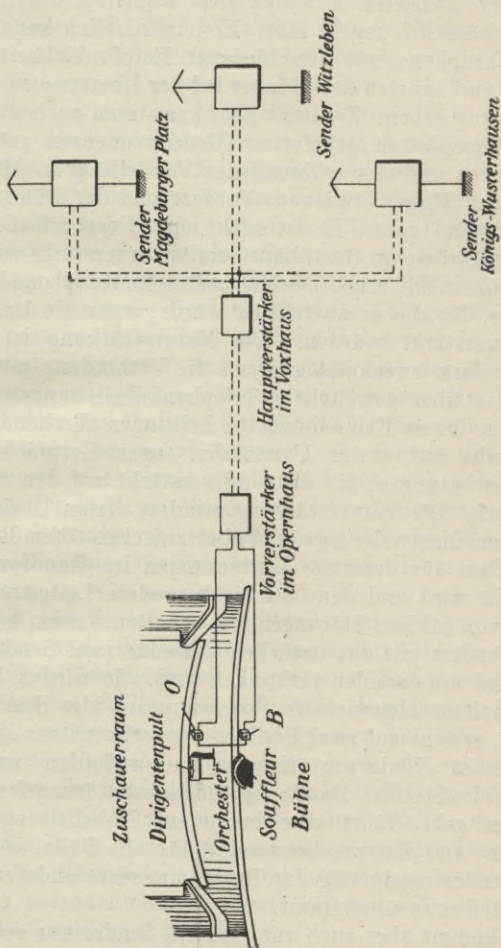


Abb. 25. Schema einer Rundfunkübertragung aus dem Opernhaus.

sich der Ausgleich zwischen den beiden musikalischen Teilen künstlich regeln läßt. Erstens nämlich kann man die Mikrophone mit verschiedener Empfindlichkeit ausrüsten und kann so dem Sänger bei der Übertragung einen Vorsprung geben. Zweitens aber kann man auch die von den Mikrophenen gelieferten Niederfrequenzen getrennt verstärken und also während der Vorstellung nachhelfen, wenn der Sänger etwa vom Vordergrund der Bühne zum Hintergrund geht. Es ist nicht unbedingt erforderlich, daß die Ströme im Opernhaus bereits vorverstärkt werden, wie es unser Bild zeigt. Die Marmorblockmikrophone liefern Ströme, für die es ausreichen würde, wenn sie im Voxhaus verstärkt würden. Die Vorverstärkung ist aber immer dann zweckmäßig, wenn die Verbindung mit dem Voxhaus über gewöhnliche Telephonkabelleitungen läuft. Denn in diesem Fall nehmen die Leitungen allerhand Störgeräusche auf, unter Umständen sogar Gespräche aus Nachbarleitungen, die dann mitverstärkt auf den Sender gelangen. Die Vorverstärkung mindert diesen Übelstand. Zweckmäßigerweise legt man aber zwischen einem Raume, der öfters für derartige Darbietungen im Rundfunk gebraucht wird und dem Sender besondere Leitungen, die dann von solchen Störungen frei gehalten werden können.

Besonders gilt das natürlich auch für zwei Sender, die dauernd miteinander verbunden sind. So wird z. B. das im Voxhaus abgewickelte Programm auf vier Sender gegeben, erstens auf zwei Berliner Sender, zweitens auf den Sender in Königswusterhausen und außerdem auf den Sender in Stettin. Damit das möglichst störungsfrei vonstatten geht, führt eine besondere Kabelleitung nach Stettin, und Entsprechendes gilt für alle Fälle, in denen ein Sender regelmäßig das Programm eines anderen ganz oder teilweise übernimmt.

Es kommt aber auch vor, daß ein Sender nur gelegent-

lich einmal die Darbietungen eines anderen Senders mitübernehmen soll. Man könnte ja nun daran denken, mit einem guten und geeigneten Empfangsgerät den fernen Sender aufzunehmen und auf den eigenen zu übertragen. So etwas ist möglich und geschieht auch wohl hin und wieder. Aber betriebssicher ist dieses Verfahren mindestens bei den kürzeren Rundfunkwellen nicht. Die atmosphärischen Störungen und zahlreiche Störungen anderer Art machen sich hierbei sehr stark geltend. Es bleibt also nur übrig, die Telephonkabelleitungen zu benutzen. Es sind aber keineswegs alle Kabelleitungen gleich gut verwendbar. Denn die Brauchbarkeit für Ferngespräche beweist noch gar nichts dafür, daß die Kabel auch für Musikübertragung geeignet sind. Es spielt hier der schon oft erwähnte viel größere Frequenzbereich der Musik eine Rolle. Das gewöhnliche Telephonkabel hat sich nun in der Tat als ungeeignet erwiesen. Es dämpft die hohen Frequenzen viel stärker als die niedrigen und fälscht somit den Eindruck der Musik. Auch Freileitungen kommen nicht in Betracht, weil sie den atmosphärischen Störungen und auch dem Einfluß benachbarter Hochspannungsleitungen zu sehr ausgesetzt sind. Es hat sich ergeben, daß am günstigsten für die Musikübertragungen Kabelleitungen sind, die schwächer pupinisiert sind als die gewöhnlichen Telephonkabel (Pupinspulen dienen dazu, dem verzögernden Einfluß der Kapazität einer langen Kabelleitung entgegenzuwirken, und werden auf allen Fernleitungen gebraucht). Die Post wird die wichtigsten Sendeorte Deutschlands durch solche leicht pupinisierten Kabelleitungen verbinden. Für lange Wellen dagegen, etwa die Welle von Königswusterhausen oder Daventry, kann das Verfahren sehr wohl angewandt werden, die Wellen aufzunehmen, zu verstärken und auf den eigenen Rundfunksender zu geben.

3. Die Ausbreitungsbedingungen und die Störungen.

Wenngleich die Ausbreitung der elektrischen Wellen kein eigentliches Problem der Wellentelephonie ist, so ist sie doch gerade im Gebiet des Rundfunkwesens von besonderer Bedeutung. Die Rundfunkteilnehmer wollen möglichst von jeder Stelle aus jeden Sender aufnehmen können, und die zahlreichen Erfahrungen der Rundfunkteilnehmer haben zwar eine unübersehbare Fülle von Einzel Tatsachen zu unserer Kenntnis gebracht, aber von einer Übersicht über die Bedingungen, unter denen sich die Wellen ausbreiten, sind wir noch weit entfernt. Wir wissen, daß es Fälle gibt, in denen Rundfunkdarbietungen mit einem Detektorapparat auf Entfernungen aufgenommen worden sind, die sonst nur bei Hochfrequenzverstärkung überbrückt werden können, und andererseits gibt es Gebiete, in denen selbst auf ganz kurze Entfernungen hin keine sichere Aufnahme elektrischer Wellen zu erreichen ist. Man kann einige Gruppen von Tatsachen herausheben. Wenn sich die elektrischen Wellen nach allen Seiten gleichmäßig ausbreiten würden, so müßte ihre Energie proportional dem Quadrat der Entfernung abnehmen. Bei rohen Schätzungen arbeiten wir mit dieser Annahme. Aber sie hat sich nur auf kurze Entfernungen hin einigermaßen bestätigt. Die Wellen, die einen größeren Weg zurückzulegen haben, unterliegen so viel Einflüssen, daß der Anteil der einzelnen Faktoren sich nicht leicht aussondern läßt. Es kommt hinzu, daß möglicherweise kurze und lange Wellen sich sehr verschieden verhalten. Zunächst einmal ist es noch gar nicht sichergestellt, auf welchem Wege die Wellen übertragen werden. Ein Teil der Wellen bewegt sich wahrscheinlich längs des Erdbodens, vielleicht sogar im Erdboden, ein anderer Teil

dagegen geht durch die oberen Schichten der Atmosphäre. Möglicherweise wird dieser Teil der elektrischen Wellen an einer Schicht in etwa 70 km Höhe, der sogenannten Heavisideschicht, reflektiert, und findet auf diese Weise, sozusagen in das Innere einer spiegelnden Kugel eingeschlossen, seinen Weg. Wir wissen nicht, ob wir es beim Empfang einer fernen Station mit dem einen oder dem anderen dieser Wellenzüge zu tun haben, oder ob gar beide Wellenzüge zur Wirkung kommen. Eine der auffallendsten Erscheinungen, die zu immer erneutem Studium der Ausbreitungsvorgänge Anstoß gibt, ist der sogenannte Fadingeffekt. Hat man einen Empfänger auf einen fernen Sender eingestellt, so kann man beobachten, daß die Lautstärke der Darbietungen dieses Senders merkwürdigen Schwankungen unterliegt. Die Lautstärke kann plötzlich nachlassen, ja ganz aussetzen, um nach einiger Zeit wiederzukommen. Der Fadingeffekt ist eine ausgesprochene Fernempfangerscheinung. Innerhalb einer Zone von etwa 30 km vom Sender macht sich der Fadingempfang noch nicht bemerkbar. Darüber hinaus nimmt er allmählich mit steigender Entfernung zu. Eine anerkannte Erklärung dieser Erscheinung gibt es noch nicht. Von erheblichem Einfluß sind die Lichtverhältnisse, aber die Art dieses Einflusses ist noch sehr unklar. Während man im allgemeinen sagen kann, daß man während der Nacht Stationen auf größere Entfernung empfangen kann als bei Tage, haben Untersuchungen gelegentlich einer Sonnenfinsternis ergeben, daß die Verständigung während der kurzen Zeit der Dunkelheit sich plötzlich sehr verschlechterte, ja teilweise ganz aussetzte.

Zu den Unregelmäßigkeiten in der Ausbreitung der Wellen kommen nun noch für den Rundfunkteilnehmer die Störungen hinzu, die man einteilen kann in die atmosphärischen Störungen, in Störungen durch andere Sender

und Störungen durch benachbarte Ursachen. Die ersten, die atmosphärischen Störungen machen sich besonders im Sommer geltend. Sie haben ihre Ursachen in Änderungen des elektrischen Zustandes der Atmosphäre. Gewitter sind nur die auffallendsten dieser elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre. Die Störungen durch andere Sender haben ihre Ursache teilweise darin, daß die Wellen verschiedener Sender sehr dicht beieinanderliegen, und daß manche Sender ihre Welle nicht streng genug einhalten; ferner auch darin, daß manche Sender neben ihrer Grundwelle auch noch Oberwellen aussenden, also die Wellen von der halben Wellenlänge, ein Drittel der Wellenlänge usw. Als dritte Störungsquelle kommen benachbarte elektrische Apparate oder Maschinen in Betracht. Die Funken an den Kollektoren eines Motors, das wiederholte Ein- und Ausschalten eines Stromkreises, eine Wechselstromleitung und viele andere Dinge können zur Störungsquelle werden. In den Städten hat sich als „Großstörungsquelle“ die elektrische Bahn erwiesen, und zwar haben die näheren Untersuchungen gezeigt, daß es der Lichtstrom ist, von dem die Störungen herrühren; der Fahrstrom spielt als Störungsquelle keine erhebliche Rolle. Der Grund der Störung liegt darin, daß der Lichtstrom sehr oft unterbrochen und wieder eingeschaltet wird, weil der Kontakt des Bügels mit dem Draht während der Fahrt nicht gleichmäßig ist. Das Übel hat sich auf verschiedene Weise beseitigen lassen. Man kann etwa den Lichtstrom so weit erhöhen, daß er auch bei mangelhaftem Kontakt nicht unterbrochen wird. Als einfacheres Auskunftsmittel hat sich aber z. B. in Berlin, wo der Kontakt mit dem Draht durch eine Rolle hergestellt wird, ein zu den Lampen parallel geschalteter Kondensator von 30 Mikrofara erwiesen. In anderen Städten, in denen die Bahnen statt mit einer Rolle mit einem Bügel ausgerüstet sind, hat der

Kondensator völlig versagt, dagegen hat es geholfen, wenn man den Aluminiumbügel durch einen Kohlenbügel ersetzt.

Völlig undurchsichtig sind die Verhältnisse in einer Großstadt, in der Häuser die Wellen schwächen, Metallmassen (z. B. Gasometer) sie abschirmen und reflektieren können. Zu interessanten Ergebnissen haben Versuche

Laut

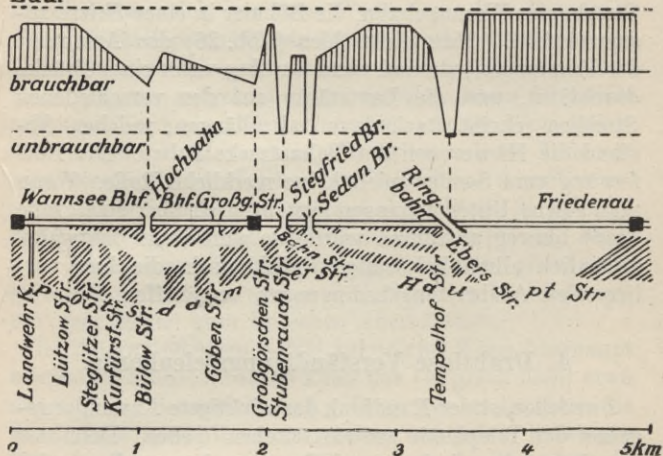


Abb. 26. Rundfunkempfang auf der Wanneseebahn (nach J. Boehmer DAZ. 14. 2. 26).

In der Mitte die Bahnstrecke, unten die westlich (Senderrichtung) angrenzenden Häuserblocks, oben die Empfangslautstärke.

geführt, die J. Boehmer auf Berliner Verkehrsmitteln ausgeführt hat. Er hat auf Fahrten mit Vorortzügen, mit der Untergrundbahn und mit Autoomnibussen den Rundfunk der Berliner Sender aufgenommen. Dabei hat sich herausgestellt, daß im Autoomnibus die Lautstärke während der ganzen Fahrt unverändert bleibt. Sie erwies sich als ziemlich unabhängig von der Straßenbreite, von der Richtung der

Straßenzüge, auch von der Nähe oder Ferne des Senders. Der Empfang setzte nur aus unter den Überführungen der Hochbahn und Stadtbahn. Auch in der Untergrundbahn, also unter der Erde, war eine gute Lautstärke auf freier Strecke zu erzielen. Auf den Stationen war sie erheblich vermindert, wahrscheinlich infolge der Metallkonstruktionen. Am merkwürdigsten sind die Ergebnisse auf einer Strecke der Wanneseebahn, die Böhmer in einer Skizze zusammenfaßt. Man sieht hier (Abb. 26) das Aussetzen des Empfanges jedesmal wenn der Zug unter einer Brücke durchfährt, und die Lautstärke auf den verschiedenen Strecken scheint stark davon abzuhängen, welchen Abstand die Häuser von der Bahnstrecke haben. Die Entfernung vom Sender spielt keine merkliche Rolle. Wenn man solche Untersuchungen systematisch über eine große Stadt hinweg ausführen würde, so würde uns das wahrscheinlich allmählich einigen Einblick in die hier vorliegenden Ausbreitungsbedingungen verschaffen.

4. Drahtlose Verständigungstelephonie.

Zweifelloos ist der Rundfunk das wichtigste Anwendungsgebiet der Telephonie auf elektrischen Wellen. Denn um ein Gespräch zwischen zwei Personen herzustellen, wird man in der Regel die Drahttelephonie vorziehen; weil sie billiger ist einmal, und weil sie nicht allen zugänglich ist, die ihren Apparat auf die richtige Welle abgestimmt haben zum ändern. Aber es gibt doch Fälle, in denen eine Verbindung durch Draht unmöglich ist. Vor allen Dingen dann, wenn der eine der beiden Teilnehmer oder gar beide sich bewegen; also etwa bei Telephonie nach einem Schiff oder nach einem Luftschiff oder bei Reisen in unbewohntem oder unbekanntem Gebiet. Aber auch dann, wenn es sich darum handelt, die Verbindung mit einer Insel

herzustellen, nach der ein Kabel zu legen sich nicht lohnt. In allen diesen Fällen gibt die Telephonie auf elektrischen Wellen ein Mittel an die Hand sich zu verständigen. Man muß hierbei zwei Fälle unterscheiden. Handelt es sich um eine regelmäßige Verbindung zwischen zwei Punkten, so wird man einen sogenannten Duplexverkehr verlangen; wird aber nur eine gelegentliche Verständigung angestrebt, so wird man sich mit dem Wechselsprechen begnügen. Beim Wechselsprechen kann immer nur der eine der beiden Teilnehmer senden, der andere muß empfangen. Erst wenn der erste aufgehört hat zu sprechen, kann der zweite anfangen; er kann also dem ersten nicht ins Wort fallen. Anders beim Duplexverkehr. Da arbeiten beide Teile mit zwei verschiedenen Wellen. Der Teilnehmer A sendet auf einer Welle 1 und empfängt auf einer Welle 2, während der Teilnehmer B auf 2 sendet und auf 1 empfängt. Jeder von beiden Gesprächsteilnehmern kann also gleichzeitig sprechen und hören, und es bedarf keiner Umschaltung, um vom Hören zum Sprechen überzugehen.

Ist ein Ort oder ein Schiff auf solche Weise überhaupt telephonisch erreichbar, so kann das Gespräch nicht etwa nur von der Sendestelle aus geführt werden, sondern die Sendestelle kann ihrerseits wieder mit jedem beliebigen Fernsprechapparat verbunden werden, der irgendwo an das Postnetz angeschlossen ist. Es tritt hierbei nichts grundsätzlich Neues auf gegenüber den Verhältnissen, die wir bei der Fernbesprechung der Rundfunksender schon kennengelernt haben. Der Fall ist nur insofern einfacher, als keine Musik übertragen zu werden braucht, und folglich geringere Ansprüche an die verzerrungsfreie Übertragung gestellt werden.

Immerhin ist es interessant, die durch die Raumverhältnisse auf Schiffen, Luftschiffen und Flugzeugen bedingten Besonderheiten der Funkausrüstung kennenzu-

lernen. Am einfachsten ist die Anpassung auf Schiffen. Die Antenne kann zwischen den Masten gespannt werden, als Erde dient das Wasser, mit dem die Verbindung dadurch hergestellt wird, daß der Schiffskörper an die Erdklemme der Apparate angeschlossen wird. Ein Motor, der die Maschine treibt, wird der Regel nach vorhanden sein. Die Sende- und Empfangseinrichtung selbst wird vor

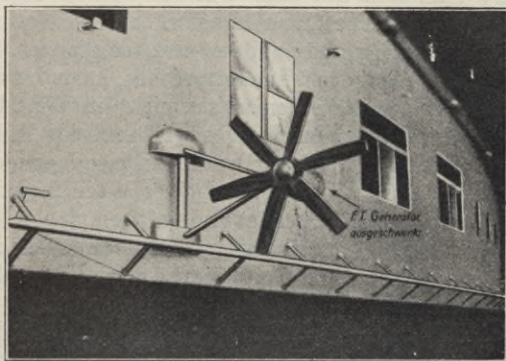


Abb. 27. Propeller zum Antrieb der Maschine für den Funkverkehr.

allen Dingen danach verschieden sein müssen, ob sie von sachverständigem Personal bedient wird oder, wie auf Fischdampfern etwa, von der Mannschaft benutzt werden soll. In diesem Fall können nur Apparate in Betracht kommen, die ganz wenige Handgriffe erfordern. In der Regel wird es dann auch genügen, wenn der Sender eine Entfernung von 50 bis 100 km überbrückt, damit sich die Schiffe untereinander und mit Küstenstationen verständigen können. Die Sender auf den Ozeanverkehrsdampfern sollen natürlich ganz anderen Ansprüchen ge-

nügen. Sie sollen den halben Ozean überbrücken, damit sie in ständigem Verkehr mit der einen oder der anderen Küste bleiben können. Aber diese Sender werden in erster Linie für Telegraphie gebraucht, da das geschulte Personal des Ozeanschiffes natürlich die Morseschrift beherrscht. Für die kleineren Fischdampfer und Küstenfahrzeuge da-

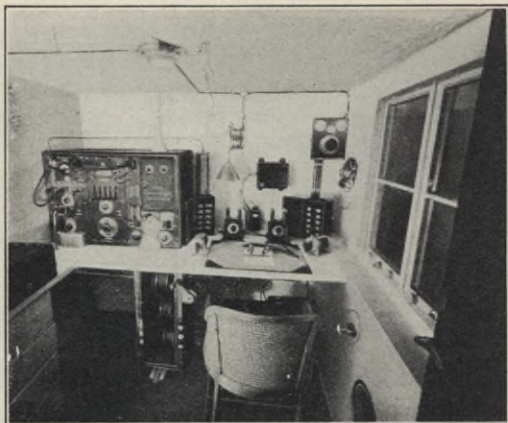


Abb. 28. Funkkabine im LZ 126.

gegen ist es wichtig, daß sie für Telephonie eingerichtet sind, so daß die Funkanlagen auch ohne besondere Vorbildung benutzt werden können.

Eigenartig sind die Einrichtungen zum Funkverkehr auf einem großen Luftschiff. Wir betrachten die Einrichtungen des LZ 126, wie er sie auf seiner Amerikafahrt benutzt hat. Die Abb. 27 zeigt zunächst die Maschine, die den elektrischen Strom liefert. Es ist ein Windrad, das außenbords befestigt ist und so gedreht werden kann, daß

ihm der Fahrtwind diejenige Umdrehungszahl gibt, die für den Betrieb der Maschine gewünscht wird. Für den Fall, daß die Motoren des Luftschiffs nicht laufen und das Schiff vor dem Winde treibt, ist eine besondere Maschine vorgesehen, die von einer Akkumulatorenbatterie angetrieben wird. Abb. 28 gibt einen Blick in die Funkkabine. Links steht der Sender, rechts das Empfangsgerät. Das

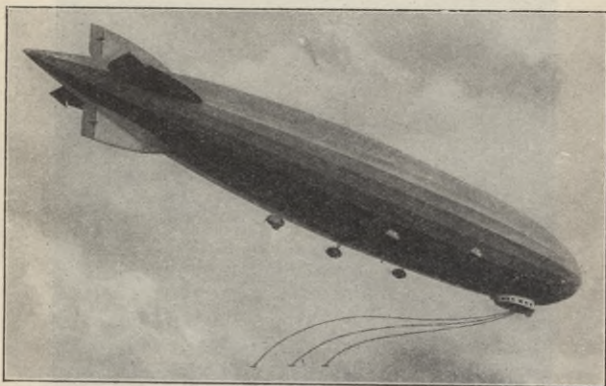


Abb. 29. Die Antennen des LZ 126.

Merkwürdigste aber ist die Antennenanlage. Die Antenne besteht aus drei Drähten, die aus dem Schiff frei herunterhängen. Abb. 29 zeigt diese drei Drähte mit ihrer einprägsamen Kurve. Die Drähte können über drei isolierte Haspeln aufgerollt und eingezogen werden. An ihrem Ende sind drei Gewichte verschiedener Größe befestigt, durch deren Schwere der zwischen den Drähten erforderliche Abstand sichergestellt wird. Abb. 30 zeigt diese drei Gewichte bei eingekurbelter Antenne. Sie haben die Form eines Torpedos

und sind mit Stabilisierungsflächen versehen, so daß sie sich ruhig und gleichmäßig durch die Luft bewegen. Das vorderste Gewicht ist das schwerste und zieht daher den ersten Draht am stärksten nach unten. Das letzte Gewicht ist das leichteste. Das Luftschiff kann natürlich nicht geerdet werden. An Stelle der Erde wird der Luft-

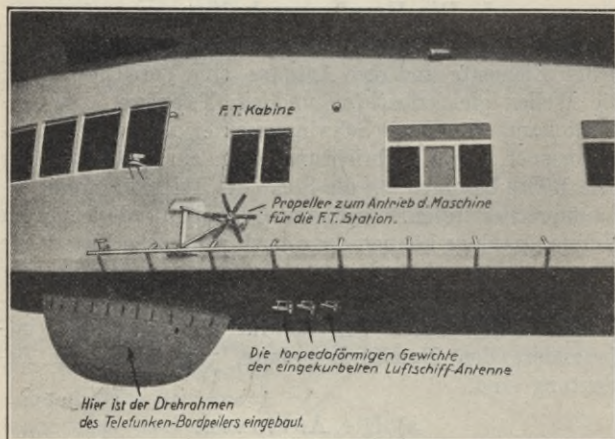


Abb. 30. Funkeinrichtung des LZ 126. Außenansicht.

schiffkörper als Gegengewicht benutzt. Auf der Abb. 30 ist außerdem noch der Drehrahmen für die Peilvorrichtung mit elektrischen Wellen zu sehen, die uns aber hier nicht näher beschäftigt, weil dieses Verfahren nichts mit Telephonie zu tun hat.

Ähnlich ist die Einrichtung auf Flugzeugen. Auch hier dient ein frei hängender Draht als Antenne, der Metallkörper als Gegengewicht und die Maschine wird auch

durch einen Windmotor angetrieben. Man wird sich aber auf viel geringere Sendeleistungen beschränken können, und die Apparatur muß mit kleinstem Raum vorliebnehmen.

Freilich sind das bis jetzt erst Möglichkeiten. Eine regelmäßige Verbindung mit Schiffen und Flugzeugen für Fernsprechteilnehmer besteht noch nicht.

5. Die Empfangsschaltungen.

Die für jeden Empfang von Wellentelephonie unerläßlichen Elemente sind eine Antenne, eine Vorrichtung, um die Wellen gleichzurichten und ein Telephon. Die Antenne kann ein offener Schwingungskreis sein oder ein geschlossener, die Gleichrichtung kann ein Detektor oder eine Röhre besorgen, an die Stelle des Telephons kann ein Lautsprecher treten. Zu diesen Grundbestandteilen jeder Empfangsanlage können dann noch zahlreiche Zusatzteile kommen, deren Aufgabe entweder der Verstärkung oder der Störfreiung dient. Wir gehen hier nur auf diejenigen Dinge näher ein, die für die Telephonie, insbesondere den Rundfunkempfang, von besonderer Bedeutung sind.

a) Die Antennen.

Vorschriftsmäßig soll eine Antenne aus einem Luftleiter in beträchtlicher Höhe über der Erde, den Kondensatoren und Spulen, die zum Antennenkreis gehören, und einem Erdanschluß oder Gegengewicht bestehen. Der Luftleiter besteht aus einem oder zwei wagerecht frei hängenden, gegen die Erde isolierten Drähten. Die Ableitung der Antenne zum Empfangsapparat geschieht entweder von der Mitte der Antenne aus (Abb. 31, sie heißt dann T-Antenne) oder von dem einen Endpunkt aus (Abb. 32, dann heißt sie L-Antenne). Als Erde dient eine Metallplatte, die hinreichend tief in die Erde eingegraben

ist oder der Anschluß an Leitungen, die mit der Erde in Verbindung liegen, wie etwa an eine Wasserleitung. Man spricht von einem Gegengewicht, wenn man statt der Erde eine zweite Antenne in geringer Höhe über der Erde oder auch eine Zimmerantenne benutzt.

Stellt man einen Luftleiter an zwei hohen Masten über freier Erde und in nicht zu großer Nachbarschaft von anderen Leitungen oder den zahlreichen Drahtleitungen und Metallmassen eines modernen Hauses auf, so lassen sich gewisse Regeln über den zweckmäßigen Bau der Antennen geben. Man kann z. B. mit Sicherheit sagen, daß die Höhe der Antenne über dem Erdboden eine erhebliche Rolle spielt, daß also

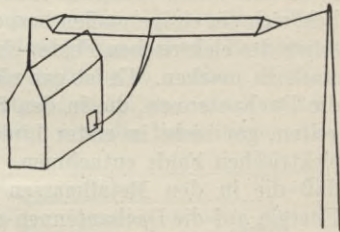


Abb. 31. T-Antenne.

eine gute Hochantenne wirksamer ist als eine sogenannte Zimmerantenne. Handelt es sich aber um eine Antenne in der Großstadt, so sind die Verhältnisse nicht ebenso klar übersehbar. Die Häuser einer Stadt mit ihren Licht-, Klingel- und Telefonleitungen, mit ihren Zentralheizungen und Warmwassersteigeröhren, mit Metalldächern und Gittern, mit Regenröhren und Traufen bilden große Metallkäfige, in denen überall die vom Sender kommende elektrische Energie schwingt. Da-

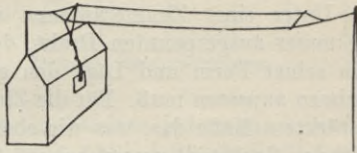


Abb. 32. L-Antenne.

eine gute Hochantenne wirksamer ist als eine sogenannte Zimmerantenne. Handelt es sich aber um eine Antenne in der Großstadt, so sind die Verhältnisse nicht ebenso klar übersehbar. Die Häuser einer Stadt mit ihren Licht-, Klingel- und Telefonleitungen, mit ihren Zentralheizungen und Warmwassersteigeröhren, mit Metalldächern und Gittern, mit Regenröhren und Traufen bilden große Metallkäfige, in denen überall die vom Sender kommende elektrische Energie schwingt. Da-

zu kommen die Leitungen der Straßenbahnen, Häuser, in deren Aufbau schon viel Metall verwandt ist, Gasbehälter, die ganz und gar aus Metall bestehen und alle diese Dinge wirken nun zurück auf das elektrische Wechselfeld, das sie zum Schwingen angeregt hat. Bei diesen zahllosen sich überkreuzenden Einflüssen. ist es ganz unmöglich, sich ein einigermaßen brauchbares Bild von dem Aussehen des elektrischen Feldes eines Senders in einer Großstadt zu machen. Es ist gar nicht unwahrscheinlich, daß die Dachantennen, die in den Städten als Hochantennen gelten, gar nicht in erster Linie ihre Energie dem freien elektrischen Felde entnehmen. Es ist ebensogut möglich, daß die in den Metallmassen des Hauses schwingende Energie auf die Dachantennen einwirkt, und somit ist es einigermaßen fraglich, ob in der Großstadt die Dachantenne in jedem Falle mehr leisten kann als eine Zimmerantenne oder sogar eine sogenannte Behelfsantenne.

Unter einer Zimmerantenne versteht man einen im Zimmer ausgespannten Draht, der sich in seiner Länge, in seiner Form und Lage den gegebenen Raumverhältnissen anpassen muß. Für die Zimmerantenne gilt in verstärktem Maße das, was wir oben über die Dachantenne in der Großstadt gesagt haben. Sie wird zweifellos stark durch die Schwingungen in benachbarten Leitern beeinflußt und hat sicherlich in vielen Fällen keinen besonderen Vorzug vor den Behelfsantennen. Man spricht von einer Behelfsantenne, wenn die Empfangsapparatur statt mit einer Antenne und der Erde mit zwei verschiedenen der Leitersysteme oder Metallmassen eines Wohnhauses verbunden ist. Als solche Behelfsmittel lassen sich gelegentlich fast alle Leitungen des Hauses und fast alle Metallgegenstände, die einige Kapazität haben, benutzen, also die elektrische Starkstromleitung (Vorsicht! nur über einen durchschlagssicheren Kondensator ungefährlich), die

Gasleitung, die Klingelleitung, die Heizungsrohren, die Wasserleitungsrohren, die Regenrohren, eiserne Gitter und Metalldächer, die Klavier- oder Flügelsaiten, ein eiserner Ofen, das Gestell einer Nähmaschine, eine eiserne Bettstelle. Die möglichen Kombinationen dieser Art sind in einem Großstadthause fast unerschöpflich und es läßt sich nur durch den Versuch in jedem Einzelfalle entscheiden, welche Verbindungen besonders geeignet sind. Es kommt eben darauf an, zwei Punkte ausfindig zu machen, die sich in der Phase ihrer Schwingung möglichst stark unterscheiden. Für den Ortssender und die berechtigten Ansprüche, die man an

die Lautstärke eines Kopfhörers stellt, reichen diese Behelfsantennen völlig aus. Bei hinreichender Verstärkung ist aber Fernempfang damit ebenfalls möglich, und es besteht somit

die Aussicht, daß auch in Großstädten jedermann seinen Rundfunkanschluß haben kann, ohne daß sich die Mieter eines Hauses über den Platz für ihre Dachantennen zu streiten brauchen. Eine sehr bequeme Form einer leicht transportablen und anbringbaren Antenne ist die sogenannte Spiraldrahtantenne. Das ist ein zu einer Spirale aufgewickelter Stahldraht von etwa 50 m Länge. Man kann ihn an zwei beliebigen Punkten eines Zimmers oder eines Ganges mit seinen Enden befestigen (Abb. 28). Infolge der Elastizität der Spiralförmigkeit paßt sich diese Antenne dem Abstand der beiden Punkte von selbst an.

Im Grunde genommen verlieren bei diesen Hilfsantennen die Begriffe Antenne und Erde ihren eigentlichen Sinn.

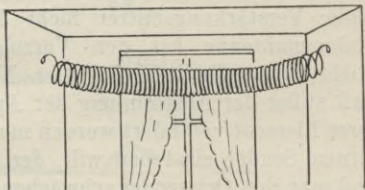


Abb. 33. Spiraldrahtantenne.

Es handelt sich nur mehr um die beiden Enden des offenen Schwingungskreises, der dadurch hergestellt wird, daß man zwei Metallmassen von großer Kapazität in zwei Punkten von hinreichendem Phasenunterschied durch die Empfangsapparatur verbindet.

Außer diesen Antennen, die dem Einfluß des elektrischen Feldes unterliegen, kann man auch geschlossene Schwingungskreise benutzen, die von dem magnetischen Felde beeinflußt werden, die sogenannten Rahmenantennen. Die von der Rahmenantenne aufgenommene Energie ist viel geringer als die von elektrisch wirksamen Antennen übertragene. Eine Rahmenantenne kann daher ohne Verstärkungsmittel nicht benutzt werden. Die Rahmenantenne hat den Vorzug und Nachteil einer Richtungsempfindlichkeit. Der Nachteil besteht darin, daß außer der Abstimmung der Apparatur noch ein weiteres Element verändert werden muß, wenn man auf einen fernen Sender einstellen will, der Vorzug besteht darin, daß man den Ortssender schwächen kann, wenn man ferne Stationen hören will, deren Richtung mit der Richtung zum Ortssender nahezu einen rechten Winkel bildet. Außerdem ist ein Rahmen auch eine sehr leicht bewegliche und wenig Platz einnehmende Antenne und wird schließlich von atmosphärischen Störungen weniger beeinträchtigt als eine elektrische Antenne.

b) Die Detektoren.

Ein hochfrequenter Wechselstrom kann sich in einem Telephon nicht bemerkbar machen. Die Membran kann so rasch nicht schwingen, wie die Stromstöße aufeinander folgen. Sie stellt sich infolgedessen auf den Mittelwert ein. Der ist aber Null, da die Ausschläge ebensoweit nach der einen Seite, wie nach der anderen erfolgen. Und daran kann auch die Modulation der hochfrequenten Welle nichts

ändern, weil auch bei der modulierten hochfrequenten Welle die Ausschläge nach beiden Seiten gleich groß sind und der Mittelwert folglich Null ist. Wenn man aber in den Weg der Schwingungen ein Ventil bringt, das zwar die Stromstöße in der einen Richtung hindurchläßt, nicht aber in der anderen, so wirken die Schwingungen auf das Telephon so ein, daß die Membran eine bestimmte, von der Ruhelage verschiedene Lage einnimmt und in dieser ruhig verharrt, solange die Schwingungen wirksam sind. Man

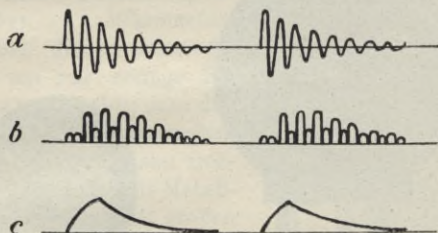


Abb. 34. Wirkung eines Detektors.

a) ankommende Schwingungen.

b) vom Detektor gleichgerichtete Schwingungen.

c) auf die Telephonmembran wirkende Mittelwerte.

kann also mit dem Telephon nur das Einsetzen der Schwingungen und ihr Aufhören wahrnehmen. Beides macht sich durch ein Knackgeräusch bemerkbar. Man könnte aber auch jede Veränderung in der Stärke der Schwingungen wahrnehmen, und darauf beruht eben die Möglichkeit, die Modulation der Hochfrequenz wieder in akustische Schwingungen umzusetzen. Diesen der Hochfrequenz gegenüber langsamen Schwankungen der Wellenamplitude oder auch des in der Antenne fließenden und im Detektorkreis gleichgerichteten Stromes kann die Telephonmembran folgen und sie erzeugt die diesen Schwankungen entsprechenden Töne.

Das am weitesten verbreitete Ventil für solche Schwingungen ist der Kristalldetektor. Er besteht aus einer Metallspitze, die einen Kristall berührt. Die Übergangsstelle übt die Ventilwirkung aus. Die physikalischen Grundlagen dieser Ventilwirkung sind bislang nicht einwandfrei klaggestellt. Man muß mit der Tatsache vorliebnehmen. Die Wirkung des Detektors auf die Schwingungen

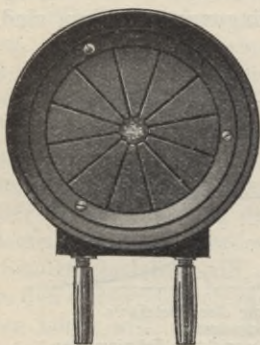


Abb. 35 a. Polytektor von Telefunken. Gehäuse geöffnet, so daß die zwölf Zungen sichtbar sind.

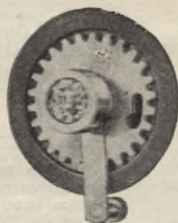


Abb. 35 b. Kristallhalter.

zeigt Abb. 34. Ein Detektor ist also einfach genug herzustellen. Daß es so zahlreiche verschiedene Ausführungsformen gibt, liegt daran, daß der Kristalldetektor eine geschickte Einstellung erfordert. Erstens nämlich eignen sich nicht alle Punkte der Kristalloberfläche gleich gut für die Ventilwirkung. Es gibt empfindliche und unempfindliche Stellen. Zweitens ändert sich die Empfindlichkeit einer Stelle gelegentlich mit der Zeit und der Inanspruchnahme, und drittens hängt die Empfindlichkeit erheblich

von dem Druck ab, unter dem die Spitze aufgesetzt wird.

Infolgedessen müssen die Detektoren so gebaut sein, daß man verschiedene Stellen des Kristalls mit der Spitze berühren kann. Bei den einfacheren Konstruktionen muß man empfindliche Stellen jedesmal von neuem mit freier Hand suchen und auch den Druck aus freier Hand regeln. Zahlreiche Konstruktionen sind aber ersonnen worden, die eine genauere Einstellung ermöglichen.

Mikrometerschrauben dienen dazu, die Spitze um nur geringe Beträge zu verschieben oder den Druck genau einzustellen. Andere Konstruktionen richten es so ein, daß die Metallspitze einen möglichst großen Teil des Kristalls überstreicht, wenn man eine Schraube dreht. Der hier abgebildete Detektor von Telefunken (Abb. 35) hat zwölf verschiedene Spitzen auf Zungen, die wahlweise durch eine Mikrometerschraube gegen den Kristall gedrückt werden können, der seinerseits auch wieder durch eine Schraube gestellt werden kann. Sein Hauptvorteil besteht darin, daß man eine einmal erprobte Stelle immer wieder einstellen kann. Die Konstruktion des weit verbreiteten Frihodetektors ist aus den Abb. 36a und b erkennbar.

Außer den Detektoren mit Kristall und Metallspitze gibt es auch einige mit zwei verschiedenen Kristallen.

Für die große Menge der Rundfunkhörer in den Sende-

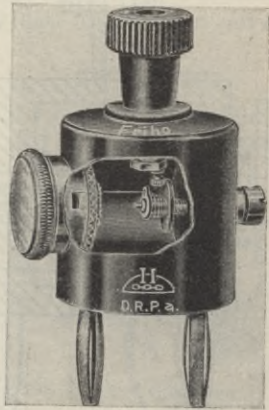


Abb. 36 a. Frihodetektor. Ansicht.

städten, die am Rundfunk teilnehmen wollen, genügt der Detektor vollauf, für höhere Ansprüche an Betriebsbereitschaft und an Lautstärke übernimmt die Gitterröhre die Aufgabe des Gleichrichters.

Der Strom durch die Röhre ist abhängig von der Spannung, die das Gitter hat. Gibt man dem Gitter eine hin-

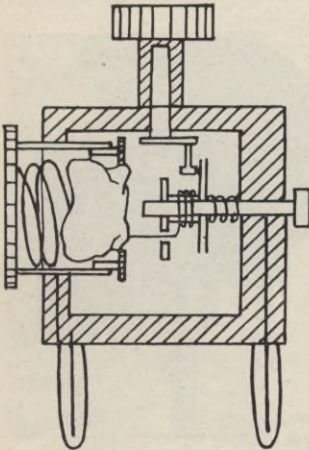


Abb. 36 b. Frihodetektor. Schema.

reichende negative Spannung, so fließt gar kein Strom, gibt man ihm eine hinreichende positive Vorspannung, so kann der Strom durch weitere Erhöhung nicht mehr verstärkt werden. Arbeitet man mit einer dieser beiden Spannungen, so treten Stromänderungen nur ein: im ersten Fall, wenn positive Spannung dazu tritt und also die negative erniedrigt; im zweiten Fall, wenn negative Spannung dazutritt und also die positive Vorspannung erniedrigt. In beiden Fällen bewirkt nur die eine Hälfte der

Welle eine Stromänderung. Zweckmäßiger ist die negative Vorspannung, weil dann im Ruhezustande kein Strom fließt. Abb. 37 zeigt diese Verwendung der Röhre. Bei dieser Schaltungsskizze ist wie bei allen folgenden der Heizstromkreis weggelassen. Die Hochfrequenz muß zwischen den beiden mit H bezeichneten Punkten angelegt werden. Ob sie unmittelbar dem Antennenkreis entnommen wird oder über einen Sekundärkreis oder wie immer sie sonst dem Detektorkreis zugeführt wird, bleibt sich völlig gleich für die Detektor-

wirkung. Abb. 38 zeigt eine gewöhnliche Röhrencharakteristik (d. h. Anodenstromstärke als Funktion der Gitterspannung) und man sieht, wie bei hinreichender negativer Vorspannung nur während der positiven Halbwellen Strom durchgelassen wird.

Die Röhre kann aber noch in einer anderen Schaltung viel wirksamer als Gleichrichter gebraucht werden. Abb. 39 zeigt die allgemein verbreitete Audionschaltung. Für diese Schaltung ist es wesentlich, daß das Gitter durch einen Kondensator verriegelt ist.

Schließt man den Anodenstromkreis, ohne dem Gitter Spannung zuzuführen, so lädt sich das Gitter von selbst negativ auf durch Elektronen, die an ihm hängenbleiben, und schwächt den Anodenstrom. Zwischen dem Gitter und der Kathode liegt nun ein sehr

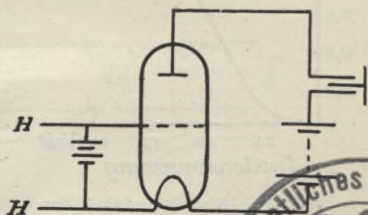


Abb. 37. Röhre in Gleichrichterschaltung.

großer Widerstand. Sobald das Gitter stärker negativ geladen ist als die Kathode, findet über diesen Widerstand hinweg ein Ausgleich statt. Da der Widerstand aber sehr groß ist, so können die Elektronen nur langsam zur Kathode abfließen und es wird sich schließlich ein stationärer Zustand einstellen, bei dem der Anodenstrom gerade soviel Elektronen an das Gitter in einer bestimmten Zeit abgibt, wie vom Gitter über den Widerstand zur Kathode fließen können. Nun denken wir uns an die beiden Punkte H eine Hochfrequenz angelegt (Abb. 40a). Dann wird die positive Halbwelle die Elektronen aus dem Gitter heraus in den Kondensator ziehen, und der Anodenstrom wird zunächst stärker



fließen. Dabei bleiben aber mehr Elektronen am Gitter hängen, als durch den Widerstand abfließen können, und die folgende negative Halbwelle drängt alle Elektronen vom

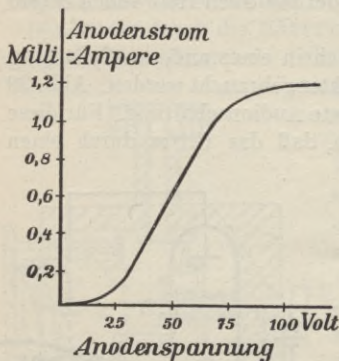


Abb. 38. Die Abhängigkeit des Anodenstroms von der Anodenspannung.

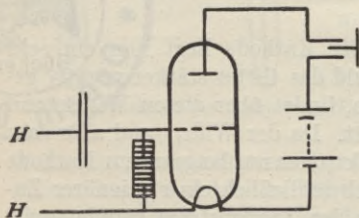


Abb. 39. Röhre in Audionschaltung.

Kondensator wieder auf das Gitter, das nun den Strom viel stärker schwächt als vorher. Bei der nächsten positiven Halbwelle befinden sich auf dem Gitter bereits mehr Elektronen, als zu Anfang darauf waren, und so bleiben auch während des Einflusses der positiven Halbwelle genug Elektronen auf dem Gitter, um zu verhindern, daß der Anodenstrom über den ursprünglichen Betrag stark hinauswächst. Aber die Zahl der Elektronen auf dem Gitter wird sich wieder etwas vermehren. Der Erfolg wird also sein, daß der Anodenstrom unter dem Einfluß einer angelegten Hochfrequenz ebenfalls hochfrequent schwingt, aber um einen Mittelwert, der tiefer liegt als der ursprüngliche Anodenstrom (Abb. 40b). Ein empfindliches Gleichstromamperemeter

Der Erfolg wird also sein, daß der Anodenstrom unter dem Einfluß einer angelegten Hochfrequenz ebenfalls hochfrequent schwingt, aber um einen Mittelwert, der tiefer liegt als der ursprüngliche Anodenstrom (Abb. 40b). Ein empfindliches Gleichstromamperemeter

würde also jetzt einen geringeren Stromdurchgang im Anodenkreise anzeigen, als es anzeigt, solange noch keine Hochfrequenz daran liegt. Der Betrag, um den der Anodenstrom vermindert wird, hängt nun von der Amplitude der Hochfrequenz ab; d. h. aber: der durchschnittliche Strom schwankt im Rhythmus der Niederfrequenz, die die Hoch-

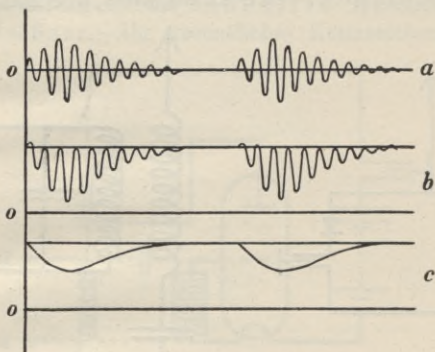


Abb. 40. Die Wirkung des Audions.

frequenz moduliert. (Abb. 40c). Da nun das Telephon auf diese niederfrequenten Schwankungen des durchschnittlichen Stromes anspricht, so stellt auch die Audionschaltung eine Möglichkeit dar, die Niederfrequenz im Telephon hörbar zu machen.

c) Einige wichtige Grundsaltungen.

Wir wollen nun an den folgenden Abbildungen das Grundsätzliche der einfachen unter den weitverbreiteten Schaltungen für Telephonieempfang zeigen. Diese Skizzen sollen keine Anweisungen für Bastler sein, sondern sie sollen die Grundbestandteile der einzelnen Konstruktionen erkennen lassen. Abb. 41 zeigt einen Primärempfänger. An

die Stelle des Detektors kann natürlich auch eine Röhre treten. Das Wesentliche ist dies, daß der Detektorkreis unmittelbar an den Antennenkreis angeschlossen ist, der allein abstimmfähig ist. Abb. 42 zeigt demgegenüber einen Sekundärempfänger. Hier wird die Energie aus dem abgestimmten Antennenkreis zunächst auf einen zweiten abgestimmten Kreis, den Sekundärkreis, übernommen und

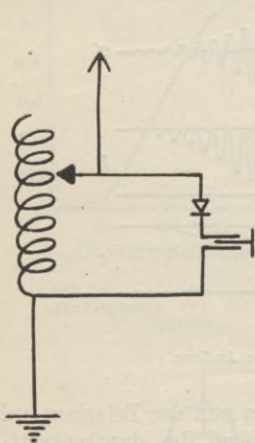


Abb. 41. Primärempfänger.

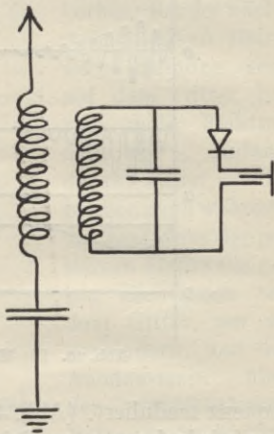


Abb. 42. Sekundärempfänger.

von diesem an den Detektorkreis abgegeben. Bei einem Tertiärempfänger käme noch ein weiterer Kreis dazu. Diese Zwischenkreise haben die Aufgabe von Wellensieben. Sie geben alle die Welle, auf die sie abgestimmt sind, sehr viel leichter weiter, als andere, und so werden nichtgewünschte Wellen immer stärker ausgesiebt. Natürlich bewirkt jeder Kreis mehr auch einen Verlust an Energie zwischen Antennenkreis und Detektorkreis, den man aber durch geeignete Verstärkungsmittel wieder ausgleichen kann.

Benutzt man Röhren als Gleichrichter in Audionschaltung, so kann man durch geeignete Schaltungen die Röhre noch als Verstärker ausnutzen. Man kann solche Schaltungen als Rückkopplungsschaltungen im weiteren Sinne bezeichnen. Die Abb. 43 bis 46 zeigen vier solcher Rückkopplungsschaltungen*). Abb. 43 zeigt die älteste dieser Schaltungen: die induktive Rückkopplung nach Meißner. Ihr wesentliches Kennzeichen ist, daß

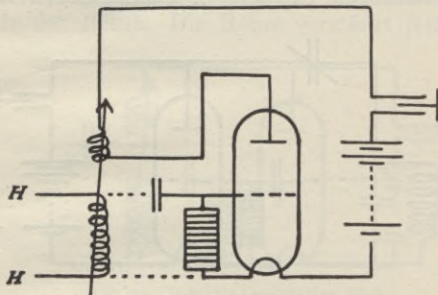


Abb. 43. Induktive Rückkopplung (Meißner).

der Anodenkreis durch eine Spule induktiv mit einer Spule eines der Kreise gekoppelt ist, in denen die Hochfrequenz schwingt, ehe sie an das Gitter gelangt. Durch diese Kopplung wird Energie des Anodenkreises an den anderen weiter vorn liegenden Kreis abgegeben, und es werden dadurch dem Gitter stärkere elektrische Schwingungen zugeführt. Die Rückkopplung stellt also eine Art Hochfrequenzverstärkung dar. Diese Rückwirkung auf

*) In diesen Zeichnungen deuten die gestrichelten Linien nicht Verbindungen an, sondern sollen die Möglichkeit offen lassen, die verschiedensten Schaltelemente einzufügen. Nur die für die jeweilige Schaltung wesentlichen Teile sind ausgezeichnet.

einen vor der Röhre liegenden Kreis kann aber auch durch eine kapazitative Verbindung erreicht werden und so sehen wir in Abb. 44 das Wesentliche einer Leithäuserschaltung vor uns. Eine Kapazität stellt die Verbindung mit einer Kapazität eines früheren Kreises her. Die Reinartzschaltung (Abb. 45) verbindet induktive mit kapazitiver Rückkopplung und das Ultraaudion endlich (Abb. 46) verwendet galvanische Rückkopplung. Jede dieser Schaltungen existiert in mannigfachen Abwand-

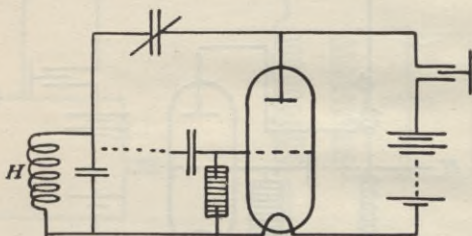


Abb. 44. Kapazitive Rückkopplung (Leithäuser).

lungen. Die Rückkopplung kann auf die Antenne oder auf einen Zwischenkreis erfolgen. Sie wird etwas anders ausgeführt, wenn man es mit einem Einröhrenapparat oder mit einem Zweiröhrenapparat zu tun hat usw. Über solche Einzelheiten wird ein anderer Band dieser Sammlung unterrichten. Hier sind nur die Elemente jeder solchen Schaltung angedeutet. Wir geben als letzte solcher Skizzen noch das Prinzip einer Reflexschaltung (Abb. 47) an. In der Zuführung der Hochfrequenz zum Gitterkreis liegt ein Eisentransformator. Die Selbstinduktion dieses Transformators würde die Hochfrequenz abdrosseln, aber seine Eigenkapazität gestattet ihr den Durchgang. (Wenn das nicht der Fall ist, kann man ihn durch eine Kapazität überbrücken.) Die

Röhre soll zur Hochfrequenzverstärkung dienen. Im Anodenstromkreis liegt eine Spule, die ihn mit dem Detektorkreis koppelt. Das Telephon im Anodenkreis ist durch eine Kapazität für die Hochfrequenz überbrückt. Im Detektorkreis wird die Hochfrequenz gleichgerichtet, und der daraus sich ergebende durchschnittliche Gleichstrom schwankt niederfrequent. Diese Niederfrequenz wird dem Transformator zugeführt, der vor der Röhre liegt, und die Enden seiner Sekundärwicklung arbeiten wieder auf Gitter und Kathode der Röhre. Die Röhre verstärkt jetzt also die

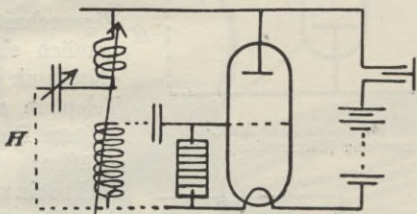


Abb. 45. Induktiv-kapazitive Rückkopplung (Reinartz).

Niederfrequenz, und diese Niederfrequenz, die nun neben der Hochfrequenz im Anodenkreise fließt, wirkt auf die Telephonmembran. Das Wesentliche einer Reflexschaltung besteht darin, daß ein und dieselbe Röhre zur Hochfrequenz- und Niederfrequenzverstärkung dient, also einmal vor der Gleichrichtung und einmal nach der Gleichrichtung verstärkt. In unserer Skizze benutzen wir als Gleichrichter einen Detektor.

d) Die Telephone.

Man kann die im Detektorkreis fließende Niederfrequenz entweder mit einem Telephon oder mit einem Lautsprecher aufnehmen. Die Schwierigkeiten, einen unverzerrten Emp-

fang zu erhalten, sind beim Telephon leichter zu überwinden als beim Lautsprecher, so lange man es nur auf geringe Lautstärke beansprucht. Alles Wesentliche über das Telephon ist bereits in der Allg. Einf. gesagt, so daß wir uns hier darauf beschränken können, einen Kopfhörer in moderner Ausführungsform im Bilde (Abb. 48) wiederzugeben. Der

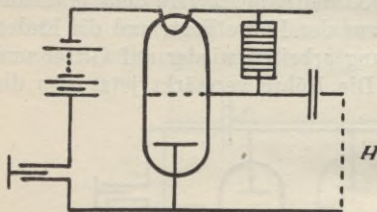


Abb. 46. Galvanische Rückkopplung (Ultraaudion).

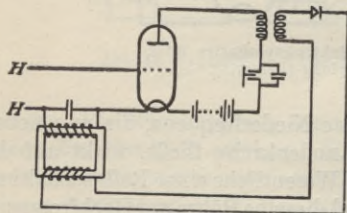


Abb. 47. Reflexschaltung.

Bügel, der die beiden Telephone hält, ist eine dünne elastische Stahlfeder. Neben guten akustischen Eigenschaften muß nämlich ein für den Rundfunk geeignetes Telephon noch zwei weitere Bedingungen erfüllen: es muß leicht sein und es darf den Benutzer auch dann nicht belästigen, wenn er es lange Zeit an den Ohren hat. Namentlich um die letzte Bedingung zu erfüllen, versieht man die beiden Telephone häufig mit

einem Überzug aus Gummi, der nicht nur den Druck gegen den Kopf mindert, sondern auch die Lautstärke dadurch verbessert, daß er das Ohr gegen fremde Geräusche gut abschließt.

e) Die Lautsprecher.

Man kann das Prinzip des Telephons nicht ohne weiteres auf den Lautsprecher übertragen, weil schwingende Mem-

branen, wenn sie große Energien abgeben sollen, nicht mehr auf alle Töne gleichmäßig ansprechen. Trotzdem arbeitet die Mehrzahl der Lautsprecher mit diesem Prinzip, weil sich auf diese Weise der Lautsprecher verhältnismäßig billig herstellen läßt, und man sucht den Übelstand der Membran auf die verschiedensten Weisen zu korrigieren. Eine ziemlich gute Wirkung erzielt man, wenn man einen Kopfhörer, der imstande ist, eine hinreichende Energie aufzunehmen, mit

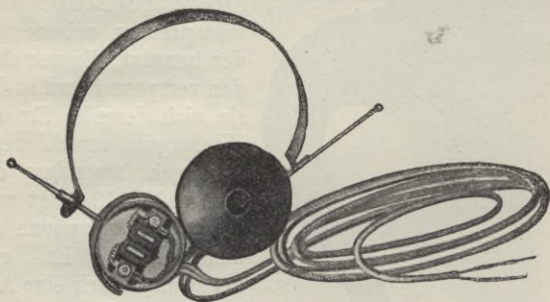


Abb. 48. Lorenzkopfhörer.

einem geeignet geformten Trichter versieht. Abb. 49 zeigt eine solche Telefunktionskonstruktion.

Unter den Konstruktionen von grundsätzlich anderer Art sind vier zu nennen: 1. Das Statophon der Lorenzgesellschaft und der Reißlautsprecher, 2. der Lautsprecher nach dem Johnsen-Rahbeck-Prinzip der Huthgesellschaft, 3. der Bandlautsprecher von Siemens und 4. der Blatthaller ebenfalls von Siemens.

Das Statophon ist ein aus einer Glimmermembrane und einer festen Rückwand gebildeter Kondensator. Die Membran wird also nicht durch einen Magneten zum Schwingen angeregt, sondern durch die elektrostatische anziehende Wirkung, die die beiden Platten eines Kondensators auf-

einander ausüben, wenn er geladen wird. Durch einen Wechselstrom wird die Ladung des Kondensators beständig geändert, und die Kraft, mit der die Platten sich anziehen, schwankt im gleichen Rhythmus. Um die Eigenschwingung



Abb. 49. Der Telefunken-sprecher.

der Membran zu unterdrücken, ist sie in besonderer Weise verspannt und es werden zwei oder drei solche Kondensatorlautsprecher nebeneinander benutzt, die verschieden verspannt sind, so daß sie sich jeweils für die Wiedergabe verschiedener Tonlagen besonders eignen. Abb. 50 zeigt zwei derartige Statophone nebeneinander. Es gibt neuerdings auch eine Ausführung des Statophons in so geringer Größe, daß sie als Zimmerlautsprecher in Betracht kommt. Auch der Reißlautsprecher beruht auf dem Kondensatorprinzip. Eine mit zahlreichen großen Löchern versehene Aluminium-

platte ist der eine Beleg, über die eine Gummimembran als Dielektrikum gespannt ist. Die Gummimembran ist mit einem Pulver aus leitfähigem Material überzogen und diese Schicht bildet die zweite Belegung. Der Kondensator erhält zunächst eine Vorspannung von 200 bis 250 Volt, der sich die Spannungsschwankungen, die in Töne

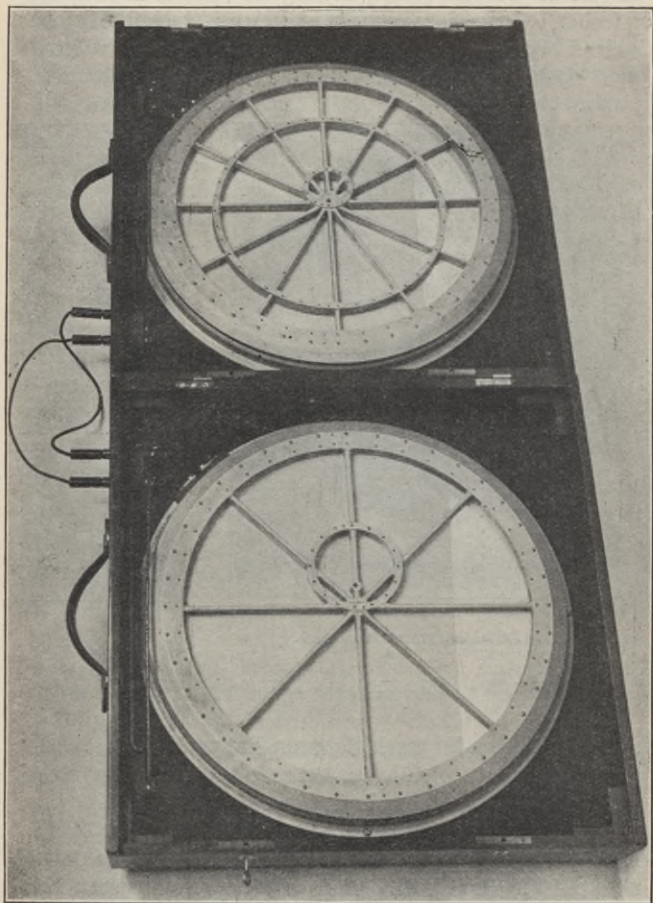


Abb. 50. Statophone.

umgesetzt werden sollen, überlagern. Dieser Reiß-Lautsprecher, von dessen gegenwärtigem Aussehen Abb. 51a und b eine Vorstellung gibt, hat seine endgültige Konstruktion wohl noch nicht erreicht.

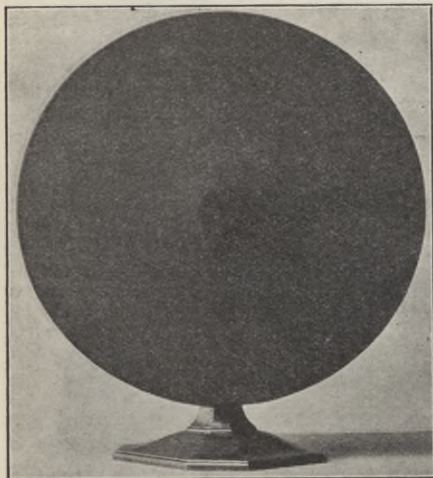


Abb. 51a. Reiß-Lautsprecher von vorn.

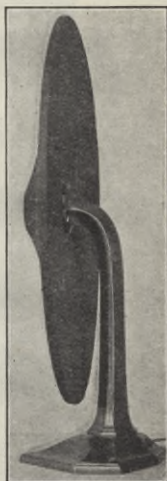


Abb. 51b.
Reiß-Lautsprecher
von der Seite.

(Apparate-Bau- u. Vertriebs-Gesellschaft System Reiß, G.m.b.H., Berlin.)

Der Lautsprecher nach Johnson-Rahbeck ist bereits in der Allg. Einf. so ausführlich behandelt, daß wir hier nicht weiter darauf einzugehen brauchen.

Der Bandlautsprecher ist eine Umkehrung des Bandmikrophons. Während dort die Schallwellen das Aluminiumband in Bewegung setzen und dadurch an seinen Enden elektrische Spannungen erzeugen, werden hier dem

Bande die elektrischen Ströme zugeführt, und da das Band zwischen den Polen eines starken Magneten befestigt ist, fängt es unter dem Einfluß dieser Ströme an, zu schwingen. Man hat es nun in der Hand, durch Wahl der Dimensionen des Bandes und der Apparatur, sowie durch Verstärkung der zugeführten Ströme fast beliebige Lautstärken zu erzeugen. Die Klangverzerrungen dieses Lautsprechers sind sehr gering. Seiner allgemeinen Verbreitung aber steht der Umstand hindernd im Wege, daß man für die Magnete kräftigen Gleichstrom braucht, der nicht allgemein zur Verfügung steht.

Der Blatthaller ist eine neue Konstruktion der Firma Siemens, der seinen Namen daher hat, daß ein Blatt als Ganzes zum Schwingen gebracht wird.

D. h. also, es wird nicht die Elastizität des Materials in Anspruch genommen, um die Schwingungen zu erzeugen, sondern die Platte gewissermaßen als starrer Körper hin- und herbewegt. Zu dem Zweck ist als Leiter des elektrischen Stromes ein Kupferband auf der Rückseite des Holzblattes hochkant in Schlangenlinien geführt, wie es Abb. 52 zeigt, und dieser Leiter liegt im Innern eines Magnetsystems, in dem Nord- und Südpol beständig wechseln (Abb. 53). Auf jeden Teil der Drahtwindung wird durch das Magnetsystem eine Kraft im gleichen Sinne ausgeübt. Es wird also die ganze Platte angezogen oder abgestoßen, je nach der Richtung, in der der Strom fließt. So setzt die schwingende Platte große Luft-

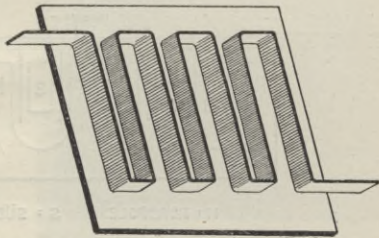


Abb. 52. Das hochkant befestigte Kupferband.

massen in Bewegung und vermag eine erhebliche Lautstärke zu erzeugen. Damit sich der Luftdruck vor und hinter der Platte nicht unmittelbar ausgleichen kann, ist das Blatt durch einen Filz abgedichtet und in einen Kragen aus Holz eingesetzt. Abb. 54 zeigt uns die Vorderansicht des ganzen Lautsprechers. Hinter der Öffnung befindet sich das Blatt. Unter dem Gesichtspunkt der Verzerrungsfreiheit ist dieser Lautsprecher wohl gegenwärtig der vollkommenste. Aber auch er wird vorläufig nur in Betracht kom-

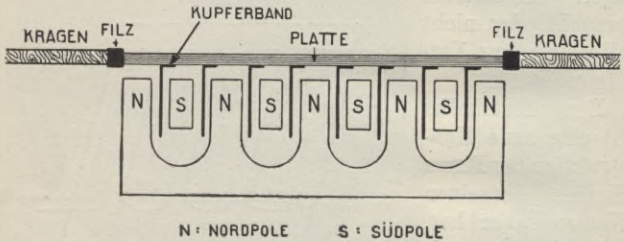


Abb. 53. Schnitt durch den Elektromagneten und die Platte des Blatthallers mit dem hochkant gestellten Kupferband (schematisch).

men, wo ein großer Saal versorgt werden soll. Eine kleine Ausführung für den Bedarf der einzelnen Rundfunkteilnehmer dürfte vorläufig kaum in Betracht kommen.

6. Die Organisation des Rundfunks.

Es ist keine Kleinigkeit, den Rundfunkverkehr zu „organisieren“, weil sich hier die verschiedensten Interessen überdecken. Während in den Vereinigten Staaten von Amerika von allem Anfang an die weiteste Freiheit sowohl für den Empfang als für das Senden von Wellen bestand, war Deutschland das Land, in dem die meisten Verbote bestanden haben. Im Laufe der Zeit hat in den beiden

Ländern eine Bewegung nach der erträglichen Mitte zu eingesetzt. In Amerika sind die notwendigsten behördlichen Regelungen getroffen worden, in Deutschland ist die amtliche Zwangsjacke gelockert worden.

Der gegenwärtige Zustand in Deutschland ist der, daß jedermann ein beliebiges Empfangsgerät betreiben kann, der bei der Post die Absicht, ein Gerät zu betreiben, gemeldet, die Erlaubnis dazu bekommen und die Rundfunkgebühr von 2 M. monatlich bezahlt hat. Das Senden hingegen ist nicht ohne weiteres gestattet. Seitdem sich die ganz kurzen Wellen von 50 bis 200 m entgegen allen theoretischen Vermutungen als durchaus brauchbar für die Wellentelephonie erwiesen haben, werden private Sender unter bestimmten Voraussetzungen für Versuchszwecke gestattet. Im wesentlichen aber hat sich in Deutschland die Postverwaltung den Sendebetrieb vorbehalten. Sie betreibt die sämtlichen in Deutschland vorhandenen Rundfunksender. Nur die Besprechung überläßt sie Privatgesellschaften, mit denen sie in einem Vertragsverhältnis steht.

Der Rundfunkverkehr darf natürlich den wichtigen Nachrichtenverkehr nicht stören. Daher sind für ihn die Wellen von etwa 200 bis 590 m vorgesehen, während der Nachrichtenverkehr sich auf erheblich längeren Wellen abspielt.

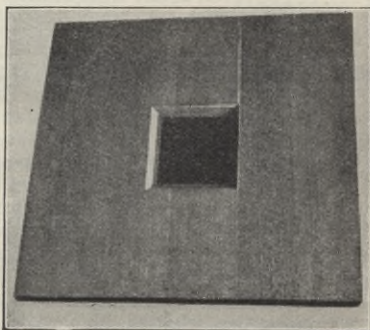


Abb. 54. Vorderansicht des Blatthallers.
In der Mitte des „Kragens“ ist die bewegliche
Platte sichtbar.

Der Rundfunkverkehr läßt sich aber in Europa nicht von jedem Staate für sein Gebiet allein regeln, weil sich die Wellen an keine Grenzen halten, sondern die Regelung muß international getroffen werden. Die einzelnen Wellen sollen aber so verteilt werden, daß zwischen ihnen ein Frequenzabstand von 10 000 Perioden bleibt. Das ist nur die Hälfte dessen, was erforderlich wäre, wenn die Seitenbänder (vgl. S. 113) sich nicht überdecken sollen, und dennoch läßt sich selbst bei diesem Abstand nur eben auskommen.

Es sind jetzt internationale Richtlinien aufgestellt, nach denen die Wellenlängen an die einzelnen Länder verteilt werden sollen. Für die Zahl der Wellen, die jedem Lande zugeteilt worden sind, ist ebensowohl der Entwicklungsstand des Rundfunkwesens als die Größe des Landes und die Zahl seiner Bewohner maßgeblich gewesen. Es soll dabei zwischen Haupt- und Nebenwellen unterschieden werden, derart, daß jedem Lande einige Hauptwellen überlassen werden, die ihm allein vorbehalten bleiben, während die Nebenwellen mehreren Ländern zugeteilt werden. Die Hauptwellen werden in den einzelnen Ländern den starken Sendern gegeben, während sich die kleineren Sender mit Nebenwellen begnügen müssen. Deutschland hat auf der letzten Konferenz 12 Hauptwellen erhalten, die vorläufig (vom 15. September 1926 ab) auf folgende Sender verteilt werden sollen: Berlin, Breslau, Dortmund, Elberfeld, Frankfurt a. M., Hamburg, Königsberg i. Pr., Leipzig, München, Münster i. W., Nürnberg, Stuttgart. Das ist allerdings innerhalb Deutschlands Grenzen nur eine vorläufige Regelung. Vorläufig sind noch einige der schwächeren Sender mit Hauptwellen bedacht, die sie werden abgeben müssen, wenn erst die großen Sender fertig sind. Nach den Plänen der Reichspost werden die kleinsten Sender in Deutschland eine Leistung von 1,5—3 kW haben. Solche Sender sollen in Bremen, Dortmund, Dresden, Elberfeld, Gleiwitz, Hannover, Kassel, Kiel, Königsberg, Münster und Stuttgart bleiben. Diese Sender werden sich also in Zukunft mit Nebenwellen begnügen müssen. Dann kommen die mittelgroßen Sender von 9 und 10 kW in Berlin, Breslau, Frankfurt, Hamburg, Leipzig und München, die mit Hauptwellen ausgestattet werden sollen. Der gegenwärtige Deutschlandsender in Königswusterhausen sendet mit 18 kW. 1927 sollen zwei ganz große Sender in Betrieb genommen werden, der Rheinlandsender mit 60 kW, der in Langenberg errichtet wird, und ein Europa-

sender von 100 kw Leistung, der in Zeesen bei Königswusterhausen seinen Platz finden wird. Trotz der außerordentlich schnellen Veränderungen auf diesem Gebiet lohnt es sich vielleicht, den gegenwärtigen Zustand des Rundfunks (August 1926) in einer Karte festzuhalten, damit man eine Vergleichsgrundlage behält. In der Abb. 55 bedeuten die Kreise um die Sender die Reichweite, bis zu der man die Sender mit Röhrengerät ohne Ver-

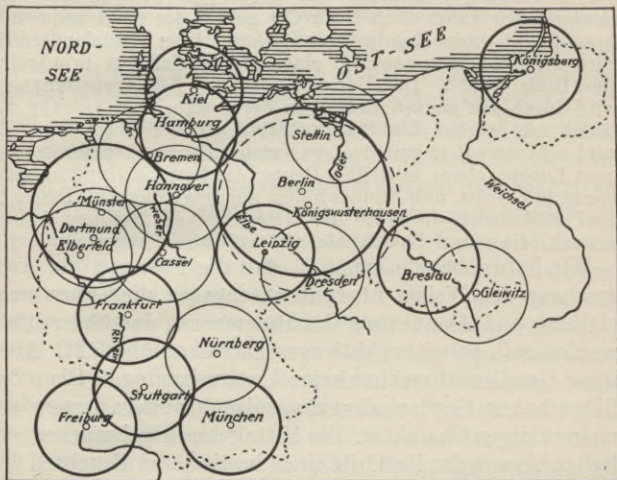


Abb. 55. Karte der Rundfunksender Deutschlands.

stärkung mit Sicherheit aufnehmen kann (bei den kleineren Sendern 100 km). Die stark ausgezeichneten Kreise bedeuten die Hauptsendestellen, die schwach gezeichneten Kreise kennzeichnen die abhängigen Sender. So überträgt Stettin das Berliner Programm, Bremen und Hannover übertragen das Hamburger Programm, Dortmund und Elberfeld das Programm von Münster. Kassel das Programm von Frankfurt, Nürnberg das Münchener Programm, Dresden das Leipziger und Gleiwitz das Breslauer Programm. Natürlich können alle diese Zwischensender auch gelegentlich ein eigenes Programm verbreiten oder der Hauptsender kann das Programm des Nebensenders mit übernehmen.

Die Verbindung mehrerer Sender zur Übertragung desselben Programms dient vor allen Dingen der Verbilligung und ermöglicht es immer weiteren Kreisen, mit Detektorempfängern oder wenigstens einfachem Röhrengerät am Rundfunkverkehr teilzunehmen. Wie man aus der Karte sieht, gibt es jetzt nur noch wenige Stellen in Deutschland, die nicht innerhalb der Reichweite eines Senders liegen. Wenn aber die gegenwärtigen Pläne der Reichspost erst zur Ausführung gekommen sein werden, so wird es innerhalb Deutschlands kaum noch einen Ort geben, der nicht bequemen Anschluß an einen Rundfunksender hätte. Der Rheinlandsender wird wahrscheinlich auch für einen großen Teil von Frankreich eine Rolle spielen. Der Europasender von Königswusterhausen wird durch den ganzen Erdteil zu hören sein. Die Aufgabe des Rundfunks wächst damit zu außerordentlicher Bedeutung. Es wird sehr darauf ankommen, was man zu sagen hat, wenn man ganz Europa etwas mitteilt. Deutschland ist die Rundfunkvormacht in Europa, unmittelbar hinter ihm folgt England. Deutschland wird durch die Güte des Gebotenen die Stellung halten müssen, die es auf Grund seines technischen Ranges einnimmt.

Wir haben bereits erwähnt, daß die Post nur die Aussendung der Wellen übernimmt, dagegen die Zusammenstellung und Ausführung des Programms, das übermittelt werden soll, privaten Aktiengesellschaften überläßt. Aber diese Gesellschaften sind keine Unternehmungen, die möglichst hohen Gewinn abwerfen sollen, sondern tragen gemeinnützigen Charakter. Die Mittel, die sie gebrauchen, erhalten sie von der Post, die einen bestimmten Bruchteil der Teilnehmergebühr an die Gesellschaften abgibt. Auf diese Weise sind die Gesellschaften an der Zunahme der Teilnehmerschaft interessiert. Andererseits ist jede Gesellschaft auf eine gewisse Mindestteilnehmerschaft angewiesen, wenn sie ein zureichendes Programm durchführen soll. Dies ist einer der Gründe, weswegen nicht zwanzig Sendegesellschaften in Deutschland zugelassen werden können, und zu einem Hauptsender in der Regel ein oder mehrere Nebensender gehören, die das Gebiet der Teilnehmer für eine Gesellschaft erweitern. Gegenwärtig gibt es acht Sendegesellschaften. Die Deutsche Stunde in Bayern in München,

die Funkstunde in Berlin, die Mitteldeutsche Rundfunk-A.-G. in Leipzig, die Nordische Rundfunk-A.-G. (Norag) in Hamburg, die Ostmarken-Rundfunk-A.-G. in Königsberg i. Pr., die Schlesische Funkstunde in Breslau, die Süddeutsche Rundfunk-A.-G. in Stuttgart, den Südwestdeutschen Rundfunkdienst in Frankfurt a. M. und den Westdeutschen Rundfunk in Münster in Westf. Soweit die Einkünfte einer Gesellschaft größer sind als erforderlich, um ihre Unkosten zu decken und ihren sachgemäßen weiteren Ausbau sicherzustellen, werden sie für die gemeinsamen Aufgaben der Rundfunkgesellschaften zur Verfügung gestellt, so daß der Überschuß eines Senderbereiches einen Fehlbetrag in einem anderen Gebiete ausgleichen kann. Um solchen Ausgleich zu ermöglichen und diejenigen Angelegenheiten zu behandeln, an denen alle Gesellschaften interessiert sind, haben sich die Gesellschaften zu einer Reichs-Rundfunk G. m. b. H. zusammengeschlossen. Diese Gesellschaft kann technische Arbeiten unterstützen, die für alle Sender Interesse haben, sie sorgt für die Herstellung und Benutzung eines Leitungsnetzes, das alle Sender untereinander verbindet, damit außergewöhnliche Veranstaltungen einer Gesellschaft von den anderen mit übernommen werden können und sie vertritt die gesamten deutschen Rundfunkinteressen im Ausland.

Sie ist Mitglied der Union Internationale de Radiophonie, zu der sich die bedeutendsten Sendegesellschaften Europas zusammengeschlossen haben. Dieser Verein hat ein ständiges Bureau in Genf und vertritt rund 100 europäische Rundfunksendestellen. In diesem Verein sollen alle Fragen des Rundfunks behandelt werden, die über den Bereich des einzelnen Landes hinausgehen, insbesondere gehört dazu die geeignete Verteilung der Wellen.

Der Unterhaltungsrundfunk ist aber nicht die einzige Art von Rundfunknachrichten, die ausgegeben werden. Erstens wird er ergänzt durch die Sendungen des Deutschland-

senders in Königswusterhausen, der außer einem Teil des Berliner Programms nachmittags Vorträge übermittelt, die vorwiegend zur Weiterbildung von Lehrern und Ärzten bestimmt sind. Für das Programm dieses Senders ist die Deutsche Welle G. m. b. H. verantwortlich. Er soll in Zukunft mit allen deutschen Sendestädten durch Kabelleitungen verbunden werden und dann aus allen Städten das Beste auf seine Welle übernehmen. Sodann gibt es den Presserundfunkdienst, und zwar sind es drei Stellen, die solche Nachrichten verbreiten, nämlich erstens Wolffs Telegraphisches Bureau zusammen mit dem Verein deutscher Zeitungsverleger, zweitens die Telegraphen-Union und drittens der Sozialdemokratische Pressedienst. Die Nachrichten werden von diesen Bureaus aus unmittelbar auf die Sprechender der Reichspost übernommen. Für die Aufnahme dieser Sendungen bedarf es einer besonderen Genehmigung, die aber nur an Zeitungen und Nachrichtebureaus gegeben wird. Ferner wird ein Wirtschaftsrundfunk von der Eildienstgesellschaft ausgegeben. Auch diese Nachrichten (Devisen, Effektenkurse, Warenpreise, Marktberichte) werden in den Geschäftsräumen der Gesellschaft zusammengestellt und ins Mikrophon gesprochen. Die Reichspost übernimmt sie dann auf den Sender Königswusterhausen und gibt sie an die Bezieher weiter. Eine Gesellschaft Deutscher Hochseerundfunk in Hamburg gibt den Schiffen, die sie mit Empfangsapparaten ausrüstet, wichtige Nachrichten über den Sender Norddeich. Und zwar gibt sie in erster Linie Nachrichten von allgemeiner Bedeutung für die Schifffahrt, wie Wetternachrichten, Sturmwarnungen, Eismeldungen usw., außerdem gibt sie aber auch Nachrichten weiter, die an einzelne bestimmte Empfänger gerichtet sind. Auf diese Weise können die Reeder auch ihren kleineren Schiffen, auf denen kein ausgebildeter Telegraphist mitfährt, Weisungen zukommen lassen.

III. Die leitungsgerichtete Wellentelephonie.

Die elektrischen Wellen, die von einer Sendeantenne ausgestrahlt werden, breiten sich nach allen Richtungen des Raumes frei aus. Das ist ihr Vorzug, aber auch ihr Nachteil. Auf dieser ihrer Eigenschaft beruht ihre Eignung zum Rundfunk, das macht sie gleichzeitig so wenig geeignet für einen Telephonverkehr zwischen zwei Personen. Denn selbst, wenn wir von dem Umstand absehen, daß man die Nachrichten, die man der Welle anvertraut, nicht geheimhalten kann, daß das Gespräch von jedem mitgehört werden kann, der sich auf die Welle einstellt, so ist das Verfahren vor allen Dingen unwirtschaftlich. Man muß Energie in den ganzen Raum hinausstrahlen, um des einen Punktes willen, den man zu treffen wünscht. Nun hatte man bereits sehr bald bemerkt, daß die von einem Sender ausgestrahlte elektromagnetische Energie sich nicht nach allen Richtungen ganz gleichmäßig ausbreitet, sondern daß z. B. Flüsse und Kanäle, aber auch Eisenbahnschienen und Drahtleitungen von den Wellen bevorzugt wurden. Das heißt in der Richtung dieser Elektrizitätsleiter breitet sich die elektrische Energie stärker aus, als in anderen Richtungen, diese Leiter halten die Energie zusammen und man hat sich dann durch systematische Versuche davon überzeugt, daß es möglich ist, die Hochfrequenzenergie durch solche Leiter zu „führen“. Man darf sich die Sache keineswegs so vorstellen, wie die Dinge beim elektrischen Gleichstrom verlaufen. Dort fließt der Strom wirklich im Draht. Träger des Stromes sind die Elektronen. Hier dagegen fließt die Energie nur längs des Drahtes im umgebenden Dielektrikum dahin. Für den Erfolg aber kommt beides freilich im wesentlichen auf dasselbe

heraus, wenn es sich um frei in der Luft gespannte Leiter handelt. Dagegen ist es nicht möglich Hochfrequenzenergie durch Kabel, die sich als so ausgezeichnete Verbindungen für Ferngespräche erwiesen haben, zu schicken eben aus dem Grunde, weil die Hochfrequenzenergie nicht im Draht läuft, sondern am Draht entlang, und dazu hat sie im Innern der Erde nicht die gleiche Möglichkeit wie in der Luft.

Es sind nun vor allen Dingen drei Gebiete, auf denen die leitungsgerichtete Hochfrequenztelephonie eine Rolle spielt. Erstens kann sie dazu benutzt werden, eine Telephon- oder Telegraphenleitung, die oberirdisch durch Draht geführt wird, mehrfach auszunutzen. Diese Mehrfachtelephonie ist seit einigen Jahren bei der Post bereits in regelmäßiger Verwendung. Das zweite Feld der leitungsgerichteten Hochfrequenztelephonie ist die Elektrizitätswerkstelephonie. Die verschiedenen Stationen eines ausgedehnten Netzes zur Versorgung eines größeren Gebietes mit Elektrizität müssen sich schnell und sicher untereinander verständigen können. Diese Verständigung muß insbesondere auch dann noch sicher arbeiten, wenn eine Störung im Netz vorliegt. Allen diesen Anforderungen entspricht die leitungsgerichtete Telephonie, die mit ihrer hochfrequenten Niederspannungsenergie dieselben Leitungen entlang läuft, wie die niederfrequente Hochspannungsenergie, zu deren Übertragung sie angelegt sind. Der dritte und jüngste Zweig der leitungsgerichteten Telephonie ist die Zugtelephonie, die seit Anfang des Jahres 1926 auf der Strecke Berlin—Hamburg dem Publikum zur Verfügung steht. Lange Zeit haben die Ingenieure an dieser Aufgabe gearbeitet: eine Verbindung zwischen einem fahrenden Zuge und einem Fernsprechteilnehmer eines beliebigen Ortsnetzes herzustellen. Die Schwierigkeiten waren viel größer, als man auf den ersten Blick glauben möchte, und die endgültige Lösung ist merkwürdig genug. Wir wollen diese drei Gebiete jedes für sich und eins nach dem andern behandeln.

1. Die Mehrfachtelephonie.

Die Mehrfachausnutzung einer und derselben Leitung ist ein rechtes Nachkriegskind. Während des Krieges hatte der Ausbau der Telephon- und Telegraphenlinien mit den Anforderungen des Verkehrs bei weitem nicht Schritt halten können, und nach dem Kriege konnte der Staat weder die Geldmittel aufbringen, die zum Ausbau der Leitungen erforderlich gewesen wären, noch hatte er die Zeit, zu warten, daß ein solcher Ausbau durchgeführt wurde. Der vermehrte

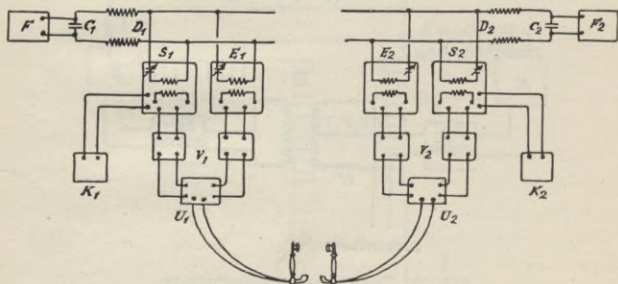


Abb. 56. Schaltungsschema für Mehrfachtelephonie.

Verkehrsbedarf erforderte eine rasche Befriedigung. Es kam allein die mehrfache Ausnutzung der Leitungen in Betracht.

Das Grundprinzip der Mehrfachtelephonie ist sehr einfach und an Hand der Abb. 56 leicht zu verstehen. Die beiden Stationen zeigen völlig symmetrischen Aufbau. Zunächst einmal liegt an den beiden Enden der Drahtleitung je ein Fernsprechteilnehmer, der mit dem gewöhnlichen Gleichstrom bedient wird. Zwei Drosseln in den Leitungen und ein Kondensator zwischen den Leitungen schützen ihn vor der Hochfrequenz, so daß sich sein Gespräch ungestört abwickeln kann. Nun sehen wir an die Leitungen von

jedem der beiden Teilnehmer, die durch Hochfrequenz miteinander verbunden werden sollen, je einen Sender und einen Empfänger geschaltet. S_1 und E_2 sind auf eine Welle abgestimmt und S_2 und E_1 auf eine andere. Gleichstrom kann durch keinen der vier Kreise hindurchtreten, weil in jedem dieser Kreise ein Kondensator enthalten ist, der für Gleichstrom undurchlässig ist. Auf den Sendekreis arbeitet eine Röhre, in der die durch Sprachschwingungen modulierte Hochfrequenz erzeugt wird, im Empfängerkreise wird die ankommende Hochfrequenz aufgefangen und ihr die

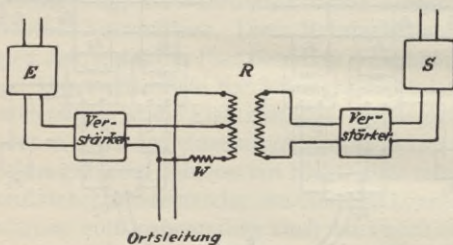


Abb. 57. Teilnehmerausgleichschaltung.

Niederfrequenz wieder abgenommen. Zwischen dem Sender und Empfänger einerseits und der Fernsprechstelle andererseits liegen nun erstens noch die Verstärkervorrichtungen und zweitens eine Vorrichtung, die man als Teilnehmerausgleichschaltung bezeichnet. Ihre Aufgabe ist es, die zwei Leitungen, die vom Teilnehmer kommen, mit den vier Leitungen, die zu den Drähten führen, in richtiger Weise zu verbinden. Das Grundsätzliche dieser Schaltung ist aus der Abb. 57 zu entnehmen. E und S bedeuten den Empfänger und den Sender. Vor jedem von ihnen liegt ein Verstärker. Beide Leitungen begegnen sich in einem Transformator, dessen eine Wicklung im Stromkreis des Senders liegt, während die andere Wicklung zum Stromkreis des Emp-

fängers gehört. Der Empfänger ist aber mit seiner einen Leitung an die Mitte der Wicklung gelegt, so daß der hier ankommende Strom durch den Transformator nach oben und nach unten fließt. Von dieser Verzweigungsstelle aus hat er also zwei Wege zurück zum anderen Anschluß des Empfängers: einmal über die Ortsleitung und das Gerät des Fernsprechteilnehmers, ein andermal über den Widerstand W . Ist

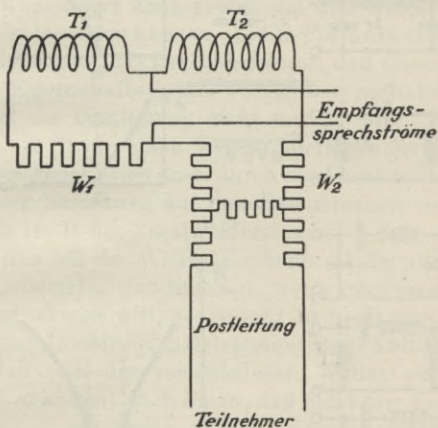


Abb. 58. Brückenschaltung.

nun der in beiden Hälften des Transformators fließende Strom gleich stark — und man kann das durch richtige Abgleichung des Widerstandes W erreichen — so heben sich die Wirkungen der beiden Hälften dieser Transformatorwicklung auf die zweite Wicklung gegenseitig auf, so daß also die vom Empfänger kommenden Ströme den Sender nicht beeinflussen. Kommen andererseits die Stromimpulse aus der Ortsleitung vom Fernsprechteilnehmer her, so können sie durch den Verstärker nicht hindurchfließen, weil der nur in einer Rich-

tung wirkt. Der Ausgleich kann also nur auf dem Wege über die ganze Wicklung des Transformators erfolgen. Diese Sprechströme wirken dann also auf die Sekundärwicklung des Transformators und damit auf den Sender ein. Der größeren Deutlichkeit halber zeichnen wir die verwendete

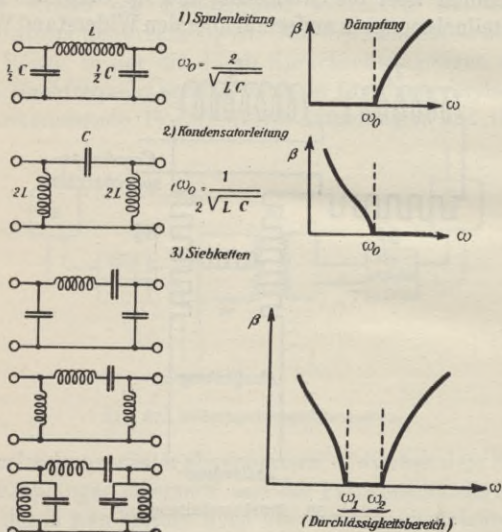


Abb. 59. Siebketten.

Brückenschaltung noch einmal besonders heraus (Abb. 58). T_1 und T_2 sind die beiden Hälften des Transformators. W_2 ist ein Widerstand, der vor der Postleitung liegt und folgenden Zweck hat. Die Leitung bis zu den verschiedenen Teilnehmern ist verschieden lang und hat infolgedessen verschiedenen Widerstand. Man müßte also den Widerstand W_1 bei jeder Verbindung dem jeweiligen Wider-

stande der Postleitung anpassen. Um das zu vermeiden, schaltet man vor die Postleitung einen Widerstand, der etwa so groß ist, wie ein durchschnittlicher Postleitungswiderstand. Kommen nun verschiedene Postleitungswiderstände hinzu, so schwankt der Gesamtwiderstand verhältnismäßig nicht so stark, wie der Postleitungswiderstand allein. Praktisch sind die übrigbleibenden Widerstandsschwankungen klein genug, um den Widerstand W_1 unverändert lassen zu können. Die H-Form des vorgeschalteten Widerstandes erklärt sich daraus, daß dieser Widerstand alle Eigenschaften einer Postleitung nachahmen soll. Nun bietet die Postleitung nicht nur in ihrer Längsausdehnung dem Strom einen Weg, sondern ein geringer Teil des Stromes gleicht sich auch durch die Isolationen hinweg aus. Diesem Stromweg auf den Postleitungen entspricht der Balken im H des Zusatzwiderstandes.

Wie es nun bei der Wellentelephonie häufig vorkommt, daß der Ortssender durchschlägt, wenn man eine andere Station aufnehmen will, so besteht in noch verstärktem Maße bei der Hochfrequenztelephonie längs Leitungen die Gefahr, daß sich die verschiedenen Wellen gegenseitig stören und es kommt noch hinzu, daß nicht nur die Wellen stören können, mit denen man auf dieser Leitung gerade sendet, sondern außerdem können auch noch Wellen stören, die die Fernsprechleitung ohne unser Zutun und gegen unsere Absicht aus dem Raume aufnimmt, vor allen Dingen also die Wellen der Großstationen für drahtlose Telegraphie. Gegen einen Teil dieser Störungen helfen die Siebketten. Die Siebketten sind in der Telephonie längs Drähten das selbe, was die Zwischenkreise in der Raumtelephonie sind. Die Abb. 59 zeigt uns den Aufbau der Siebketten aus ihren Bestandteilen und ihre Wirkung. Wir sehen zu erst eine Spulenleitung. Die beiden Leitungen sind durch Kondensatoren überbrückt und in der Leitung liegt eine Spule.



Ein Gleichstrom kann diese Leitungen ungehemmt durchfließen; denn für ihn bietet eine Selbstinduktion keinen Widerstand, aber über die Kondensatoren kann er nicht hinweg. Anders liegen die Dinge für einen Wechselstrom. Der Wechselstromwiderstand der Spulen wächst mit zunehmender Frequenz, der Wechselstromwiderstand der Kondensatoren nimmt ab. Von einer bestimmten Frequenz ω_0 an (der Eigenschwingung des aus Spulen und Kondensatoren bestehenden Kreises) wird der Durchgang des Wechselstromes gehemmt; und zwar wird der Wechselstrom umso stärker gehemmt, je höher seine Frequenz liegt. Für hochfrequenten Wechselstrom bildet dieses Glied einen Kurzschluß. Das zeigt die danebenstehende Kurve, die die Dämpfung als Funktion der Frequenz zeigt. Für die Frequenzen 0 bis ω_0 ist das Leitungsstück durchlässig; darüber hinaus steigt die Dämpfung sehr rasch an. Genau das entgegengesetzte Verhalten zeigt eine Kondensatorleitung. Für Gleichstrom bilden die Spulen einen Kurzschluß, während der Kondensator ihn völlig aufhält. Gleichstrom kann also durch die Kondensatorleitung nicht hindurch. Mit zunehmender Frequenz aber steigert sich der Widerstand der Spulen und nimmt der Widerstand des Kondensators ab, so daß die Kondensatorleitung dem Durchgang des Wechselstromes einen immer geringeren Widerstand bietet. Von einer bestimmten Frequenz ω_0 an bildet sie fast gar kein Hemmnis mehr. Durch die Verbindung einer Spulen- mit einer Kondensatorleitung kann man beide Wirkungen miteinander verbinden. Man kann erreichen, daß alle Frequenzen unterhalb eines bestimmten ω_1 und oberhalb eines anderen Wertes ω_2 stark gedämpft werden, während die dazwischenliegenden Frequenzen ungedämpft hindurchgehen. Durch geeignete Wahl der Selbstinduktionen und Kapazitäten und durch geeignete Verbindung dieser Elemente (Abb. 59 zeigt drei solcher Möglichkeiten) hat man es in

der Hand, die Lage des Durchlässigkeitsbereiches im Frequenzspektrum und auch die Durchlässigkeitsbreite beliebig zu bestimmen. Derartige Siebketten werden nun sowohl zwischen dem Sender und der Leitung angebracht, um die Leitung von allen Oberschwingungen oder auch von Schwingungen freizuhalten, die jenseits des Bereichs liegen, der diesem Sender zur Verfügung steht, als auch vor dem Empfänger, um alle Schwingungen von diesem fernzuhalten, die von anderen als den ihm zugeordneten Sendern her-

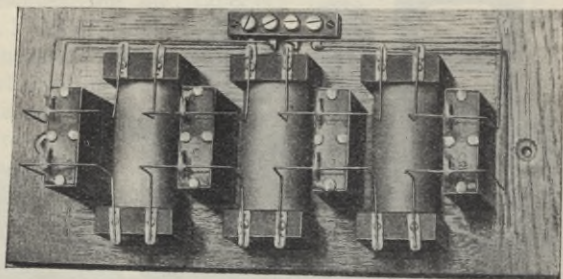


Abb. 60. Niederfrequenzsiebkette.

rühren oder sonst irgendwie auf die Leitung geraten sind. Diese Siebketten können aber auch benutzt werden, um die Niederfrequenz von Tönen zu befreien, die durch Interferenz verschiedener hochfrequenter Schwingungen entstanden sind. Die Abb. 60 und 61 zeigen eine Niederfrequenz- und eine Hochfrequenzsiebkette, in der ersten eisengefüllte Spulen, in der zweiten Spulen ohne Eisenkern.

Für den Betrieb der Telephonleitungen mit Hochfrequenztelephonie stehen die Frequenzen von 10 bis 50 Kilohertz zur Verfügung, d. h. von 6 bis 30 km Wellenlänge, wenn man die Wellenlänge im freien Äther mißt. (An

den Drähten weicht die Länge der Wellen beträchtlich von diesen Werten ab.) Ihre untere Grenze ergibt sich aus der Annäherung an die Sprachfrequenzen. Eine obere Grenze wird durch die Dämpfung gezogen, die die schnelleren Schwingungen in der Leitung finden. Innerhalb dieses Bereiches lassen sich 8 Frequenzen unterbringen, die also für 4 Hochfrequenzgespräche ausreichen. Die

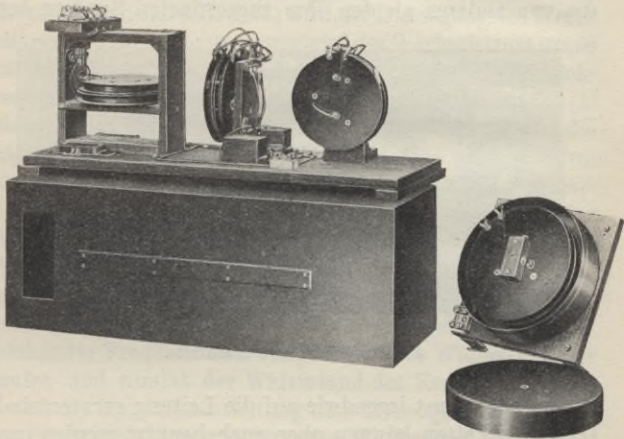


Abb. 61. Hochfrequenzsiebkette.

Wellen müssen nun so ausgewählt werden, daß sich möglichst wenig Störungen durch die Wellen der Großstationen und der höheren Wellen durch die Oberschwingungen der niedrigeren ergeben. Man vermeidet die Interferenzstörungen, wenn man die Sendewelle genau auf die Störwelle legt, und so ergibt sich denn eine Wellenverteilung, wie sie aus Abb. 62 hervorgeht. Hier sind die Bereiche, innerhalb deren die einzelnen Wellen zu nehmen

Weise ausgeführt werden. Abb. 63 zeigt die gegenwärtig verwandte Schaltung. Die Hochfrequenz wird in einer Generatorröhre erzeugt und in induktiver Kopplung dem Anodenkreis der Modulationsröhre zugeführt, während dem Gitterkreis die Niederfrequenz vom Mikrophon her über einen Transformator zugeführt wird. Man könnte die Modulationsröhre bei dieser Schaltung auch mit gutem Recht als Mischröhre bezeichnen, weil in ihr die beiden verschiedenen Frequenzen miteinander verbunden werden. Die modulierte Hochfrequenz

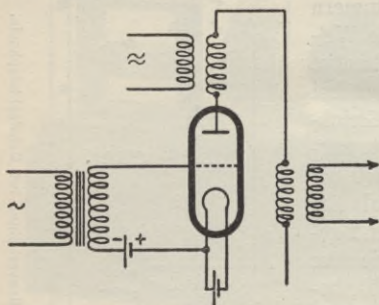


Abb. 63. Modulationschaltung.

wird dann auf eine Verstärkeröhre gegeben und von dort über die schon beschriebenen Siebketten der Leitung zugeführt.

Einen Überblick über das Grundsätzliche der Gesamtschaltung, so wie sie gegenwärtig von der

Post verwendet wird, gibt die Abb. 64. Die wichtigsten Bestandteile sind darin mit Namen gekennzeichnet und die Bedeutung der übrigen Glieder ist nach den vorangegangenen Erklärungen aus der Zeichnung selbst zu entnehmen.

Es bleibt nur noch übrig, die Anrufeinrichtung zu besprechen. In den älteren Anlagen für hochfrequente Mehrfachtelephonie wurde der Anruf niederfrequent geführt in einer Schaltung, die wir als veraltet hier übergehen können. Jedenfalls erforderte sie einerseits eine besondere Zusammenschaltung der Leitungen, die nunmehr für eine weitere Vermehrung des Niederfrequenztelegraphenbe-

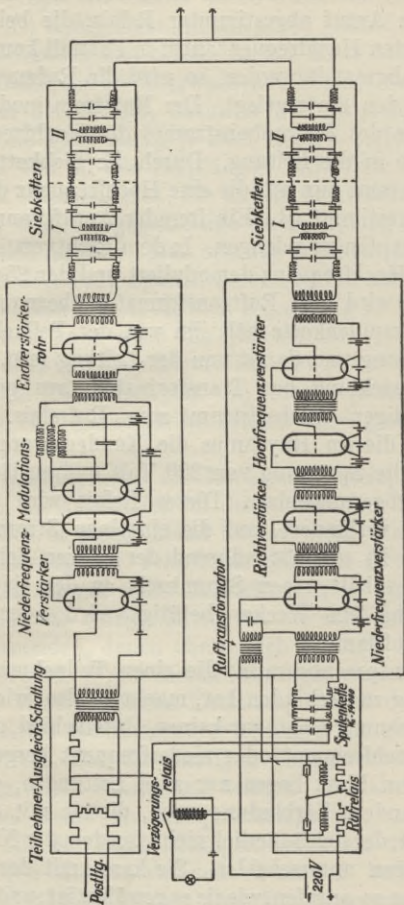


Abb. 64. Schaltenschema der Apparatur für Mehrfachtelephonie.
 || Anodenbatterie und hohe Gittervorspannung. | Heizbatterie und niedrige Gittervorspannung.
 | Pluspol. | Minuspol.

triebs frei wird, und andererseits auch noch eine Anzahl teurer auf den Anruf abgestimmter Relais, die bei dem jetzt eingeführten Hochfrequenzanruf in Fortfall kommen. Soll der Ruf abgesandt werden, so wird die Rufmaschine von außen an den Platz gelegt. Der Rufstrom moduliert dann an Stelle des Mikrophonstromes die Hochfrequenz und gelangt so in die Leitung. Durch die Siebkette des Empfängers kommt nun nur die eine Hochfrequenz durch, auf die sie abgestimmt ist. Ein fremder Anruf kann also nicht in den Empfänger gelangen. In dem Richtverstärkerrohr wird die Hochfrequenz demoduliert und der 25periodige Rufstrom wird vom Ruftransformator übernommen. Die Empfängerspulenkette hält ihn von der Teilnehmerausgleichschaltung und damit von der Leitung fern. Von der Sekundärwicklung des Transformators aus gelangt dann 25periodiger Wechselstrom zum Rufrelais. Das Relais legt in diesem Rhythmus die Kondensatoren abwechselnd an die Spannung von 220 Volt und entlädt sie über das Verzögerungsrelais. Dieses Relais wird durch seine Trägheit verhindert, auf die einzelnen Stromstöße anzusprechen. Es schließt während der ganzen Zeit, die der Rufstrom anhält, einen Stromkreis, in dem je nach der Einrichtung ein Wecker betätigt wird oder eine Signallampe aufflammt.

Für die Fernsprechbeamtin, die einen Teilnehmer mit der Fernleitung zu verbinden hat, macht es also, wie man aus dieser Zeichnung sieht, gar keinen Unterschied, ob die Verbindung hochfrequent oder niederfrequent hergestellt wird. An ihrem Platz liegen nur zwei Leitungen, genau wie für jede andere Verbindung auch, die sie mit einem Stöpsel bedient, der sich äußerlich nicht von dem der Niederfrequenzleitungen unterscheidet. Sie kann mit der Rufmaschine genau so anrufen, wie sie es gewöhnt ist, und auch der Anruf erfolgt genau so wie über eine gewöhnliche Leitung.

Die Apparatur selbst ist so durchkonstruiert, daß sie möglichst wenig Raum in Anspruch nimmt. Abb. 65 zeigt sie geschlossen und offen. In der Mitte befindet sich die Schalttafel, die der überwachende Beamte zu bedienen hat, darüber der Sender, darunter der Empfänger und ganz oben und ganz unten je zwei Kästen Siebketten für den Sender und für den Empfänger. Alle Teile sind in Metallkästen eingeschlossen, die äußere elektrische Felder fernhalten und die gegenseitige Beeinflussung der Teile unschädlich machen. Man erkennt in jedem der Siebkettenkästen drei Paar Spulen, deren Achsen aufeinander senkrecht stehen, damit sie sich gegenseitig nicht beeinflussen und man kann auch die Blockkondensatoren erkennen. Im Sender und Empfänger sieht man je vier Glühkathoden- und zwei Kontrollampen. Im Hochfrequenzfernsprechamt stehen eine ganze Reihe solcher Eisengestelle nebeneinander.

So unentbehrlich die Hochfrequenztelephonie auf Leitungen im Augenblick für die Abwicklung des Telephoniebetriebes in Deutschland ist, so wenig stellt sie die Zukunftslösung der Telephonie dar. In Deutschland wird die Post immer mehr Fernleitungen in Kabeln verlegen, weil das das einzige Mittel ist, die zahlreichen Störungen zu vermeiden, denen oberirdisch geführte Leitungen ausgesetzt sind. Unter diesen Störungen sind die elektrischen durch atmosphärische Entladungen und den Einfluß benachbarter Hochspannungsleitungen die geringeren. Viel schlimmer sind die häufigen Unterbrechungen der Leitungen durch Sturm und Schnee. In Kabelleitungen gibt es aber keine Hochfrequenztelephonie. Immerhin wird man nur die Hauptleitungen verkabeln und auf Nebenleitungen die oberirdische Führung beibehalten. Für Nebenleitungen kommt aber Hochfrequenztelephonie nur gelegentlich in Betracht. Es wird hier in jedem Fall die

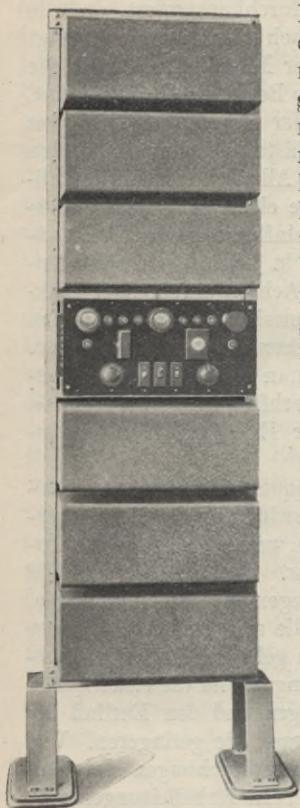


Abb. 65 a. Apparatur für Mehrfachtelephonie, geschlossen.

Frage zu entscheiden sein, ob es wirtschaftlicher ist, eine oder mehrere neue Drahtverbindungen herzustellen oder die Apparatur für Hochfrequenztelephonie in Dienst zu stellen; und je kürzer die Strecke desto vorteilhafter ist die Drahtleitung gegenüber der Mehrfachausnutzung. Was aber für Deutschland gilt mit seinem stark in Anspruch genommenen Netz und seiner für die Kabelführung verhältnismäßig günstigen Bodenbeschaffenheit, läßt sich nicht ohne weiteres auf andere Länder übertragen. In Ländern mit Gebirgscharakter wird sich die oberirdische Führung der Leitungen gar nicht umgehen lassen, und damit gewinnt hier die Hochfrequenztelephonie ein Anwendungsfeld, das ihr in Deutschland allmählich genommen wird.

2. Die Elektrizitätswerktelephonie.

Stellt die Hochfrequenztelephonie auf Leitungen für die Post nur eine Übergangslösung dar, so ist es

die auf die Dauer zweckmäßige Lösung für die telephonische Verbindung der verschiedenen Stationen eines Hochspan-

nungsnetzes untereinander. Denn hier sind die Stationen durch Drahtleitungen bereits verbunden, an die in bezug auf Widerstandsfestigkeit gegen Sturm und Schnee die höchsten Anforderungen gestellt werden müssen. Andererseits hängt das sichere Arbeiten eines Netzes zur Verteilung hochgespannter elektrischer Energie wesentlich von der sicheren Verständigung der Stationen untereinander ab.

Immerhin konnte der Gedanke anfänglich befremden, dieselben Leitungen für Telephonverbindung auszunutzen, in denen die elektrische Energie mit einer Spannung von 100 000 Volt fortgeleitet wird; und eine gewisse Unsicherheit wird wohl niemand unterdrücken können, der zum erstenmal ein Gerät in die Hand nimmt, das mit einer solchen Leitung gekoppelt ist. Es lassen sich aber Sicherheitsmaßnahmen treffen, die jeder Möglichkeit eines Übergangs gefährlicher elektrischer Energie in die Sprechanlagen vorbeugen

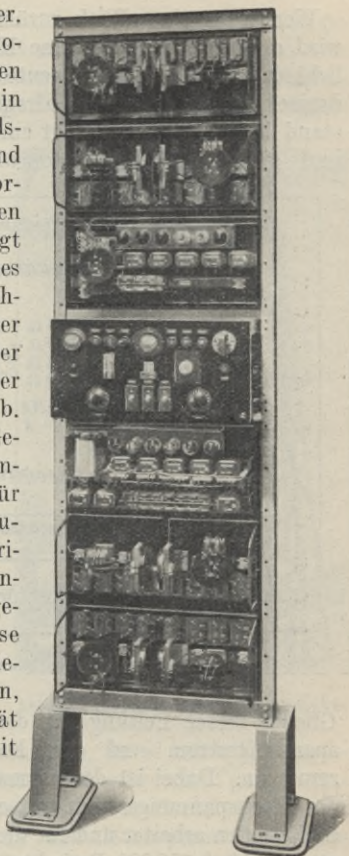


Abb. 65 b. Apparatur für Mehrfachtelephonie, offen.

Werfen wir einen Blick zurück auf die Abbildung 59, so wird es sofort klar, daß eine Kondensatorkette die Möglichkeit bietet, niederfrequente Ströme fast völlig abzdrosseln, während sie Hochfrequenz nur geringen Widerstand bietet. Abb. 66 zeigt eine solche Kondensatorkette und gibt die Wechselstromwiderstände der einzelnen

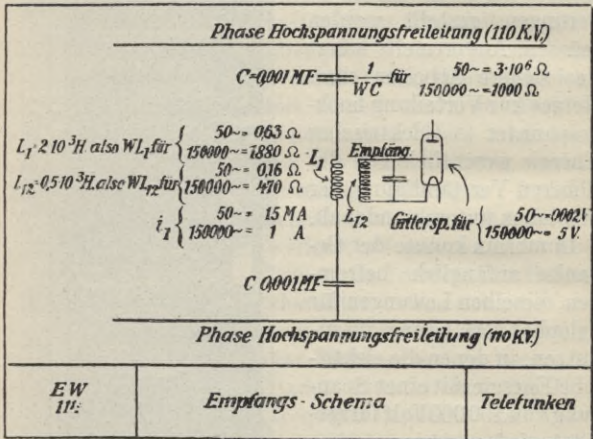


Abb. 66. Trennung von Hoch- und Niederfrequenz.

Glieder dieser Leitung für den niederfrequenten Hochspannungsstrom und den hochfrequenten Telephoniestrom an. Dabei ist der normale Fall angenommen, daß der Hochspannungsstrom mit einer Betriebsfrequenz von 50 Perioden arbeitet und für die Frequenz des Telephoniestromes sind 150000 Perioden als ein mittlerer Wert angenommen worden. Es ergibt sich nun für das Verhältnis der wirksamen Hochfrequenzspannung zur Niederfrequenzspannung am Gitter des Empfangsrohres 2200:1. Prak-

tisch folgt hieraus, daß die Niederfrequenz so stark geschwächt ist, daß sie nicht einmal als Störgeräusch auftritt und das, obwohl doch die Amplitudenhöhe der Niederfrequenz in den Freileitungen die der Hochfrequenz außerordentlich übersteigt.

Dennoch war es gerade die Kopplung der

Hochfrequenzgeräte mit den Hochspannungsleitungen, die die größten technischen Schwierigkeiten verursacht hat. Es gibt zwei Möglichkeiten der Kopplung, die induktive und die kapazitative. Die galvanische muß natürlich ausscheiden, da sie ja die Hochspannungsenergie auf die Telephonapparate durchtreten lassen würde. Aber auch die induktive Art ist nur gelegentlich angewandt worden. Die kapazi-

tative Kopplung wurde zunächst, da es keine Kondensatoren von hinreichender Durchschlagsfestigkeit gab, so ausgeführt, daß man Antennendraht vom Hochfrequenzgerät her etwa 100 m lang zu den Hochspannungsdrähten in einem Abstand von 2 bis 3 m parallel führte. Da die Werke mit Dreiphasenstrom arbeiten und also drei Leitungen führen, so spannte man auch drei Antennendrahte aus, um eine gute Kopplung zu erzielen (Abb. 67).

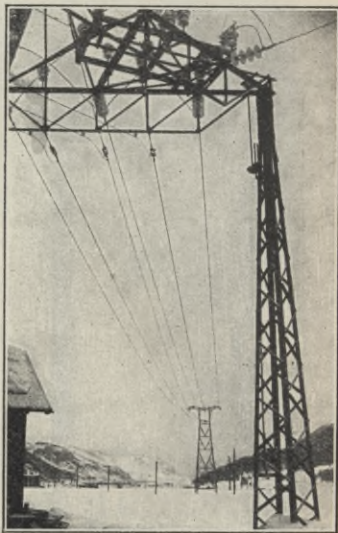


Abb. 67. Kopplung durch Antennendrahte.

Es muß aber dafür gesorgt sein, daß eine Berührung zwischen den Antennendrähten und den Leitungsdrähten ausgeschlossen ist. Die Antennendrähte müssen daher im Material und in der Stärke den Leitungsdrähten angepaßt werden, damit sie zwischen den beiden Leitungsträgern denselben Durchhang haben wie die Leitungsdrähte, und

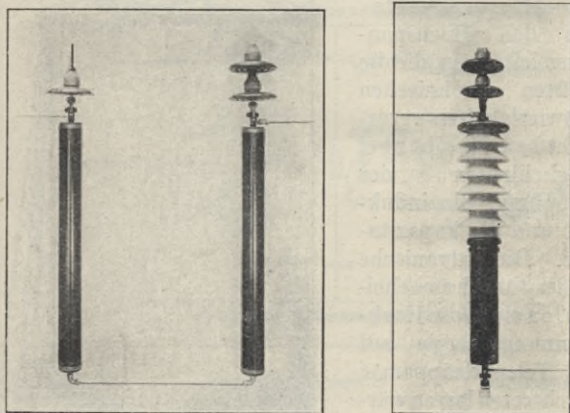


Abb. 68. Hochspannungskondensatoren für Aufhängung.

a) in gedeckten Räumen.

b) im Freien.

man befestigt sie zweckmäßigerweise nicht gerade senkrecht unter den Hauptleitungen, sondern seitlich, damit sie auch dann nicht mit der Hochspannungsleitung in Berührung kommen, wenn ein Draht reißen sollte. Es ist selbstverständlich, daß außer diesen Vorsichtsmaßregeln noch alle zweckdienlichen Sicherungen in der Zuführung zum Gerät angebracht sind. Seitdem es aber gelungen ist, solche Kondensatoren herzustellen, deren Durchschlags-

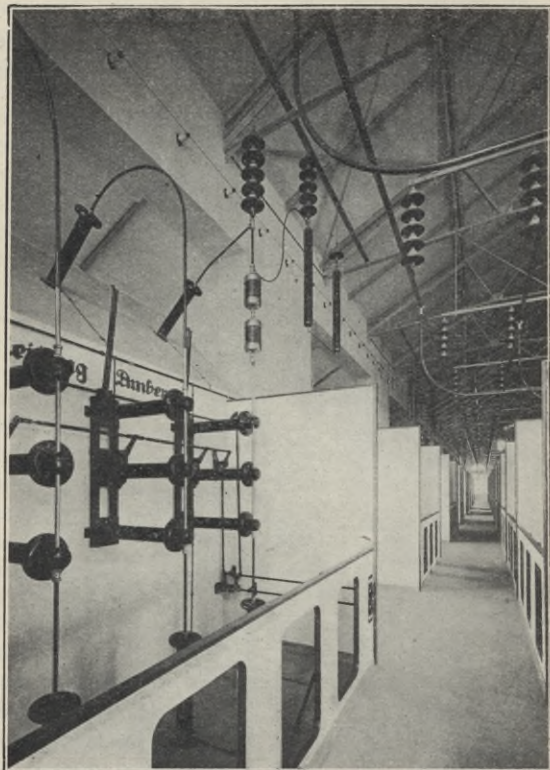


Abb. 69. Kondensatoren im Sammelschienenhaus.

festigkeit allen Ansprüchen genügt, werden zur Kopplung nur noch Kondensatoren benutzt. Abb. 68 zeigt zwei einzelne solche Kondensatoren, für Aufhängung in gedeckten Räumen und im Freien, die Abb. 69 und 70 zeigen

den Einbau dieser Kondensatoren in ein gedecktes Sammelschienenhaus und in eine Freiluftstation. Die Kondensatoren gestatten eine stärkere Ausnutzung der Sender-

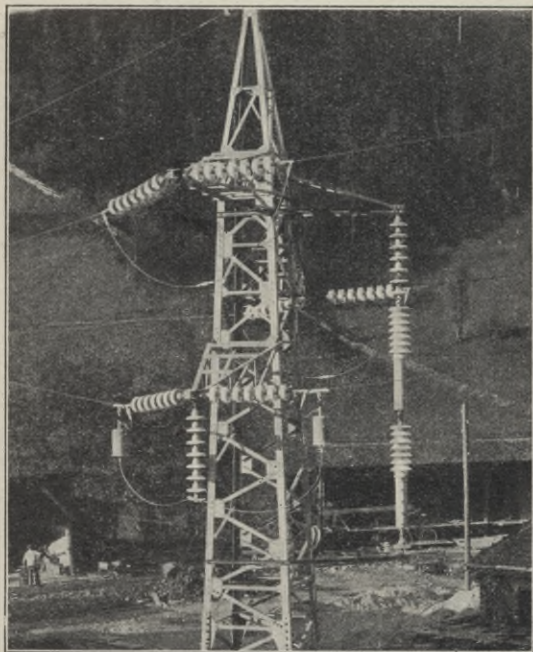


Abb. 70. Hochspannungskondensatoren an einem Träger
im Freien.

energie als die Kopplungsdrähte und erhöhen daher die Betriebssicherheit.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Hochfrequenztelephonie auf Postleitungen und der auf Hoch-

spannungsleitungen besteht auch darin, daß hier mit dem häufigen Wechsel der Schaltzustände zu rechnen ist. Dieser Umstand hat anfänglich zu vielen Störungen der Verständigung geführt, die sich durch Erhöhung der Sendenergie allein nicht beheben ließen. Vielmehr hat eine experimentelle und rechnerische Untersuchung der Ausbreitung von elektrischen Wellen längs Drähten gezeigt, daß eine regelmäßige Verständigung dadurch am besten sichergestellt wird, daß man die elektrischen Größen der Empfangsapparatur in einer ganz bestimmten Weise den elektrischen Größen der Leitung anpaßt, und zwar muß die Apparatur so bemessen werden, daß die gesamte auf der Empfangsstation vom Sender ankommende Leistung in Schall oder Wärme oder andere nichtelektrische Energieformen umgewandelt wird. Bleibt nämlich ein Teil der elektrischen Energie unverbraucht, so wird er in die Leitung reflektiert und führt zu einer Verschlechterung der Übertragung. Es erfordert also jedes Hochspannungsnetz, das mit Hochfrequenztelephonie versehen werden soll, eine Berücksichtigung seiner besonderen Verhältnisse, und die Eigenheiten des Netzes sind noch nicht einmal dadurch hinreichend bestimmt, daß man Länge und Querschnitt der Leitungen kennt. Vielmehr sind die Hochspannungsapparate in Rechnung zu stellen, die bei normalem Betrieb im Nebenschluß zu den Hochfrequenzgeräten liegen und außerdem spielen alle Abzweigleitungen eine sehr wesentliche Rolle. Selbstverständlich gelangt die Hochfrequenz auch in die Abzweigleitungen. Da sie aber an den Enden der Abzweigleitungen nicht vernichtet wird, so wird sie reflektiert und kann zu einer beträchtlichen Schwächung der Hochfrequenz in der Hauptleitung führen. Man kann der Störungen, die in den Hochspannungsapparaten oder in solchen Abzweigleitungen ihren Grund haben, dadurch Herr werden, daß man sie durch

Hochfrequenzdrosseln für den Nachrichtenstrom verriegelt. Solche Hochfrequenzdrosseln sind auf den beiden Abb. 69 und 70 zu sehen, besonders deutlich auf 70. Es sind die beiden kurzen hängenden Zylinder, die man zu beiden Seiten des Mastes sieht. Jeder solcher Zylinder enthält in seinem Innern 25 Windungen Flachkantkupfer, die im Zuge der Hochspannungsleitung liegen und der Niederfrequenz kaum Widerstand bieten. Innerhalb der Kupferwindungen liegt ein aus Kapazität und Selbstinduktion bestehender Sperrkreis, der mit den Kupferwindungen induktiv gekoppelt ist. Der Sperrkreis ist mit einer Genauigkeit von 1% auf die Welle der Hochfrequenz abgestimmt und hält die Hochfrequenz aus den so abgesperrten Teilen der Leitung vollkommen fern. Da zwei verschiedene Hochfrequenzen für ein Gespräch gebraucht werden, braucht man auch zwei solcher Sperren, deren jede eine Hochfrequenz sperrt. Durch diese Sperren können alle Störungen völlig beseitigt werden, die von den Schaltungen und Erdungen der Leitungen herrühren und die Betriebsverhältnisse für die Hochfrequenz werden übersichtlich und unabhängig von den Vorgängen im Hochspannungsbetrieb.

Selbstverständlich müssen die Einrichtungen für Gegensprechen getroffen sein, d. h. zu einem Gespräch werden zwei verschiedene Wellen gebraucht. Die Elektrizitätswerkstelephonie hat es aber mit dem Gebrauch dieser Wellen schwerer als die Telephonie auf Leitungen. Auf den Postleitungen ist stets ein bestimmter Empfänger am Ende der Leitung auf einen bestimmten Sender abgestimmt, der Sender braucht nicht unter verschiedenen Empfängern zu wählen. Hier aber muß man von einer Station aus verschiedene andere anrufen können. Es sind zwei verschiedene Fälle denkbar. Entweder soll eine Hauptstation mehrere Unterstationen anrufen können,

diese untereinander brauchen aber nicht zu verkehren. Man nennt das Radialverkehr. Oder aber es soll jede Station mit jeder anderen verkehren können, dann spricht man von Diagonalverkehr. Betrachten wir zunächst den einfachsten Fall des Radialverkehrs. Eine Hauptstation B soll mit ihren beiden Unterstationen A und C sprechen (Abb. 71). Diese untereinander dagegen brauchen sich nicht zu verständigen. Man kommt hier mit zwei Wellen aus. B möge auf Welle 500 senden und auf 600 empfangen, dann müssen natürlich die beiden Unterstationen auf Welle 500 empfangen und auf 600 senden. Wenn nun C z. B. bei der Hauptstation anrufen will, so ruft es auf 600 und diese Welle wirkt nur auf den Empfänger von B, nicht aber auf den von A. Wenn aber B auf Welle 500 ruft, so kann dieser Anruf sowohl auf A als auf C einwirken. Damit der Wecker nur in einer der beiden Stationen anschlägt, muß eine besondere Unterscheidung getroffen werden. Das kann durch die Länge des Anrufs geschehen. Man benutzt zum Anruf eine sich drehende Scheibe ähnlich der, wie sie bei den Fernsprechapparaten, die an Automatenämter angeschlossen sind, üblich ist. Je weiter die Scheibe aus ihrer Ruhelage gedreht wird, desto länger dauert es, bis sie wieder in die Anfangslage zurückkehrt, und während der ganzen Zeit geht das Rufzeichen durch die Leitung. Das Rufzeichen kommt auf sämtlichen Unterstationen an und betätigt dort ein Relais, das aber den Weckerstrom nur dann schließt, wenn das Rufsignal gerade so lange dauert, wie es für diese Station vorgesehen ist. Dauert es länger oder kürzer, so läßt das Relais ein Besetztszeichen erscheinen, das erkennen läßt, daß die Hauptstation mit einer anderen Station spricht. Man kann aber auch ähnlich verfahren wie bei der Mehr-

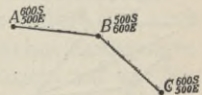


Abb. 71. Radialverkehr.

fachtelephonie und modulierte Hochfrequenz als Rufstrom verwenden. Benutzt man dann für jede Station eine andere Niederfrequenz als Modulation, so lassen sich die Anrufe durch abgestimmte Relais wieder trennen. Schließlich kann man auch Einrichtungen, die völlig denen eines automatisch arbeitenden Amtes gleichen, zur Auswahl der angerufenen Unterstation verwenden.

Der Radialverkehr ist die gewöhnliche Art der Verbindung. Denn bei den Überlandwerken besteht in der Regel kein Bedürfnis für einen Verkehr der einzelnen Stationen untereinander, sondern nur eine Notwendigkeit für die Hauptstelle, mit den Nebenstellen zu verkehren. Würden die Nebenstellen untereinander verkehren können,

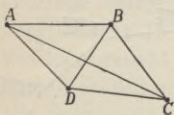


Abb. 72.
Diagonalverkehr.

so hätte das unter Umständen sogar den Nachteil, daß durch ein Gespräch von untergeordneter Bedeutung eine Meldung von großer Wichtigkeit behindert wird, weil die Drähte „besetzt“ sind. Wenn aber der Verkehr zwischen allen Stationen erforderlich ist, so läßt

sich auch ein Diagonalverkehr einrichten (Abb. 72). Wenn man hierbei auch mit zwei Wellen im ganzen Netz auskommen will, so müssen die Stationen so eingerichtet sein, daß sie nach Belieben die Anrufwelle mit der Empfangswelle vertauschen können. Nehmen wir wieder die beiden Wellen von 500 und 600 m an, so werden während der Gesprächsruhe alle Stationen auf derselben Empfangswelle — sagen wir 500 m — liegen müssen, damit sie anrufbereit sind. Die Station aber, die eine andere anrufen will, muß ihre Sendemit ihrer Empfangswelle vertauschen, sie muß auf 500 m senden, damit der Anruf von einer der anderen Stationen aufgenommen werden kann, und sie muß auf 600 m empfangen, damit die Antwort der anderen Station, die ja auf 600 m sendet, eintreffen kann. Die einzelnen Sta-

tionen können dann beim Anruf wieder nach demselben Verfahren unterschieden werden wie beim Radialverkehr.

Um ein Bild von einem praktischen Fall zu geben, fügen wir die Skizze des Bayernwerkes (Abb. 73), des größten deutschen Überlandnetzes ein. Im Bayernwerk sind zwei Hauptstationen vorhanden, Karlsfeld bei München und Nürnberg. Jede Hauptstation kann unmittelbar mit den ihr untergeordneten Stationen des Netzes sprechen, nicht aber mit den Stationen, die der anderen Hauptstation unterstellt sind. Untereinander sind die beiden Hauptstationen durch ein Kabel verbunden und über dieses Kabel hinweg kann also auch Nürnberg mit den Unterstationen von Karlsfeld sprechen und Karlsfeld mit den Unterstationen von Nürnberg.

Bei der Einrichtung einer technischen Anlage sind aber nicht nur die technischen und wirtschaftlichen Erwägungen maßgebend. Man muß auch noch Rücksicht auf das Bedienungspersonal nehmen. Es macht einen Unterschied, ob ein Gerät von sachverständigem Personal bedient werden soll oder von Laien. In einem Hochfrequenztelephonamt kann man auf eine bessere Überwachung der Apparatur rechnen als in einer Station eines Überlandnetzes. Bei der Durchbildung der Apparatur mußte man also darauf bedacht sein, die Zahl der zu wartenden Teile möglichst gering zu halten. So hat man denn eine Schaltung hergestellt, bei der nur eine einzige Akkumulatoren-batterie zu überwachen ist. Alle die verschiedenen Spannungen, die die Röhren brauchen, mit Ausnahme der Anodenspannung, werden über verschiedene Abzweige dieser Batterie entnommen. Die Anodenspannung liefert eine kleine Dynamomaschine, die von der Akkumulatoren-batterie durch einen Motor angetrieben wird. Die Batterie lädt sich stets von selbst wieder auf. Sobald nämlich ein Gespräch beendet ist, schaltet sich selbsttätig ein Motor

an den Netzstrom, der eine Gleichstromdynamo treibt, und diese ersetzt der Akkumulatorenbatterie sofort die im Gespräch verbrauchte Energie. Sollte aber einmal längere Zeit hindurch nicht gesprochen werden, so vermindert sich die Ladung des Akkumulators ja dadurch, daß in dem Empfänger die Lampen dauernd glühen müssen, wenn er empfangsbereit sein soll; und da ist ein zweites Relais vorgesehen, das den Motor einschaltet, sobald die Spannung der Akkumulatorenbatterie unter eine bestimmte Grenze gesunken ist. Auf diese Weise ist die Station auch dann noch stets auf mindestens neun Stunden betriebsbereit, wenn einmal durch eine Störung in den Leitungen der Strom unterbrochen ist. Und gerade in diesen Augenblicken ist die Verständigung der Stationen untereinander von besonderer Wichtigkeit. Das ist auch der Grund, weswegen kein Teil der ganzen Anlage unmittelbar etwa über einen Gleichrichter oder über ein Umformeraggregat aus der Leitung gespeist werden darf. Die zwar aus dem Netz gespeiste aber sonst vom Netz ganz unabhängige Akkumulatorenbatterie als ausschließliche Stromquelle des Betriebs sichert die Verbindung auch in Zeiten der Störung.

Ein besonderer Vorzug dieser Art telephonischer Verbindung der Stationen untereinander besteht darin, daß auch Beamte, die zur Überwachung der Strecke unterwegs sind, sich leicht mit den Stationen in Verbindung setzen können. Durch ein tragbares Gerät, das sich an einem Mast befestigen läßt (Abb. 74), kann die Verständigung hergestellt werden. Das Gerät wird dabei durch eine einfache Antenne mit den Drähten gekoppelt.

Diese Art der telephonischen Verbindung in Elektrizitätswerksnetzen hat sich bereits sehr stark in Europa und auch außerhalb Europas verbreitet und wird sich um so mehr einführen, je weitere Gebiete die Netze umfassen.

Wir wollen dieses Gebiet nicht verlassen, ohne wenigstens

hingewiesen zu haben auf die Versuche, einen Rundfunk durch das Netz eines Elektrizitätswerkes zu verbreiten.

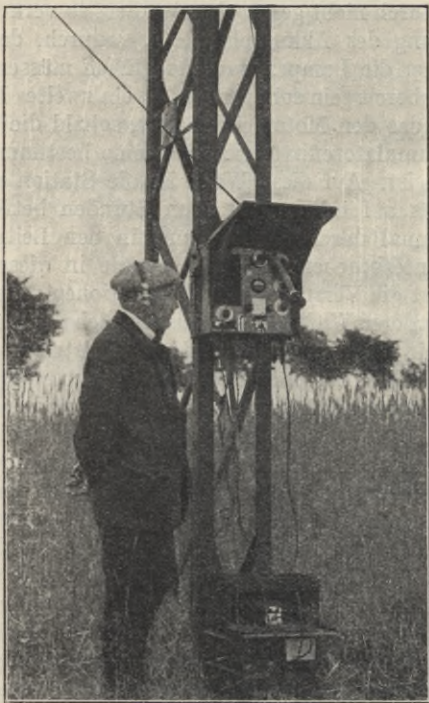


Abb. 74. Tragbare Station für Elektrizitätswerkstelephonie.

Nach allem, was bis jetzt vorangegangen ist, dürfte das Prinzipielle dieser Einrichtung klar sein. Man kann neben dem niederfrequenten Starkstrom von einer zentralen

Stelle aus durch Rundfunkdarbietungen modulierte Hochfrequenz in die Leitungen geben und sie jedem zugänglich machen, der an die Lichtleitung angeschlossen ist. Durch Rundfunkapparate, die gegen den niederfrequenten Starkstrom durch Kondensatoren gesichert sind, kann dann Musik und Sprache den Steckdosen ebensogut entnommen werden, wie das Licht für die elektrischen Birnen. Der drahtlosen Verbreitung gegenüber hätte diese Art den Vorzug mit geringerer Energie auszukommen, den Nachteil eines engeren Teilnehmerkreises. Im übrigen hat diese Einrichtung mit all den Schwierigkeiten auch zu kämpfen, die wir in der Elektrizitätswerkstelephonie kennengelernt haben, die aus dem Wechsel der Schaltzustände und aus den Abzweigleitungen herrühren. Immerhin ist das Verfahren technisch bereits so weit gediehen, daß die Post den Betrieb des Elektrizitätswerksrundfunks in Altenburg übernommen hat und beabsichtigt, ihn auch in anderen Netzen einzurichten.

3. Die Zugtelephonie.

Das dritte Gebiet, auf dem die leitungsgerichtete Hochfrequenz zum Erfolg geführt hat, ist die Zugtelephonie. Das Problem ist alt, eine Fernsprechverbindung zwischen einem Teilnehmer einer Stadt und einem Reisenden im fahrenden Zuge herzustellen. Der nächstliegende Gedanke ist es wohl, den Zug durch einen Schleifkontakt mit einem neben den Schienen verlaufenden Drahte zu verbinden. Aber es hat sich sofort gezeigt, daß eine solche Verbindung bei der schnellen Fahrt viel zu unsicher ist, als daß man über diese Brücke hinweg in gewöhnlicher Weise ein Gespräch führen könnte. Man könnte nun daran denken, die gewöhnliche drahtlose Wellentelephonie zu benutzen, um den Zug telephonisch zu erreichen. Aber hier gibt es verschiedene Schwierigkeiten. Erstens müßten die Ver-

stärkungsmittel im Zuge beständig vermehrt werden, je weiter sich der Zug von der Sendestelle entfernt, zweitens aber lassen sich wohl Entfernungen von vielen hundert Kilometern durch die ortsfesten Sender überbrücken. Aber ein Sender im Zuge kann nur über eine ganz niedrige Antenne verfügen, die unmittelbar über den Wagendächern ausgespannt ist und ohne anzustoßen unter den Unterführungen und durch Tunnel mit hindurch muß. Infolgedessen würde es nicht möglich sein, mit dem Zugsender die Entfernungen zu überbrücken, die für den Verkehr erforderlich sind. Hier bietet sich nun wieder die Wellentelephonie längs Drähten als Aushilfsmittel an, wegen ihrer eigentümlichen Zwitterstellung: sie läßt sich zwar von den Drähten führen, sie kann sich aber auch von ihnen loslösen und auf kurze Strecken den Raum überbrücken. So braucht man hier keinen Schleifkontakt. Die Wellen überbrücken selbst den Abstand zwischen dem Zuge und dem Draht, längs dessen sie geführt werden.

Das einfachste wäre es also, die ganze Eisenbahnstrecke entlang einen Draht zu führen. Aber die meisten technischen Probleme sind gleichzeitig wirtschaftliche Probleme. Es würde sehr teuer sein, auch nur an allen Hauptstrecken der Eisenbahn entlang besondere Drähte für die Telephonie mit dem Zuge zu führen. 4 mm Kupferleitung von Berlin bis Hamburg würde 75 Tonnen, von Berlin bis München 135 Tonnen Kupfer erfordern. Dazu kommen noch die Kosten der Montage und des Gestänges. Kurzum, die Zugtelephonie wäre auf diese Weise eine wirtschaftliche Unmöglichkeit.

Nun führen aber an fast allen Eisenbahnstrecken bereits Drähte entlang und man mußte versuchen, womöglich diese Drähte zu benutzen. Die Drahtleitungen laufen aber nicht beständig neben der Bahn her, zuweilen entfernen sie sich beträchtlich von den Schienen, während der

Strecken in geschlossenen Ortschaften sind sie verkabelt, es kommen Drähte zu den Leitungen hinzu und es zweigen wieder welche ab und diese Umstände bewirken, daß die Energieabnahme längs der Leitungen sehr ungleichmäßig ist. Abb. 75 zeigt diese Ungleichmäßigkeit. Der stärkere Abfall im 2. Abschnitt ist eine Folge davon, daß hier die Zahl der Drähte größer ist. Jeder Draht nimmt aber etwas von der Energie weg. Vor dem 3. Abschnitt bemerkt man einen plötzlichen Stau und dann einen sehr starken Ab-

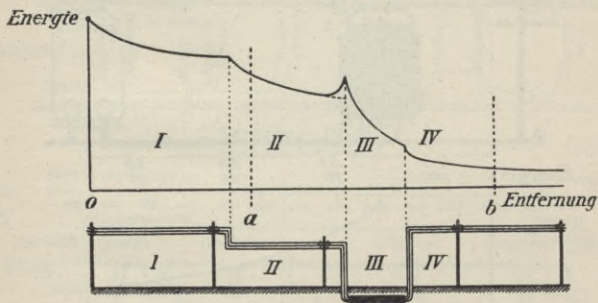


Abb. 75. Energieabnahme bei zunehmender Entfernung von der Sendestelle.

fall: Kabelwirkung und erst im 4. Abschnitt geht die Abnahme wieder langsam vor sich. Abb. 76 zeigt einen weiteren Schwierigkeiten verursachenden Umstand. Hier sehen wir die vom Zug aufgenommene Energie als Funktion der Entfernung des Wagens von der Drahtleitung. Und Abb. 77 zeigt uns schließlich wie oft diese Umstände auf der Strecke Hamburg—Berlin, die als erste in Betrieb genommen worden ist, eine Rolle spielen. In der Mitte jeder Zeile sehen wir die zahlreichen Kabelführungen, darunter hingegen sehen wir die Führung der Drähte längs der Schienen. Auf offener Strecke laufen sie sehr

in der Nähe, in Orten dagegen in weitem Abstand, und zwischen Pritzier und Brahlstorf wechseln die Drähte sogar die Seite. Zunächst galt es einmal den schädlichen Einfluß der Kabel zu überwinden. Das geschieht dadurch, daß man das Kabelstück durch einen längs der Schienen geführten Draht überbrückt. Da es sich um insgesamt etwa 12 km Kabelleitung handelt, so fallen die

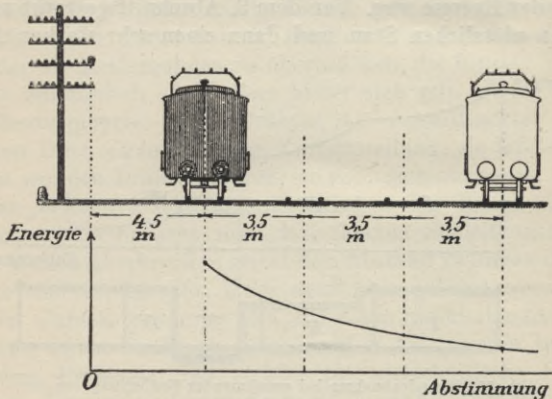


Abb. 76. Abnahme der Energie mit der Entfernung von der Leitung.

Kosten dieser Überbrückung nicht allzusehr ins Gewicht. Jedenfalls wäre der Verlust durch Dämpfung viel größer; denn eine Kabelstrecke dämpft etwa 100mal so stark als eine Freileitungsstrecke. Außerdem wäre aber auch der Telephonverkehr unterbrochen, solange der Zug an dem Kabel vorbeifährt. Natürlich muß nun der Weg durch das Kabel für die Hochfrequenz durch eine Drossel gesperrt werden und der Weg über die Drahtleitung muß für die Telegraphierströme durch Kondensatoren unterbunden werden. Dadurch wird auch der Rückstau der

elektrischen Energie vor den Kabeln, den die Abb. 63 zeigt, beseitigt, der zur Bildung stehender Wellen auf den Drähten führt. Genau so verfährt man nun an all den Stellen, wo sich die Telegraphendrähte um mehr als 10 m von den Schienen entfernen. Im ganzen waren für die Hamburger

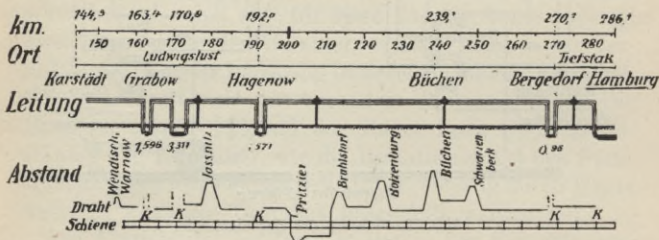
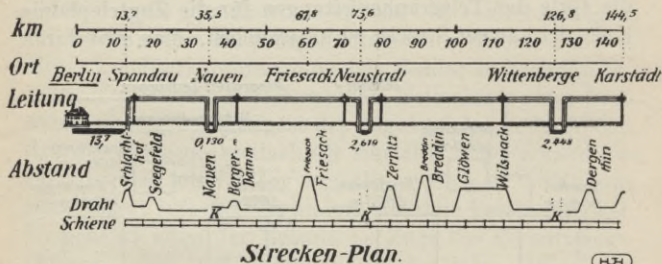


Abb. 77. Berlin-Hamburg. Unten: wagerechter Abstand des Drahtes von der Schiene; in der Mitte: Leitungsführung.

Strecke etwa 30 km Draht neu zu ziehen, das heißt etwa ein Zehntel der ganzen Strecke.

Bei der Zugtelephonie wird nur ein Draht zur Führung der elektrischen Wellen benutzt, die zweite Zuleitung wird geerdet. Nur auf diese Weise bildet sich ein größeres elektrisches Feld zwischen dem Draht und der Erde von hinreichendem Einfluß auf die Antenne des vorbeifahrenden

Zuges. Würde man zwei Drähte benutzen wie bei der Mehrfachtelephonie, so würde sich das Feld nur zwischen den beiden Drähten bilden und die dicht zusammengehaltene Energie würde auf die Antenne des Zuges nicht einwirken.

Es gibt nun ein verhältnismäßig einfaches Mittel, um die Güte der Telegraphenleitungen für die Zugtelephonie längs der ganzen Strecke zu untersuchen. Man gibt durch

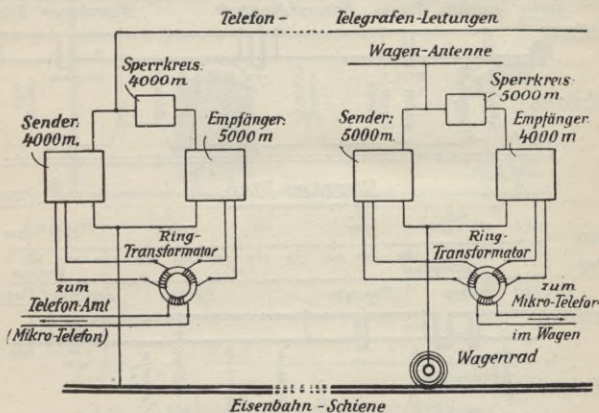


Abb. 78. Schema der Zugtelephonie.

die sogenannte Zugvermittlungsstelle die Rundfunkdarbietungen auf die Leitungen und fährt die Strecke langsam ab. Dabei kann man mit Sicherheit die Stellen ausfindig machen, die eine besondere Behandlung verlangen.

Die Sender und Empfänger für die Zugtelephonie und ihre Zusammenschaltung stimmen im Grundsätzlichen mit den Schaltungen für die Mehrfachtelephonie überein (Abb. 78). Die eine Station ist im Zug untergebracht und mit der auf dem Dach des Wagens befindlichen An-

tenne einerseits und den Rädern andererseits verbunden, während die zweite Station, eben die vorhin erwähnte Zugvermittlungsstelle, mit ihrem Gerät einerseits an der ausgewählten Telegraphenleitung und andererseits an den Schienen liegt. Eine Ausgleichschaltung sorgt wiederum dafür, daß die Sprechströme nur auf den Sender gelangen, während die vom Empfänger kommenden Ströme nur dem Hörer zugeführt werden, ohne den Sender zu beeinflussen.

Die Verbindung zwischen einem Teilnehmer eines Ortsnetzes und einem Fahrgast des Zuges erfolgt in der Weise, daß der Fernsprechteilnehmer zunächst sein Fernamt anruft, das sich mit der Zugvermittlungsstelle in Verbindung setzt. Diese ruft den Zug an und stellt die Verbindung her. Umgekehrt kann der Beamte im Zuge die Vermittlungsstelle anrufen und Verbindung mit einem Teilnehmer wünschen. Es sind also für diese Zugtelephonie dauernd zwei Beamte erforderlich, einer im Zuge, einer in der Vermittlungsstelle, die beständig in Bereitschaft sind. Infolgedessen erübrigt sich eine besondere Rufeinrichtung. Die Beamten tragen während der Dauer ihres Dienstes beständig den Kopfhörer, wie die Beamtinnen auf den Fernsprechämtern und können sich also gegenseitig durch Worte anrufen, wenn ein Gespräch hergestellt werden soll.

Die Einrichtung im Zuge ist der in der Vermittlungsstelle ähnlich. Jedoch ergeben sich einige Vereinfachungen in der Schaltung dadurch, daß die Leitung zwischen der eigentlichen Sprechstelle und der Hochfrequenzapparatur einerseits sehr kurz ist, und daß andererseits auch nicht mehrere Apparate wahlweise angeschlossen zu werden brauchen. Es brauchen infolgedessen die vier Drähte, die vom Sender und Empfänger kommen, nicht zu zwei Leitungen zusammengefaßt werden und somit fällt die Teilnehmerausgleichschaltung fort. Der Sender und der Empfänger arbeiten unmittelbar auf denselben Antennen-

kreis (Abb. 79). Die Antenne besteht aus vier parallelen Drähten, die über die Dächer zweier D-Zugwagen in 40 cm Höhe ausgespannt sind. Die Kapazität der Drähte auf einem Dache reicht nicht aus, deswegen müssen zwei Wagen damit ausgerüstet werden. Die Verbindung zwischen den Wagen erfolgt durch ein Kabel mit Steckern;

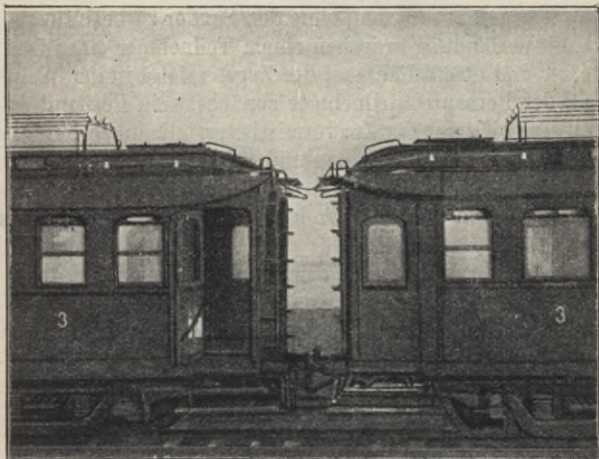


Abb. 79. Antenne auf den Dächern der D-Zugwagen.

denn die Wagen können nicht dauernd miteinander verbunden bleiben. Da aber die Energie von der Antenne auf die danebenlaufenden Drähte übertragen werden soll, so würde es noch vorteilhafter sein, wenn sich die Antenne über eine größere Anzahl von Wagen erstrecken würde, da die induktive Wirkung zweier Drähte aufeinander mit ihrer Länge zunimmt. Die Erdung erfolgt über die Räder und zwar müssen die Radachsen selbst angeschlossen wer-

den. Anfänglich hatte man die Verbindung nur mit den Buchsen der Achsen hergestellt; aber wegen der Ölschicht, die im Achsenlager die Achse umgibt, bot diese Verbindung keinen sicheren Erdschluß. Der Empfangskreis ist gegen die Welle des eigenen Senders durch einen Sperrkreis geschützt.

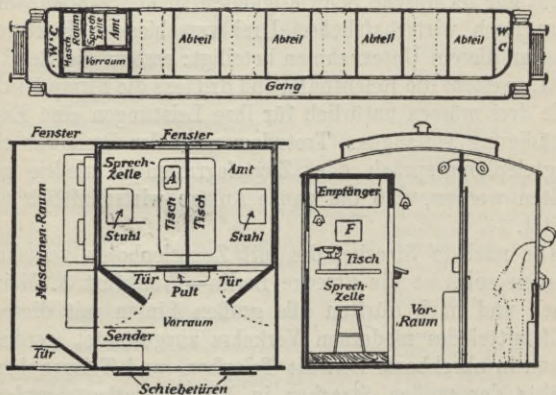


Abb. 80. Die Sprechzelle im Zuge.

Die ganze Apparatur ist in einem Raum untergebracht, der die Größe von anderthalb Abteilen hat (Abb. 80) und dieser Raum ist in vier kleine Abteilungen zerlegt. In der einen sind die Maschinen untergebracht, die zweite ist der Sprechraum für den Fahrgast, die dritte das „Amtszimmer“ und die vierte ein Vorraum für das Publikum, das von dem Beamten abgefertigt wird. Denn hier findet ein regelrechter Postverkehr statt. Hier werden die Telefongespräche angemeldet und bezahlt. Es können aber auch gewöhnliche Telegramme aufgegeben werden, die der Beamte telephonisch weitergibt. Da der Beamte während

der ganzen Fahrt den Dienstraum nicht verlassen darf, so ist ihm ein zweiter Beamter beigegeben, der die Fahrtteilnehmer, die telephonisch verlangt werden, herbeiruft und bei seinen Gängen durch den Zug auch Telegramme der Fahrgäste entgegennimmt.

Übrigens gab es für die Einrichtung der Zugtelephonie nicht nur technische Schwierigkeiten zu überwinden, sondern auch wirtschaftliche. Drei verschiedene Faktoren sind an diesem Unternehmen beteiligt: erstens die Reichspost, zweitens die Reichsbahn und drittens die Firma Huth. Alle drei müssen natürlich für ihre Leistungen eine Entschädigung verlangen. Trotzdem muß der Preis für ein Zugtelephongespräch oder Zugtelegramm so niedrig gehalten werden, daß die ganze Anlage wirtschaftlich arbeitet.

Die nächste Strecke, die mit Zugtelephonie versehen werden soll, ist die Strecke Berlin—Frankfurt a. Main. Nach und nach dürften alle großen Linien mit diesem Hilfsmittel des modernen Verkehrs ausgestattet werden. Wenn in absehbarer Zeit die Telephon- und Telegraphendrähte der großen Strecken in Kabeln verlegt werden, dann wird man den für die Zugtelephonie erforderlichen Draht und das dafür erforderliche Gestänge hängen und stehen lassen. Wenn aber erst die Eisenbahn elektrisiert sein wird, dann wird die Zugtelephonie einen viel bequemeren Weg finden, dann werden die Zuleitungsdrähte des Betriebsstromes auch gleichzeitig die Führung der elektrischen Wellen übernehmen, durch die der Zug mit aller Welt verbunden wird.

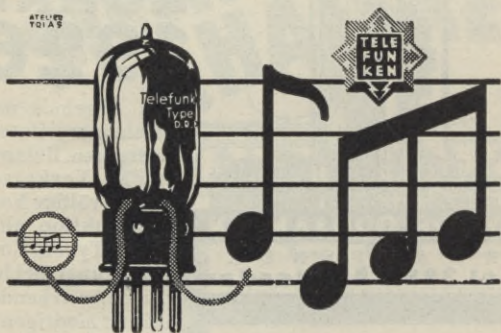
Register.

- Abzweigleitungen 105.
Akkumulatorenbatterie 19, 109.
Akustik 17.
Aluminiumband 36.
Amplitude 7.
Anruf 94 f.
Antenne 52, 54, 120.
Antennenkreis 19.
Atmosphärische Störungen 43.
Audionschaltung 63.
Aufnahmeraum 16.
Ausbreitungsbedingungen 44.
Aussteuerung 24 ff.
Autoomnibus 47.
- Bandbreite** 13.
Bändchenmikrophon 35 f.
Bandlautsprecher 74.
Behelfsantenne 56.
Bayernwerk 109.
Blatthaller 75.
Brückenschaltung 88.
- Charakteristik** 16.
- Dachantenne** 56.
Dämpfung 90.
Detektor 26, 58 ff.
Deutscher Hochseerundfunk 82.
Deutsche Welle 82.
Deutschland 77.
Deutschlandsender 81 f.
Diagonalverkehr 107.
Differenztöne 12.
Duplexverkehr 49.
- Eichwellen** 32.
Eigenschwingungen 15, 33.
Eildienstgesellschaft 82.
Elektrizitätswerksrundfunk 113.
Elektrizitätswerkstelephonie 98 ff.
Empfangsschaltungen 54 ff.
Erdanschluß 54.
Erde 54.
- Fadingeffekt** 45.
Flugzeug 53.
Freileitungen 43.
Fremdsteuering 18, 28.
Frihodetektor 61.
- Gegengewicht** 55.
Gegensprechen 106.
Gitterbesprechung 29.
Gitterröhre 62.
Gleichrichter 7.
Großstadt 56.
- Heavisideschicht** 45.
Hertz 6.
Hising-Latour 29.
Hochfrequenzdrosseln 106.
Hochfrequenzverstärkung 69.
Hochspannungskondensatoren 102 f.
- Internationale Richtlinien** 78.
- Kabel** 97, 116 f.
Kathodophon 35.
Kennlinie 26.
- Klangfarbe** 41.
Klangveränderung 17.
Kohlenkörner 37.
Kondensatorchette 100.
Kondensatormikrophon 35.
Kontrollinstrumente 26.
Kopfhörer 17 f., 69 ff.
Kopplung 101.
Kristall 33.
Kristalldetektor 60 f.
Kurvenform 9.
- Lautsprecher** 17 f., 70 ff.
Lautstärke 16, 25 f.
Leithäuserschaltung 68.
Leitungsgerichtete Wellentelephonie 83 ff.
Lichtbogen 18.
Lichtverhältnisse 45.
Luftleiter 54.
Luftschiff 51 ff.
- Magnetische Modulation** 30.
Marmorblockmikrophon 35 f.
Maschinenraum 19.
Maschinensender 18, 30.
Mehrfachtelephonie 85 ff.
Meissner 67.
Membran 6, 59.
Mikrophon 9, 14 f., 35.
Mittelwert 8.
Modulation 7, 10, 15 f., 93.
Modulationsröhre 21 f.
Musik 13, 26.
- Nacht** 45.
Nebenwellen 31.

- Oberschwingung 91.
 Oberwellen 31, 46.
 Oper 16.
 Opernhaus 40.
 Organisation des Rundfunks 76 ff.
 Peilvorrichtung 53.
 Polytektor 60.
 Post 77, 113.
 Presserundfunkdienst 82.
 Primärempfänger 65 f.
 Pungs und Gehrts 30 f.
 Pupinpulen 43.
 Quarzkristall 33.
 Radialverkehr 107.
 Rahmenantenne 58.
 Rasterbild 9.
 Raumaakustik 17, 39.
 Reichspost 80, 122.
 Reichs-Rundfunk-G. m. b. H. 81.
 Reichweite 78.
 Reinartzschaltung 68.
 Reißlautsprecher 72 f.
 Richtungsempfindlichkeit 58.
 Röhre 32, 62.
 Röhrensender 18.
 Röhrenvoltmeter 24.
 Rückkopplungsschaltung 67.
 Ruf 96.
 Rundfunk 14, 16, 18, 76, 112.
 Rundfunkgebühr 77.
 Rundfunksender 28.
 Rundfunkverkehr 77.
 Schaltzustände 105.
 Schiff 51.
 Schwebungen 11 f.
 Schwingungskreis 19.
 Seitenbänder 13.
 Sekundärempfänger 66.
 Selbststeuerung 18.
 Sendeeinrichtung 18 ff.
 Sendegesellschaften 80 f.
 Senderaum 19, 39.
 Senderöhre 22.
 Senderschaltung 19.
 Sendewellen 14.
 Siebketten 89.
 Sonnenfinsternis 45.
 Sperrkreis 106.
 Spiraldrahtantenne 57.
 Sprache 13, 26.
 Sprechzelle 121.
 Statophon 71 f.
 Störgeräusche 25.
 Störung 44, 92.
 Störwellen 21, 93.
 Teilnehmerausgleichschaltung 86.
 Telephon 14, 69.
 Telephoniecharakteristik 23.
 Telephoniespule 30 f.
 Telephonmembran 6 ff.
 Trägheit 14.
 Überlagerung 7.
 Überlagerungsempfang 12.
 Übersteuerung 15, 25.
 Übertragung 40.
 Ultraaudion 68.
 Union Internationale de Radiophonie 81.
 Untergrundbahn 48.
 Verzerrung 9, 14, 26.
 Verstärkerraum 19.
 Vorverstärkung 39, 42.
 Voxhaus 42.
 Wannseebahn 47 f.
 Wechselsprechen 49.
 Wechselstromwiderstand 90.
 Wellen 6.
 Wellenlänge 32.
 Wellenmesser 32.
 Wellensieb 66.
 Wellenspektrum 13.
 Wellenverteilung 78, 93.
 Windrad 51,
 Wirtschafts Rundfunk 82.
 Zimmerantenne 56.
 Zugtelephonie 113.
 Zugvermittlungsstelle 118 f.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

ATELIER
TQIAS



So VERSTÄRKEN
TELEFUNKEN
RÖHREN
X

GLOEILAMPENFABRIEK "RADIUM"

TILBURG

HOLLAND



RADIO RECORD LAMPEN

VERKAUFSBÜRO
Singel 388 / Amsterdam

RADIO RECORD RÖHRE 1926

Das Ergebnis monatelanger Untersuchungen. **Belangreiche Verbesserung u. völlige Neukonstruktion** aller unsrer Typen. Zum Patent angemeldet. Die untenstehenden äußerst niedrigen u.

konkurrenzlosen Preise bleiben **unverändert bestehen**. Lieferung direkt ab Lager, auch an Bastler *innerhalb 4 Tage* nach Erhalt des Auftrags; franko Fracht und Zoll, frei Haus gegen Nachnahme. **Unter Garantie einwandfreier Wirkung.**

*

M 15 (1, 2, 3)	2 V. 0,15 A. D 6 ⁰ / ₀	M. 4.25
M 300 (1, 2, 3)	3,5 V. 0,06 A. D 15 ⁰ / ₀	M. 4.25
M 400 (3, 4)	3,5 V. 0,1 A. D 14 ⁰ / ₀	M. 4.75
5 XX (1, 2, 3)	4 V. 0,1 A. D 10 ⁰ / ₀	M. 4.25
2 LO (3, 4, 5)	4 V. 0,3 A. D 35 ⁰ / ₀	M. 7.75
15 } Doppel-	2 V. 0,06 A. D 20 ⁰ / ₀	M. 4.75
300 } gitter	3,5 V. 0,06 A. D 20 ⁰ / ₀	M. 4.75

Erläuterung: Einf. Gitter 40—120 Va., Doppelgitter 10—30 Va.
1 = Hf., 2 = Aud., 3 = Nf., 4 = Endverst., 5 = Kraftverstärker

*

Verlangen Sie umgehend kostenlose und portofreie Zusendung unseres ausführlichen ill. Katalogs mit Charakteristiken.

Bei Sammelaufträgen Rabatt!!

SIEMENS & HALSKE

RUNDFUNK- GERÄTE

Bauerlaubnis Telefunken

Ein- u. Mehrrohren-Empfangs-
geräte / Vierröhren - Neutro -
empfänger / Detektorempfänger
Langwellen-Detektorempfänger
Hoch- und Niederfrequenzver-
stärker/Anoden-u. Heizbatterien
Antennenmaterial / Kopfhörer
Lautsprecher / Rundfunk-Meß-
instrumente/Rundfunk-Schnüre
und Einzelteile



Zu haben in allen einschlägigen
Geschäften u. bei unseren Techn.
Büros in allen größeren Städten

SIEMENS & HALSKE A.-G.

Wernerwerk, Berlin-Siemensstadt

Walter de Gruyter & Co.
Postscheckkonto



Berlin W 10 und Leipzig
Berlin NW 7 Nr. 595 33

SIEMENS HANDBÜCHER

Herausgegeben von der Siemens & Halske A.-G.
und den Siemens-Schuckertwerken G. m. b. H.

- I. Band: Allgemeine Grundlagen der Elektrotechnik.
Von C. Michalke. 1925 In Leinen geb. M. 5.—
V. Band: Das Kraftwerk Fortuna II. Von A. Schreiber.
1925 In Leinen geb. M. 6.50
XIII. Band: Elektrizität im Bergbau. Von W. Philippi.
1926 In Leinen geb. M. 11.50

Ausführliche Prospekte kostenlos

JAROSLAW'S E. G. W. F.

BERLIN SO 36

Glimmer- und Mikanit-Fabrikate

insbesondere Glimmerplatten für Kondensatoren

Turbonit- und Turbax-Fabrikate

Deckplatten für Kondensatoren

Rundrohre für Variometerspulen

Turbonitpapier für Kondensatoren

Öltextilien

Leinen, Seide, Papier

Ölschläuche zum Isolieren der Drähte

Ölpapier für Transformatoren

NORA RUNDFUNK



Vier- u. Fünfröhrenempfänger

i n N e u t r o d y n - S c h a l t u n g

mit geeichten Stationsskalen · Wellenbereich 200-2000 m

Ein-,

Zwei- u. Dreiröhrenempfänger

Ein- und Zweiröhrenverstärker

i n Q u a l i t ä t s a u s f ü h r u n g

in hochglanzpolierten, pultförmigen Holzgehäusen sowie
auch in schwarzen Metallgehäusen mit Nickelrand

Einzelteile zum Selbstbau

wie Frequenzdrehkondensatoren, Transformatoren,
Spulen, Koppler usw.

D o p p e l k o p f h ö r e r

F O R M K U N D „ N O R A - B A B Y “ F O R M K B

wirklich dauerhaft lautstark und klangschön

Verwenden Sie zu unseren Apparaten Telefonröhren
Nach eigenen und Telefonen-Patenten

D r u c k s a c h e n a u f W u n s c h

ARON-Elektrizitätsgesellschaft

m. b. H.

CHARLOTTENBURG 4

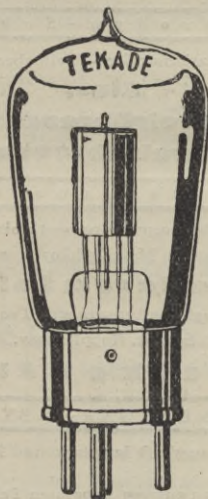
2,00

Eingetragene

KTD

Fabrikmarke

TeKaDe



**Rundfunkröhren
die Besten**

SÜDDEUTSCHE TELEFON-APPARATE-,
KABEL- U. DRAHTWERKE A.G., NÜRNBERG

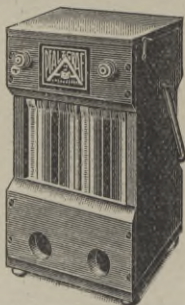
c - 96



AKKUMULATOREN FÜR ALLE ZWECKE

SPEZIALITÄT:

**RADIO-HEIZ-
UND
ANODEN-
BATTERIEN**



**AKKUMULATORENFABRIK
SYSTEM PFALZGRAF GMBH
BERLIN 4, CHAUSSEESTRASSE 36**

TEL.: NORDEN 8818, 8820, 7679 / DRAHTW.: AUTOBATTERIE

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301379



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295801

