

ARTUR FÜRST

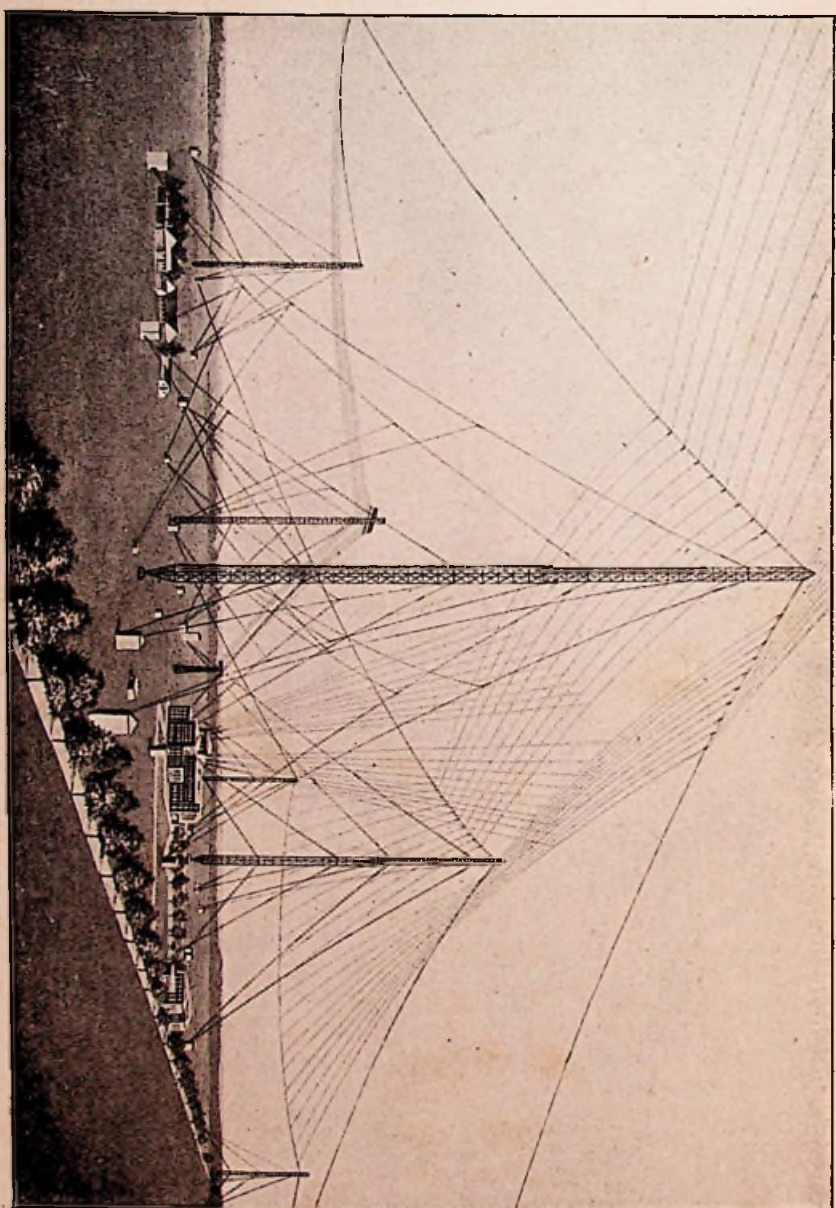
IM
BANNKREIS
VON
NAUEN



DIE EROBERUNG DER ERDE
DURCH DIE DRAHTLOSE
TELEGRAPHIE

℥

IM BANNKREIS VON NAUEN



1. Gesamtanlage der Groß-Station Nauen, von der Spitze eines Antennenmastes aus gesehen
Links die Häuser eines kleinen Gutshofes, der nicht zur Station gehört

IM BANNKREIS VON NAUEN

*DIE EROBERUNG DER ERDE DURCH DIE
DRAHTLOSE TELEGRAPHIE*

VON
ARTUR FÜRST

MIT 216 ABBILDUNGEN



SECHSTES BIS ZEHNTES TAUSEND

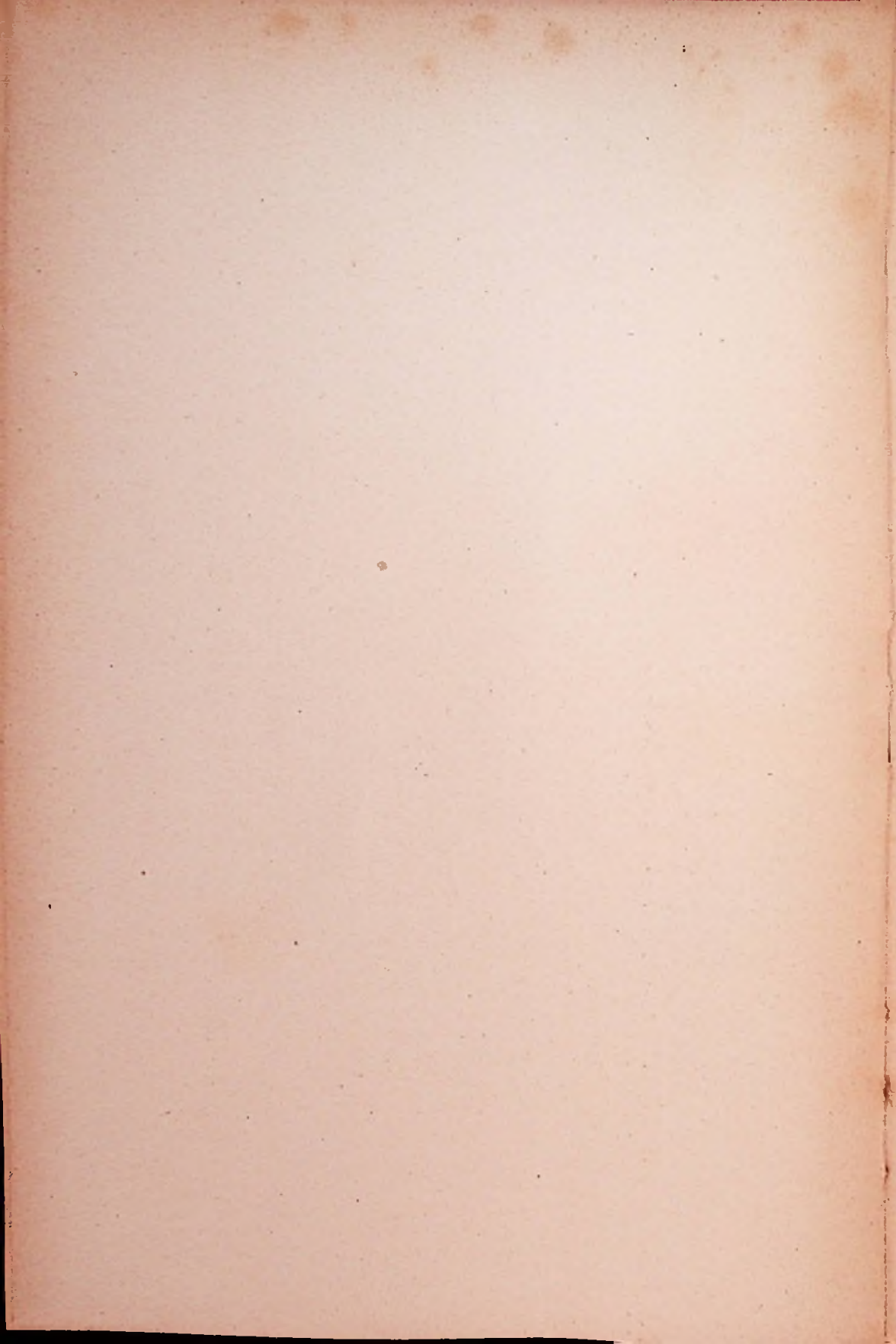
DEUTSCHE VERLAGS-ANSTALT
STUTT GART UND BERLIN

1922

Alle Rechte vorbehalten
Copyright 1922 by Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart
Druck der Deutschen Verlags-Anstalt in Stuttgart

Inhalt

	Seite
Das Morse-Alphabet	VII
Erster Teil	
1. Die drahtlose Kunst	3
2. Der Weltäther	10
3. Die Schwingung	16
4. Die wandernden Wellen	21
5. Der elektrische Funke	27
6. Der Sender von Hertz und der Empfänger von Branly	36
7. Marconi	41
8. Slaby und Arco	45
9. Der geschlossene Schwingungskreis	47
10. Der Braunsche Sender	54
11. Die tönenden Löschfunken	67
12. Die Detektoren	74
13. Die Antennen	86
14. Die Einrichtungen einer Löschfunkenstation	97
15. Die ungedämpften Wellen	108
16. Der Lichtbogensender	111
17. Die Hochfrequenzmaschinen	118
18. Die Hochvakuumröhre	133
19. Der Röhrensender	140
20. Die neuzeitlichen Empfangseinrichtungen	145
21. Schnelltelegraphie	164
22. Der Wellenmesser	185
Zweiter Teil	
23. Wie Nauen wurde	193
24. Ein Besuch in Nauen	216
25. Gellow, das Ohr von Nauen	233
26. Funkbetrieb im In- und Ausland	240
27. Auf dem Meer	255
28. Ortsbestimmung — Zeitsignal — Wetterdienst	275
29. In der Luft	285
30. Im Dienst der Eisenbahn	295
31. Telephonie	301
32. Hochfrequenz-Telephonie und -Telegraphie längs Leitungen	313
Das ABC der Funktelegraphie	322
Stichwörter	323



Das Morse-Alphabet

Buchstaben

a	.-	n	-. .
ä	.-.-.-	o	---
b	-. .-. .	ö	-. .-. .
c	-. .-. .	p	-. .-. .
ch	-. .-. .-	q	-. .-. .-
d	-. .	r	-. .
e	.	s	...
f	-. .-. .	t	-
g	-. .	u	-. .
h	-. .-. .	ü	-. .-. .
i	..	v	-. .-. .
j	-. .-. .-	w	-. .-
k	-. .	x	-. .-. .
l	-. .-. .	y	-. .-. .
m	-. .	z	-. .-. .

Ziffern

1	-. .-. .-	6	-. .-. .
2	-. .-. .	7	-. .-. .
3	-. .-. .	8	-. .-. .
4	-. .-. .	9	-. .-. .
5	-. .-. .	0	-. .-. .

Satzzeichen

Punkt		Binde- oder)	-. .-. .-
Komma	-. .-. .-	Gedankenstrich)	-. .-. .-
Frage-	-. .-. .	Klammer	-. .-. .-
zeichen	-. .-. .	Bruchstrich	-. .-. .

Erster Teil



1. Die drahtlose Kunst

Ein Robinson von heute, der nach vielleicht dreißigjährigem Aufenthalt auf seiner Insel in den Kulturkreis zurückkehrte, würde die Welt arg verändert finden. Er sähe die gewaltige Entwicklung der Großstädte, den Ausbau der Bahnen, das kühne Wachstum der Schiffe. Er hätte die Kraftwagen und Flugzeuge zu bewundern, die Engmaschigkeit der Fernsprechnetze würde ihn staunen machen. Im Frieden seiner Insel wäre er gewiß außerstande gewesen, sich vorzustellen, welch gewaltige Energiemengen heute durch eine einzige Dampf- oder Gasmaschine erzeugt werden können, zu welcher Mannigfaltigkeit inzwischen die Arbeits- und Werkzeugmaschinen entwickelt wurden, und wie mächtig die Ausmaße der Stätten gewachsen sind, in denen die Massenherstellung der Bedarfsgegenstände erfolgt.

Zeitgenosse Robinson, der neben den gesellschaftlichen Veränderungen und wissenschaftlichen Fortschritten diese technischen Dinge aufzunehmen und zu begreifen hätte, würde gewiß Mühe haben, sich in der neuen Umwelt zurechtzufinden. An diesen Bäumen dahinwandelnd, die während der Zeit seiner Abtrennung von dem Kreis der Menschheit so weit ausladende Kronen entwickelt haben, würde er aber doch stets empfinden, daß er sie als junge Stämmchen oder Schößlinge bereits gekannt hat. Deutlich fühlte er in jedem Augenblick den Zusammenhang der jetzigen Kultur mit jener, die er einst verließ. Plötzlich aber würde sein Weg ihn zu einem Baum führen, dessen ganzes Wesen, dessen höchst eigenartiger Aufbau ihm völlig unbekannt vorkäme. Ihn umkreisend, von der Wurzel zur Spitze und wieder hinab blickend, sähe er keinen Teil daran, in den er den Haken der Erinnerung einschlagen könnte. Robinson müßte sich eingestehen, daß ihm zur Zeit seiner Ausreise noch nicht einmal das Samenkorn bekannt gewesen sei, aus dem inzwischen dieser stolze Stamm emporwuchs. Und zu dem Staunen über eine so geschwinde Entwicklung gesellte sich das klägliche Gefühl vollständiger Hilflosigkeit gegenüber dem neuen Gegenstand.

Dieser Baum ist das Sinnbild der drahtlosen Telegraphie.

Vor drei Jahrzehnten hatte Maxwell längst die Theorie der elektromagnetischen Schwingungen aufgestellt, und die Richtigkeit seiner

Behauptungen war bereits von Heinrich Hertz durch den Versuch bestätigt worden. Die außerordentliche Bedeutung dieser Forschungen blieb der wissenschaftlichen Welt keineswegs verborgen, aber selbst die kühnste Vorstellungskraft vermochte damals keine Methode zu sehen, durch welche diese äußerlich so bescheidenen Laboratoriums-Arbeiten zu Werkzeugen der praktischen Technik hätte weiterentwickelt werden können.

Maxwell lehrte die Fortpflanzung elektromagnetischer Anstöße, Hertz beobachtete das Auftreten zarter Fünkchen in einigen Metern Entfernung von der Erzeugungsstelle der Energie. Damit war eine neue, gewiß höchst wichtige und der weiteren Durchforschung würdige Anschauung über das Spiel der Naturkräfte gewonnen. Aber der Ingenieur blieb himmelweit davon entfernt zu denken, daß er hieraus jemals Nutzen für seine auf das Praktische gerichtete Tätigkeit würde ziehen können.

Es dauerte denn auch ein Jahrzehnt, bis der Geschicklichkeit Marconis die erste drahtlose Nachrichtenübermittlung gelang, die, unsicher genug, die bescheidene Entfernung von kaum mehr als fünf Kilometern überbrückte. Aber schon vier Jahre später flog das erste Telegramm ohne Benutzung einer Leitung über den Atlantischen Ozean, und heute ist die Erde der Schemel für die Füße der neuen Fernmeldekunst.

Das alles war in Robinsons Abwesenheit geschehen; als er vor den seltsamen Baum gelangte, konnte es ihm daher nicht anders sein, als wenn dieser mit einer unsichtbaren Mauer umgeben wäre, die geistig zu durchbrechen ihm völlig unmöglich scheinen mußte.

Auch für die meisten von uns, die wir die Entwicklung miterlebt haben, besteht diese Mauer. Jeder, der nicht bei der Pflege des Baums tatkräftig mitgearbeitet hat, muß, wenn er nicht zu den Armen am Geiste gehört, zugestehen: die drahtlose Telegraphie ist ein Wunder. Und selbst die Männer, deren Arbeiten wir die unvergleichlichen Fortschritte verdanken, können kaum anders urteilen. Das berühmte Wort Pascals, das von dem menschlichen Wissen im allgemeinen spricht, läßt sich so umgestalten: die Leistungen der Funktechnik gleichen einer Kugel, die ununterbrochen wächst; in dem Maß wie ihr Umfang zunimmt, wächst auch die Zahl ihrer Berührungspunkte mit dem Unbekannten.

Technische Arbeit bedeutet doch wahrhaftig ein Umgehen mit dem Greifbaren. Technische Werkzeuge sind aus Stahl, aus Kupfer, aus Hartgummi. Kurbeln, Lampenfassungen, Kranhaken erweisen in jedem Augenblick ihr Dasein deutlich genug. Aber der Funkingenieur geht mit einem Stoff um, der keiner ist. Er beeinflußt ihn, formt ihn, stört ihn auf und beruhigt ihn ganz nach seinem Gefallen, ohne daß er ihn kennt. Er zwingt dem Unsichtbaren, immer laut-

los Auftretenden, Unföhlbaren Wirkungen ab, die ebenso nützlich wie geheimnisvoll sind. Zwar bearbeitet er den unstofflichen Stoff mit körperlichen Werkzeugen, aber auf welche Art diese ihren Einfluß üben, liegt bereits jenseits der Schwelle des Wahrnehmbaren. Wie Champollion einst den Sinn der Hieroglyphen-Inschriften aufdeckte, die mit unbekannten Zeichen in unbekannter Sprache über unbekannte Geschehnisse handelten, so veranlaßt der Funktechniker den unbekannten Stoff durch unbekannte Einwirkungen zu unbekannten Regungen.

Heute, wo so viele Großsendestellen auf der Erde arbeiten, schwirren die elektromagnetischen Impulse, welche die zart beflügelten Götterboten der drahtlosen Telegraphie sind, überall umher. Gleich den feinsten Staubteilchen umgeben sie uns aller Orten, ja sie benutzen unseren Körper als Flugbahn. Doch den Sinnen wird dieses Getümmel auf keine Weise unmittelbar kund. Es gibt keinen Scheinwerferstrahl, der stark genug wäre, um uns die elektrischen Stäubchen sichtbar zu machen, wir besitzen kein Organ, um sie zu erkennen.

Wie anders böte sich die Welt dar, wenn die Natur uns mit einem Sinneswerkzeug zur unmittelbaren Wahrnehmung elektrischer Vorgänge beschenkt hätte! Der Unterschied von Tag und Nacht wäre bedeutungslos, die Fähigkeit, die Körper nach ihren elektrischen Zuständen zu unterscheiden, würde uns eine Differenzierung der Welt erkennen lassen, gegen die unser heutiges Begreifen nur ein kümmerliches Umhertappen genannt werden könnte. Daß uns dieses hohe Geschenk nicht ward, gibt dem nach den letzten Erkenntnissen ringenden Menschen Faust erst das Recht zu sagen:

Den Göttern gleich' ich nicht! Zu tief ist es geföhlt;
Dem Wurme gleich' ich, der den Staub durchwöhlt!

So lange die Menschheit auf der Erde lebt, ist die ungeheuerste aller Großsendestellen in Tätigkeit. Es ist die Sonne, die seit Jahrmilliarden oder Jahrbillionen unendliche Ströme elektrischer Stäubchen auf und um die Erde schickt. Das Fehlen eines natürlichen Empfangswerkzeugs für diese gewaltigen Vorgänge ist Ursache, daß sie von der Menschheit erst seit kurzem erkannt worden sind. Und eine weitere Seltsamkeit tritt auf. Nicht weniger als über die Wunder der drahtlosen Telegraphie müssen wir darüber staunen, daß sie ein so viel geringeres Alter hat als die Drahttelegraphie. Diese ist, recht betrachtet, das Besondere, die neue Methode das Allgemeine. Es hätte, so sollte man denken, sehr viel leichter sein müssen, eine Kraft und noch dazu eine solche, deren inneres Wesen unbekannt ist, ins Weltall hinauszuspritzen, als sie in bestimmte schmale Bahnen zu zwingen. Daß aber tatsächlich

die Arbeiten Galvanis, Voltas und Ampères vor denen von Maxwell und Hertz liegen, hat seinen materiellen Grund darin, daß die sehr schwachen elektrischen Kräfte, die im Anfang zur Verfügung standen, durch den Draht vorzüglich zusammengehalten wurden und allein durch diese Ballung merkbare Wirkung auf Anzeige-Instrumente zu üben vermochten. Es bleibt aber die eigenartige Tatsache bestehen, daß im Gebiet der elektrischen Nachrichtenübermittlung die an eine Zwangsspur gebundenen Eisenbahnzüge früher da waren als die freizügigen Straßenwagen.

Nachdem einmal die Verwendbarkeit der elektromagnetischen Schwingungen für die Fernmeldetechnik erkannt war, hat die Entwicklung der Geräte, die ihre Nutzung ermöglichen, fast erschreckend schnelle Fortschritte gemacht. Was die Drahttelegraphie nicht in jahrzehntelangen Bemühungen zu erringen vermochte, das pflückte die jüngere Schwester mit rascher Hand wie im Vorübergehen.

Im Vergleich mit ihrem Rüstzeug sind die Waffen der älteren Schnell-Nachrichtenübermittlung grobe Dinge, von derben Fäusten mit dem Schmiedehammer zugehauen. Während es dort genügte, Elektromagnete, Räder und Hebelchen zusammenzuordnen, leicht überschaubare, allteilig mit den Händen zu greifende Bauarten zu ersinnen, arbeitet die drahtlose Kunst nicht mit Maschinenteilen sondern mit Grundsätzen. Ihre Meister benutzen an materiellen Dingen nicht viel mehr als ein wenig aufgewickelten Draht und ein paar metallbelegte Glasplatten. Diese bescheidenen Gegenstände bringen sie in immer neue Anordnungen und erreichen dadurch eine unabsehbare Reihe von Wirkungen, gerade wie das Durcheinanderwerfen immer derselben 24 Buchstaben das Ausdrücken jeder Regung des menschlichen Geistes ermöglicht. Beinahe ist die drahtlose Telegraphie gar keine Technik mehr, sondern eine Philosophie mit Spulen und Kondensatoren.

Und wahrlich: die auf diesem Gebiet tätigen schöpferischen Geister bilden Theoreme und Schlüsse, die an Tiefe und Schönheit den berühmtesten Sätzen der klassischen Philosophen nicht nachstehen. Ihre Werke sind körpergewordene Theorien; diese Männer ziehen ihre Kraft so unmittelbar aus dem Fruchtboden der Wissenschaft, wie keine andere Gattung ihrer Berufsgenossen. Und eben darum kreisen die Säfte in dem Bereich ihres Schaffens so geschwind, aus diesem Grund setzt sich so rasch Zelle an Zelle, daß das Wachstum sichtlich, wie auf einer kinematographischen Trickaufnahme, fortschreitet. Mit nur geringer Übertreibung kann man sagen: ein Ingenieur der Funktelegraphie, der sich den Luxus gestattet, vier Wochen auf Urlaub zu gehen, kennt, zurückgekehrt, seine Technik nicht mehr wieder; er braucht ein Vierteljahr, um sich von neuem einzuarbeiten.

Die Wellen des Fortschritts schlagen brandungsartig an das Ufer der neuen Fernmeldetechnik. Was im gegenwärtigen Augenblick blinkend frisch ist, gehört im nächsten schon der grauen Vorzeit an. Eine neue Sonne steigt am Horizont empor — die gesamte Zunft wendet das Angesicht ihren Strahlen zu, es wird geschraubt, zugestüst und gebaut, um dem Dienst an der jungen Himmelskönigin den Altar zu bereiten. Aber schon taucht mit geöffnetem Rachen der Fenriswolf über den Horizont, der auch dieses Gestirn alsbald verschlingen wird.

Trotz dieser rasend schnellen Umdrehungen, die das Rad des funktetelegraphischen Fortschritts macht, wäre es aber doch ganz falsch, an eine schädliche Überstürzung zu glauben. Es ist immer nur das wirklich Bessere, wodurch das Gute verdrängt wird. Aus taubem Felsgestein ist eine Wunderquelle mit dem Mosesstab hervorgerufen worden, und sie sprudelt urkräftig aus ihrem geheimnisvollen Born hervor. Es wäre ein Verbrechen, sie zu verstopfen, statt ihrer immer neuen Gaben sich zu erfreuen.

Diese sind heute, darüber darf man sich keiner Täuschung hingeben, nur erst in geringer Zahl ans Tageslicht getreten. Kaum hat die drahtlose Telegraphie jetzt den Stand erreicht, zu dem die Eisenbahn in der Zeit gelangt war, als Georg Stephenson, der Erbauer der ersten Linie für den öffentlichen Verkehr, die Augen schloß. Die drahtlose Telegraphie macht heute ihre ersten, noch immer ein wenig taumelnden Kinderschritte. Was sie als erwachsener Mann leisten wird, kann niemand voraussehen.

Zwar reicht die Stimme der stärksten Sendestelle heute bereits über die ganze Erde, doch dieser Besitz ist noch längst nicht gefestigt. Die Empfangs-Anordnungen, deren Ohren über das Weltmeer horchen, sind bereits handliche kleine Geräte, aber immer noch brauchen die Großsendestellen gewaltige Anlagen, die sich über viele Kilometer erstrecken, und Energiequellen von mehreren hundert Pferdestärken, weil sie ihre Gaben nach allen Richtungen ausstreuen und nicht imstande sind, sie nur demjenigen allein zukommen zu lassen, der empfangsberechtigt ist.

Die Großstationen pflegen nicht selten Telegramme mit der wahrhaft umfassenden Adresse „An Alle!“ auszusenden. Die Möglichkeit, eine drahtlose Nachricht so zu kennzeichnen, erweist zugleich eine Stärke und eine Schwäche der neuen Technik. Häufiger als an alle will man sich an einen bestimmten Empfänger wenden. Dieser ist aber immer noch nicht völlig gegen das Mithören durch andere gesichert. Darum bleibt trotz allem, was schon geschaffen ist, noch sehr viel zu tun.

Es ist auch nicht zu verkennen, daß es der drahtlosen Telegraphie nicht mehr möglich sein wird, eine so tiefgreifende Wandlung des

Kulturstands der Menschheit hervorzurufen, wie es z. B. die Eisenbahn getan hat. Ihre Leistungen können Besserungen immer nur dem Grad, nicht der Art nach bringen. Die Erdbewohner sind heute bereits zu einer engen Gemeinschaft zusammengeschlossen. Wege für die Übermittlung des Gedankens führen fast überall hin; die Ausfüllung der noch bestehenden Lücken bildet eine Annehmlichkeit, kein Bedürfnis.

Nur dort, wo der Mensch sich auf beweglichem Boden befindet, wird ihm die leitungslose Telegraphie zur unersetzbaren Wohltäterin. Die Sicherheit der Schifffahrt ist durch sie außerordentlich gesteigert worden und wird weiter anwachsen. Gern nimmt der Schiffsgast auch die Möglichkeit wahr, Privattelegramme von hoher See abzuschicken und inmitten des Ozeans zu empfangen. Man kann aber auch jenen nicht unrecht geben, die die Aufhebung der Schiffseinsamkeit, das Verschwinden des Festungswalls gegen die Zudringlichkeit der Nachrichten, den einst das Wasser bildete, als einen Angriff auf ihre Ruhe und Erholungsmöglichkeit bezeichnen. Der Gedanke, daß man in nicht allzu ferner Zeit von jedem Eisenbahnzug aus wird telegraphieren und fernsprechen können, ist ebenso wenig erfreulich, wie die Tatsache vermeidbar sein wird. Das drahtlose Telephon in der Westentasche ist eine schöne und entsetzliche Vorstellung zugleich.

Auch das Luftfahrzeug mit Fernsprechanschluß wird kommen. Doch über die rauhe Tatsache, daß dem Reisenden dann auch tausend Meter über der Erde die Börsenkurse zugesprochen werden, dürfen wir uns trösten durch das Bewußtsein, daß ein sicherer Luftverkehr ohne drahtlose Sicherung fast zur Unmöglichkeit gehört. Der Luftomnibus der Zukunft wird bei unsichtiger Witterung nur verkehren können, wenn sein Navigationsoffizier die Befehle an den Steuermann auf Nachrichten zu stützen vermag, die er ständig vom Boden her erhält. Die Wellen der Luft und der Elektrizität werden eine Ehe eingehen, aus der wahrhaft Nützliches ersprießen wird.

Das Große Hauptquartier, von dem aus die drahtlosen Kolonnen immer wieder und wieder ausgesandt wurden, bis sie die Welt erobert hatten, heißt Nauen. Diese mit den stärksten Energiequellen ausgerüstete und weitest reichende Sendestelle, die von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie in Berlin gegründet wurde, hat sich von einer bescheidenen Versuchsstätte zu ihrer heutigen überragenden Stellung emporgekämpft. Wenn wir die Geschichte von Nauen betrachten, so erhalten wir einen Überblick über die Entwicklung der drahtlosen Technik, wie ihn der Schnitt durch eine seit Urzeiten unberührte Erdschicht für die Geologie gibt. Vom Archaikum bis zum Alluvium wird jede Schichtung sichtbar. Darum ist es das erste Ziel dieses Buchs, den Leser, der Vorkenntnisse nicht mitbringt,

zum Verständnis des Werdegangs von Nauen und seiner heutigen Gestalt vorzubereiten. Hierauf soll er dann die Hallen des Prachtbaus im Havelländischen Luch mit hellen, verständnisvollen Augen an Hand der weiteren Ausführungen durchschreiten.

Wer da weiß, wie Nauen wurde und was Nauen heute ist, der kennt die drahtlose Technik in ihrer Gesamtheit. Es wird ihm der Einblick erschlossen in eine der großartigsten Stätten der heutigen Technik: ein Telegraphenamt für die ganze Erde.

Denn Nauen, das einst ein Wunder war, ist heute ein Telegraphenamt. Depeschen für Übersee, die an irgendeinem Postschalter aufgegeben werden, befördert die Großsendestelle mit vollster Sicherheit an ihren Bestimmungsort. Ferner hat sie die Aufgabe, Nachrichten bestimmter Art über Europa zu verbreiten und zweimal täglich den Schiffen auf offenem Meer die genaue Zeit zu übermitteln.

Rüsten wir uns zu dem Marsch, der durch den Bannkreis von Nauen und zu der Stätte selbst führen soll! Es wird uns in diesen Zeiten, die dem deutschen Namen so viel Unglumpf gebracht haben, eine Genugtuung sein, wenn wir auf diesem Weg wahrnehmen, daß ein sehr starker Anteil an der Aufrichtung des Gebäudes der drahtlosen Telegraphie Deutschland zukommt.

2. Der Weltäther

Was heißt telegraphieren?

Wir müssen uns durchaus darüber klar sein, daß dieser Vorgang im physikalischen Sinn nichts anderes bedeutet, als Übertragung von Energie von einem Ort zum anderen. Eine Kraftquelle, hier aufgestellt, übt drüben eine Wirkung. So läßt z. B. eine Batterie galvanischer Elemente in einem weit entfernt aufgestellten Morse-Apparat zwei spulenumgebene Weicheisenstäbe magnetisch werden, so daß sie imstande sind, den Schreibhebel anzuziehen.

Damit die Energie von den Elementen zu dem Elektromagneten gelangen kann, ist eine Verbindung zwischen den beiden Aufstellungsorten notwendig. Denn wir dürfen es nach allen unsern Beobachtungen und auf Grund der Gesamtheit wissenschaftlicher Feststellungen als unmöglich erachten, daß eine Kraft allein durch ihr Vorhandensein in die Ferne zu wirken vermag. Energie-Übertragungen müssen stets vermittelt werden. Niemals kommt es vor, daß Energie an einem Raumpunkt nur deshalb erscheint, weil sie an einem anderen verschwunden ist. Wenn irgendwo ein Gegenstand sich bewegt, so suchen wir unwillkürlich nach der Quelle der ihn treibenden Kraft, die irgendwie mit ihm in Verbindung stehen muß. Gelingt es uns nicht, sie zu finden, so werden wir eher annehmen, daß wir nicht gescheit genug sind, sie auszuspiüren, als daß wir den völlig mystischen, in das Reich des Okkulten gehörigen Begriff einer Fernkraft zugeben.

Bei der Telegraphie gewöhnlicher Art kann die Verbindung zwischen der Energiequelle und ihrem Wirkungsort sehr leicht mit den Augen und den Händen ertastet werden. Sie wird eben durch den Draht gebildet, der zwischen beiden Stellen ausgespannt wurde. Nun ist aber die neue Fernmeldetechnik erstanden, die sich mit besonderer Betonung drahtlos nennt. Auch bei ihrer Ausübung wird stets durch eine Energiequelle an dem einen Ort ein Elektromagnet am anderen Ort erregt. Aber wo ist der Übertrager? Wo finden wir den Vermittler, der mit seinen Händen die kraftgefüllten goldenen Eimer hinüberreicht? Er ist nicht zu sehen und nicht zu erfüllen. Unsere groben Sinne erklären ihn als nicht vorhanden, und doch muß er da sein.

Wir wollen ausziehen, ihn zu suchen.

Da sagt uns die Überlegung zunächst, daß zwei Punkte der Erdoberfläche stets ganz von selbst auf doppelte Art miteinander verbunden sind: es breiten sich zwischen ihnen der Körper der Erde und ihr Luftmantel. Wir müssen darum zunächst untersuchen, ob wir in diesen beiden Dingen oder in einem von ihnen Mittel vor uns haben, die zur Übertragung von Energie in weite Ferne geeignet sind.

Wenn wir in dieser Richtung nachforschen, kommen wir bald zu recht kläglichen Ergebnissen.

Jeder weiß, in wie kurzer Entfernung schon der Ruf des menschlichen Mundes verhallt, selbst wenn die Schallwellen durch ein Sprachrohr zusammengefaßt und gerichtet werden. Die Töne der größten Glocken sind nicht imstande, sich auch nur über das Gebiet einer Mittelstadt zu verbreiten. Der Donner selbst, diese gewaltige Erschütterung der Luft, ist in mehr als 25 Kilometern Entfernung von der Entstehungsstelle nicht mehr hörbar. Das Krachen der größten, im Weltkrieg gebrauchten Geschütze, bei deren Entladung viele tausend Pferdestärken frei wurden, hat freilich 150 Kilometer überwunden. Aber selbst eine solche Reichweite kann nicht als Fernwirkung bezeichnet werden, wenn man damit etwa die Leistungen der indo-europäischen Überlandtelegraphenlinie London—Kalkutta oder der großen Seekabel vergleicht. Eine leitungslose Telegraphie mit der atmosphärischen Luft als Mittler akustischer Energie einrichten zu wollen, ist also aussichtslos.

Der feste Boden, den wir als die zweite von selbst vorhandene Verbindung zwischen den irdischen Orten erkannt haben, pflanzt tatsächlich Erschütterungen sehr viel besser und weiter fort als die Luft, weil seine Fügung dichter ist. Das Erdbeben, das am 28. Oktober 1891 in Japan stattfand, wurde durch die Beobachtungsvorrichtungen der erdmagnetischen Warte zu Potsdam deutlich aufgezeichnet, und es sind von den gleichen Instrumenten Erdstöße wahrgenommen worden, die aus dem Bereich unserer Antipoden stammten, d. h. über die ganze Länge des Erddurchmessers oder den halben Umfang der Erde übertragen wurden.

Doch welche ganz übermenschlichen Kräfte müssen am Sendeort tätig sein, um die so überaus leicht beweglichen seismographischen Empfänger in Bewegung zu setzen! Wir können Erdbebenstöße nicht nachahmen, geringere Erschütterungen des Bodens aber wirken nur über ganz kurze Entfernungen. So sind die Stöße des Schwergewichts einer Dampfswalze, die über rumpeliges Pflaster rollt, gerade noch in den Häusern am Rand der durchfahrenen Straße wahrnehmbar, und selbst der Umsturz eines riesigen Eisengerüsts bringt Schwankungen nur in geringem Umkreis hervor. Der Erdboden

ist also gleichfalls kein geeignetes Hilfsmittel für eine Nachrichtenübermittlung der von uns betrachteten Art.

Einen Augenblick sind wir ratlos!

Wie soll eine Telegraphie ohne künstliche Leitungen möglich sein, wenn die vorhandenen Verbindungen sich als unbenutzbar erweisen und Fernkräfte etwas Unmögliches sind? Denken wir uns den Boden und den Luftmantel zwischen zwei Punkten auf der Erde fort, so bleibt doch zwischen ihnen nur das Nichts. Auf wunderbare Art ist es aber gerade dieses bloß scheinbare Nichts, das dem Menschen die seltsamste Art des Fernmeldens ermöglicht hat.

Wir wollen uns einmal in dieses Nichts versetzen, indem wir mit einem kräftigen Satz von der Erde abspringen. Die Erdkugel braust alsdann mitsamt der Luft weiter durch den Raum, während wir hinter ihr zurückbleiben. In wenig mehr als einer Sekunde sind auch die letzten Spuren der Atmosphäre verschwunden. Das Blau des Himmels erlischt — doch wir befinden uns durchaus nicht in vollkommener Finsternis. Die Sonne leuchtet uns nach wie vor, ja sogar mit sehr viel stärkerem Glanz als früher, und von völlig schwarzem Hintergrund strahlen gleichzeitig die Sterne nieder.

Einen solchen Absprung von der Erde hat zwar noch niemand ausgeführt, es läßt sich aber mit vollkommener Gewißheit sagen, daß der kühne Springer Beobachtungen der eben beschriebenen Art machen würde. Das Himmelsblau entsteht dadurch, daß die Luftteilchen sowie der Staub und die Wassertröpfchen, welche stets in der Atmosphäre vorhanden sind, die in den Luftmantel der Erde einfallenden Sonnenstrahlen zerstreuen und, wie ein Farbfilter wirkend, aus der im Sonnenlicht stets vorhandenen Gesamtheit aller Farben den blauen Anteil aussondern, so daß dieser mit überwiegender Stärke zum Boden durchtritt. Die helle Kuppel aus blauem Kristall, die stets über uns zu liegen scheint, überstrahlt den schwachen Schimmer der Sterne. Befindet sich der Betrachter des Himmels nicht in Luft, so fällt jede Zerstreuung und Filterung des Lichts fort, der Himmel um die Sonne erscheint schwarz, und die Sterne bleiben auch bei hellstem Sonnenlicht sichtbar.

Aber wie geht es zu, so müssen wir schleunigst fragen, daß unser Erdflüchtling überhaupt Helligkeit wahrnimmt, daß Licht zur Netzhaut seiner Augen gelangt? Er befindet sich doch im Nichts, und wie vermag etwas durch das Nichts zu gelangen? Um diese Frage beantworten zu können, müssen wir uns ein wenig mit der Natur des Lichts befassen. Das ist durchaus keine Abschweifung von unserm Thema, sondern steht, wie wir bald sehen werden, hiermit in engstem Zusammenhang.

Man könnte sich vorstellen, daß die Sonne und die Sterne Schwärme von ungeheuer feinen Teilchen durch den Weltenraum

senden, die in unser Auge dringen und hier als Licht wahrgenommen werden. Das wurde in der Tat auch früher geglaubt. Und einer der größten naturwissenschaftlichen Denker, welche die Menschheit je hervorgebracht, Isaac Newton, hat die Erscheinung des Lichts auf Grund einer solchen Aussendungs- oder Emissionstheorie zu erklären versucht. Wir wissen jedoch heute, daß Newton, der uns durch seine Lehre von der Massenanziehung, die Gravitationstheorie, den Zusammenhang der Bewegungen im Weltall in so wunderbarer Weise erklärt hat, mit seiner Auffassung über das Wesen des Lichts irrte.

Denn wäre diese Erscheinung wirklich etwas Stoffliches, so müßte man Helligkeit auf irgendeine Weise, etwa durch Auspumpen, aus einem Raum entfernen können. Es hat sich aber gezeigt, daß es unter keinen Umständen möglich ist, das Licht auf diese Weise auch nur zu schwächen. Es kann aber von einem Raum ferngehalten werden, indem man es durch einen Körper, etwa einen Schirm, abfängt. Ist dieser Schirm vollkommen schwarz, so wirft er nichts von dem auffallenden Licht zurück, er verschluckt es vollständig, wie etwa loser Sand eine Ladung Schrotkörner auffängt, ohne sie zurückprallen zu lassen. Eben weil er nichts von dem empfangenen Licht wiedergibt, erscheint uns der Schirm ja schwarz.

Bestrahlt man einen solchen Schirm lange Zeit hindurch, so müßte er am Ende des Vorgangs notwendigerweise schwerer sein als vorher, falls die eingedrungenen Lichtteilchen stofflicher Natur sind; denn seine Masse hätte ja anwachsen müssen. Auch wenn der Lichtstoff noch so leicht wäre, müßte die Gewichtssteigerung schließlich meßbar werden, wenn wir den Bestrahlungsvorgang nur genügend lange währen lassen. Derartiges tritt aber niemals ein, so daß die Emissionstheorie schon allein deshalb notwendigerweise falsch sein muß. In Wirklichkeit wird, wie wir durch die Forschungen von Huygens und Maxwell wissen, nichts Stoffliches übertragen sondern Energie.

Doch damit sind wir der Lösung unseres Rätsels nicht näher gekommen. Denn auch die Lichtenergie braucht in dem Nichts außerhalb der Erde ein Fortpflanzungsmittel.

Es ist nun durch Beobachtungen, die von der Erde her im Weltenraum ausgeführt werden konnten, und durch Untersuchungen im Laboratorium mit vollkommener Übereinstimmung festgestellt worden, daß die Ausbreitung des Lichts zwar sehr geschwind, aber nicht unendlich schnell vor sich geht. In einer Sekunde legt die Lichtenergie 300 000 Kilometer zurück. Es muß also irgend etwas vorhanden sein, das die unendlich schnelle Fernwirkung verhindert, indem es die Fortpflanzung mit endlicher Schnelligkeit zugleich erst ermöglicht. Und in der Tat nimmt die Wissenschaft an, daß der an-

scheinend völlig leere Weltenraum von einem Stoff erfüllt ist, den man den Welt- oder Lichtäther nennt. Für unsere groben Sinne ist dieser Äther völlig unfassbar, und doch kann man über seine Eigenschaften einige Aussagen machen.

Je geringer nämlich die Zusammendrückbarkeit eines Körpers ist, um so schneller pflanzen sich die Kraftwirkungen in ihm fort. Aus der ungeheuren Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Lichtenergie folgt daher eine fast gänzliche Unzusammendrückbarkeit des Äthers, welche die des Stahls um das Vieltausendfache übertrifft. Dabei ist dieser Körper aber nicht fest, er hat auch kein Gewicht und bietet dem Hindurchdringen anderer Körper nicht den allergeringsten Widerstand dar. Das sind so völlig widersprechende und miteinander unvereinbare Eigenschaften, daß sie in dieser schroffen Form unmöglich zu gleicher Zeit bestehen können.

Einstein gelangt denn auch in seiner Relativitätstheorie zu einer Weltauffassung, die das Vorhandensein des Äthers leugnet. Dennoch dürfen wir uns seiner für die Erörterung der hier zu beschreibenden technischen Vorgänge weiter bedienen, da er eine bequeme Erklärung aller Phänomene ermöglicht. Die Behauptung, es gäbe einen Weltäther, ist eine Hilfshypothese, aber eine vorzüglich brauchbare.

Wir sagen also, daß der Äther eine dritte Verbindung zwischen beliebigen Punkten auf der Erde darstellt, da er, wenn überhaupt, auch hier überall vorhanden sein muß, indem er sich zwischen den kleinsten Teilchen der Körper, den Atomen, einlagert. Und daß der Äther in kühnstem Gegensatz zu Luft und Boden imstande ist, Energie weithin zu übertragen, lehrt uns allnächtlich der Augenschein. Es gibt Sterne in sehr großer Zahl, die so ungeheuer weit von uns entfernt sind, daß ihr Licht trotz seiner ungeheuren Geschwindigkeit mehrere hundert Jahre braucht, um zur Erde zu gelangen. Dennoch sehen wir sie am Himmel stehen. Die von ihnen ausgestrahlte Lichtenergie überwindet also die völlig unvorstellbare Länge der Zwischenstrecke.

Da wir Licht jederzeit auf Erden erzeugen können, so entsteht nun ganz von selbst der Gedanke, zunächst eine drahtlose Telegraphie über den Erdball mit Hilfe des Lichts zu versuchen. Aber auch da scheitern wir sehr rasch. Es gibt in der Tat eine Lichttelegraphie, bei der mittels Hohlspiegeln bei Tag das Licht der Sonne, bei Nacht die Strahlung einer Starklichtquelle gegen die Wolken geworfen wird. Die Wirkung geht aber nicht weit über 100 Kilometer hinaus.

Und das hat seinen guten Grund darin, daß wir Menschen uns nicht in einem Raum aufhalten, der ausschließlich vom Weltäther erfüllt ist, sondern in einer Weltgegend wohnen, wo sich auch Luft mit ihren Verunreinigungen befindet. Allein die Zerstreuung und

Zurückwerfung, denen jeder Lichtstrahl in der Atmosphäre unterliegt, verhindern bedeutende Fernwirkungen. Selbst das Leuchtfeuer von Helgoland, das mit einer Stärke von 34 Millionen Kerzen in die Nacht strahlt, ist nur 43 Kilometer weit sichtbar. Seine durch Hohlspiegel zusammengefaßten Strahlenbündel könnten freilich in noch etwas größerer Entfernung wahrgenommen werden, wenn sie nicht in dem genannten Abstand durch die Erdkrümmung dem Blick entzogen würden. Es ist praktisch ganz unmöglich, solche Lichtstrahlen etwa durch Spiegel oder Prismen, die am Horizont aufgestellt sind, aus der geradlinigen Fortpflanzungsrichtung hinauszuzwingen, so daß es auch aus diesem Grund niemals möglich sein kann, einen Lichtblitz etwa von Europa nach Amerika hinüberzuschicken.

Glücklicherweise gibt es aber noch eine andere Art von Vorgängen im Weltäther, die der Behinderung durch die Atmosphäre in sehr viel geringerem Maß unterliegen, die vergleichsweise wenig geschwächt durch sie hindurch gehen. Zugleich pflegt diese Erscheinung sich der Erdkrümmung bis zu einem gewissen Grad anzuschmiegen. Der Vorgang wird uns klar werden, sobald wir wissen, was Licht wirklich ist, nachdem wir vorhin von der falschen Lichttheorie gesprochen haben.

3. Die Schwingung

Licht ist nach der bisherigen Auffassung nichts anderes als eine Schwingung des Äthers. Überall, wo der Äther in bestimmter Weise in Schwingungen versetzt wird, haben wir, wenn die Erschütterung die Netzhaut unseres Auges trifft, die Empfindung Licht.

Wir müssen uns zunächst darüber unterrichten, was der physikalische Ausdruck „Schwingung“ ganz im allgemeinen bedeutet.

Es gibt eine sehr einfache Möglichkeit, einen Schwingungsvorgang zu beobachten. Lassen wir in einen Teich mit ganz ruhiger Oberfläche ein Steinchen fallen, so sehen wir, daß sich um den Einfallspunkt kreisförmige Wellen ausbilden, die weiter schreiten. In stets gleichem Abstand prägt sich immer wieder eine neue kreisförmige Erhebung auf der Wasseroberfläche aus. Und selbst wenn die Bewegung in der Mitte schon erloschen ist, sieht man die Störung noch über das Wasser fortschreiten.

Die bloße Anschauung macht uns glauben, daß während dieses Vorgangs Wasserteilchen eine Reise von der Einwurfstelle immer weiter und weiter hinaus machen. Sind aber Korkstückchen auf die Wasseroberfläche gelegt oder Farbflecke daraufgespritzt, so sehen wir, daß diese trotz des Fortschreitens der Kreise nicht in der Richtung der Ausbreitung mit fortgenommen werden, sondern nur auf- und niederschaukeln. Jedes Wasserteilchen bleibt an seinem Ort, es führt nur kleine Bewegungen nach oben und unten aus; was nach den Seiten zu fortschreitet, ist ausschließlich die von dem auffallenden Stein auf das Wasser übertragene Energie, ist nur der Schwingungsvorgang selbst.

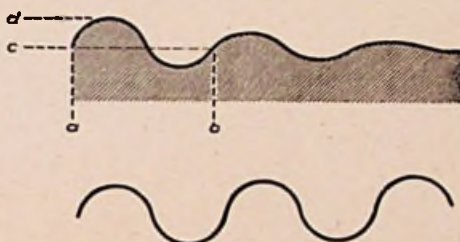
Dieser kommt in folgender Weise zustande.

Der eingeworfene Stein hat unter seinem Gewicht einen Wasserpfropf niedergedrückt. Da die Flüssigkeit sehr wenig zusammendrückbar ist, so mußte sich rings um den niedergegangenen Pfropf eine Erhöhung im Wasser ausbilden. Diese Erhöhung sinkt alsbald wieder ein, da die Belastung des niedergedrückten Wasserpfropfs inzwischen verschwunden ist. Die emporgehobenen Teilchen fallen aber nicht nur bis zur Höhe der früheren glatten Oberfläche nieder, sondern schießen infolge der ihnen innewohnenden lebendigen Kraft

unter diese hinunter. Die Folge ist, daß eine neue kreisförmige Erhebung daneben emporgedrückt wird. Und so geht es weiter und weiter. Neben jedem Wellental entsteht ein Wellenberg, und neben diesem Wellenberg bildet sich wieder ein Wellental aus. Hierbei macht jedes Wasserteilchen nur eine senkrechte Bewegung. Die Höhe der Wellenberge und die Tiefe der Wellentäler werden, je weiter der Schwingungsvorgang fortschreitet, wegen der inneren Reibung des Wassers immer geringer, bis die Erscheinung infolge der sogenannten Dämpfung in einiger Entfernung gänzlich abgeklungen ist.

Denken wir uns die Wassermasse des Teichs, in welcher der Schwingungsvorgang sich abspielt, senkrecht durchschnitten, und betrachten wir den oberen Abschluß der Schnittfläche, so hat dieser die auf Bild 2 oben gezeichnete Form. Wir sehen, wie Wellenberg und Wellental regelmäßig aufeinanderfolgen. Die Entfernung $a\ b$

heißt die Wellenlänge; sie bedeutet den Abstand eines Punkts von dem nächsten, an dem der Bewegungsvorgang sich zu wiederholen beginnt. Die Strecke $c\ d$ stellt die Wellenhöhe oder Amplitude dar. Die Wellenlänge bleibt innerhalb desselben Schwingungsvorgangs stets die



2. Gedämpfte und ungedämpfte Schwingung

gleich, soweit man den Vorgang auch verfolgt; sie ist ausschließlich abhängig von der Tiefe des Wassers. Die Amplitude jedoch ändert sich infolge des Energieverlustes, und es entsteht ein rasch abklingender, gedämpfter Wellenzug. Sein Gegensatz ist der ungedämpfte Schwingungsvorgang, den der untere Teil von Bild 2 zeigt.

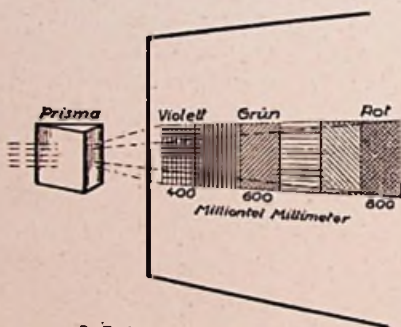
In derartige Schwingungen kann auch der Äther versetzt werden, freilich weder durch den Wurf eines Steins noch durch die bereits viel feineren Impulse, die etwa von unseren Stimmbändern ausgehen. Aber in glühenden Körpern z. B. führen die kleinsten Teilchen äußerst rasche Bewegungen aus, die sich auf den Äther übertragen. Die anliegende Schicht wird mitgenommen, sie beginnt zu schwingen und teilt diese Bewegung der nächsten Schicht mit. Auf diese Art pflanzt sich die Schwingung in Form von Kugelschalen weiter und weiter fort.

Diese Darstellung, die sich an den Schwingungsvorgang im Wasser anlehnt, ist freilich nur eine grob sinnliche Veranschaulichung der Ätherschwingungen. Sie darf nur als ein Hilfsmodell zum Verständnis des Vorgangs aufgefaßt werden, dessen unendlicher Feinheit nur tiefstdringende physikalische Einsicht einigermaßen nahekommen kann.

Die Fortpflanzung der Bewegungen im Äther geschieht mit ungeheurer Geschwindigkeit. Der Schwingungsvorgang legt 300 000 Kilometer in der Sekunde zurück, so daß er in $\frac{1}{18}$ Sekunde den halben Erdumfang, die größte Entfernung zwischen zwei irdischen Punkten, zu durchheilen vermag. Die Wellenlängen reichen, je nach der Erzeugungsart, vom unvorstellbar Kleinen bis zu Tausenden von Kilometern.

Bei der Anregung durch einen hell glühenden Körper macht der Äther Schwingungen, deren Wellenlängen nur nach Millionteln von Millimetern zählen. Innerhalb dieser allgemeinen Größenordnung der Ätherwellen, die wir als Licht empfinden, gibt es aber bedeutende Verschiedenheiten. Und diese Tatsache erst läßt das bunte Wunder der uns umgebenden Welt entstehen.

Denn jeder der verschiedenen Wellenlängen, in denen der Äther im Lichtbereich zu schwingen vermag, entspricht eine Farbe. Be-



3. Zerlegung des Sonnenlichts
Prisma mit Spektrum

trägt die Wellenlänge des in unser Auge fallenden Lichts etwa 800 Milliontel Millimeter, so haben wir die Empfindung Rot; der Wellenlänge 500 Milliontel Millimeter entspricht die Empfindung Blau; 400 Milliontel Millimeter Wellenlänge empfinden wir als Violett. Im weißen Licht ist stets eine Mischung aller möglichen Wellenlängen enthalten, und eben hierdurch erscheint es uns farblos.

Nur Ätherschwingungen, die Wellenlängen von 800 Milliontel bis hinab zu 400 Milliontel Millimetern haben, nehmen wir als Licht wahr. Wenn wir einen Sonnenstrahl durch ein Dreiecksglas, ein Prisma, fallen lassen, so werden die Strahlen verschiedener Wellenlängen voneinander getrennt, da das Prisma sie in verschiedenen Winkeln fortbricht. Nun sehen wir das Spektrum vor uns, eine Farbenleiter, die vom Rot über Gelb und Blau zum Violett führt. Jenseits des Rot und jenseits des Violett ist für unser Auge nichts mehr wahrnehmbar. Tatsächlich aber geht das Spektrum nach beiden Seiten weiter; sowohl über das Rot wie über das Violett hinaus sind Ätherschwingungen nachweisbar.

Jenseits des violetten Spektrum-Endes werden die Wellenlängen immer kürzer. Es finden sich dort zunächst die Strahlen, die Fluoreszenz wecken, also z. B. das farblose Petroleum blau aufleuchten lassen, ferner alle jene für die Photographie so wichtigen Strahlen, die starke chemische Wirkung zu üben vermögen. Die

kleinsten Wellenlängen, die wir kennen — es handelt sich jetzt nur noch um Bruchteile eines Hundertmilliontel Millimeters — weisen die Röntgenstrahlen auf.

Nach der anderen Seite des Spektrums zu, über das Rot hinaus, wächst die Wellenlänge. Wir finden zunächst die Wärmestrahlen, die zwar von der Körperhaut wahrgenommen werden, aber nicht von der Netzhaut des Auges, und alsdann folgen die Schwingungen elektrischer Natur. Wenn die Ätherwellen nicht mehr Bruchteile von Millimetern, sondern Zentimeter, Meter oder Kilometer lang sind, dann nennen wir sie elektrische Schwingungen. Es hat zwar noch niemand Lichtschwingungen unmittelbar in elektrische Schwingungen übergehen sehen, aber ihr schwesterlicher Zusammenhang darf als vollkommen erwiesen gelten.

Wir mußten daher, um die Stellung der elektrischen Schwingungen im gesamten Bereich der Strahlungserscheinungen kennzeichnen zu können, für unsere Darstellung den Umweg über die Lichtschwingungen nehmen; denn deren Natur ist dem Menschen weit besser bekannt, weil er ja ein besonderes Aufnahmeorgan für sie besitzt. Durch ihre Anreihung an die sichtbaren haben die elektrischen Schwingungen erst einen festen Platz im Reich der Natur erhalten.

Die langen elektrischen Ätherwellen sind gegen die Aufzehrung durch die Luft in weit höherem Maß gefeit als die Lichtstrahlen; ja sie vermögen sogar feste Körper zu durchdringen. Wenn wir den Äther in geeigneter Weise und genügend kräftig anstoßen, so können wir mit den langwelligen Ätherschwingungen Wirkungen über den ganzen Erdkreis üben. Die Geschwindigkeit der Energieausbreitung beträgt nach wie vor 300 000 Kilometer in der Sekunde.

Es ist nun gar nicht besonders schwer, den Äther in solche elektrische Schwingungen zu versetzen, die weit in den Raum hinausdringen. Ein verhältnismäßig recht einfaches Mittel hierfür ist zur Hand, das schon in Zeiten benutzt wurde, als man noch nichts von seiner Einwirkung auf den Äther wußte. Elektrische Schwingungen sind also in den physikalischen Laboratorien oft und oft erzeugt worden, ohne daß jemand ihr Vorhandensein wahrnahm. Genau dasselbe hat sich mit den Geißlerschen Röhren begeben, die von den Physikern jahrzehntelang verwendet wurden, bevor man durch einen Zufall bemerkte, daß die seltsamen Röntgenstrahlen von ihnen ausgehen.

Und so mag es noch viele Naturerscheinungen geben, die sich unbemerkt von uns im irdischen Kreis abspielen. Zahl und Bereich der menschlichen Sinne sind arg beschränkt. Durch mühevollen Umwege nur gelingt es uns hier und da, einen Zipfel des Schleiers zu lüften, den die Natur über ihr geheimnisreiches Schaffen gebreitet hat.

Das älteste Mittel, den Äther zu Schwingungen mit langen Wellen — lang im Vergleich zu den Lichtwellen — anzuregen, ist der elektrische Funke. Wenn irgendwo ungleichnamige elektrische Ladungen zweier Leiter sich über eine Luftstrecke hinweg ausgleichen, so geschieht dies in Form eines Funkens. Dieser Ausgleich ist, wie für jetzt kurz gesagt sei, kein einfacher Vorgang. Er vollzieht sich vielmehr in Form von Schwingungen, durch welche Äthererschütterungen ausgelöst werden. Beim Vorhandensein genügender Energie und bei Anwendung gewisser besonderer Vorkehrungen ist es möglich, diese Schwingungen über mehrere tausend Kilometer hinauszutreiben, wobei sie mit genügender Treue der Erdkrümmung folgen.

Wenn also zwei Personen auf der Erde Nachrichten ohne Zuhilfenahme einer künstlich ausgelegten Leitung tauschen wollen, so ist für sie die Verbindung durch das Äthermeer wichtiger als der Zusammenschluß durch den festen Boden oder die Luft. In dem Welt- oder Lichtäther haben wir endgültig das Mittel für die Durchführung einer Telegraphie ohne verbindende Leitungen in der Hand.

Der Äther ist eine ungeheuer geräumige, überall vorhandene Bahn, über welche Energie bewegt werden kann. Demgemäß erwächst zur Ausübung einer Telegraphie im Äther die Aufgabe, am Sendeort elektrische Schwingungen zu erzeugen, die so geartet und so kräftig sind, daß sie, am fernen Ort angekommen, in eine andere Energieform umgesetzt werden können, die unseren Sinnen zugänglich ist. Denn die Schwingungen selbst vermögen wir ja auf keine Weise wahrzunehmen. Der drahtlose Sender wirkt auf den Empfänger durch die Ätherwellen, welche die Überbringer der von ihm abgegebenen Energie sind.

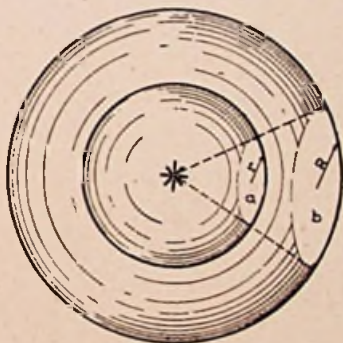
4. Die wandernden Wellen

Für die Betätigung der Empfangseinrichtungen an den älteren Telegraphenapparaten reichen selbst auf sehr langen Linien Stromquellen mit geringer Leistung vollkommen aus. Die drahtlose Telegraphie aber fordert schon für recht kurze Raumüberbrückungen kräftige Energiequellen an den Sendestellen. In diesem Betracht ist die jüngere Fernmeldetechnik ein Gebiet der schroffsten Gegensätze. Auf der Sendeseite sind Maschinen aufgestellt, für deren Antrieb Hunderte von Pferdestärken gebraucht werden, die Energie aber, welche an der Empfangsstelle anlangt, ist nicht kräftiger als ein Impuls, der einen Nerv im menschlichen Körper durchzuckt. Von hundert diesseits erzeugten Energie-Einheiten kommt bei großer Entfernung etwa der trillionte Teil einer Einheit jenseits an.

Es hat dies zunächst einmal seinen Grund in der Art, wie die Energie ausgesendet wird. Diese strahlt von der Erzeugungsstelle kugelförmig nach allen Seiten in den Raum, gerade wie das Licht, und das bedeutet eine arge Zersplitterung.

Denken wir uns eine punktförmige Lichtquelle, um die zwei Glaskugeln gelegt sind (Bild 4). Dann steht für die Beleuchtung der kreisförmigen Fläche *b*, die wir uns auf der äußeren Kugelschale abgegrenzt denken, nur die gleiche Lichtmenge zur Verfügung wie zur Erhellung der sehr viel kleineren Kreisfläche *a* auf der inneren Kugelschale. Durch die weitere Ausbreitung der Energie tritt gewissermaßen eine Zerstäubung, eine Verdünnung ein.

Die Energiemengen, die auf jede Flächeneinheit der beiden Kreisflächen kommen, verhalten sich zueinander wie die Inhalte der Kreisflächen. Nun ist aber, wie jeder aus der Schule weiß, der Inhalt einer Kreisfläche gleich dem Quadrat des Halbmessers mal der Zahl π (Pi). Der Inhalt der Fläche *a* ist demgemäß $= r^2 \cdot \pi$,

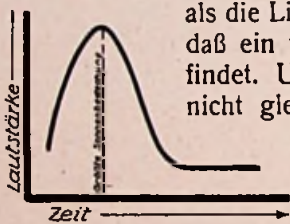


4. Zerstreuung des Lichts

der Fläche $b = R^2 \pi$. Ist r etwa $= 3$ cm, $R = 6$ cm, so verhalten sich die Flächen zueinander wie 9:36. Jedes Einheitsteilchen auf der Fläche b wird also nicht etwa halb so stark, sondern nur mit einem Viertel der Lichtenergie bestrahlt. Man sagt, die Lichtenergie nimmt ab mit dem Quadrat der Entfernung. Ein Quadratzentimeter Fläche, das zehnmal so weit von unserem Lichtpunkt entfernt ist als ein anderes, erhält nur ein Hundertstel der Belichtungsstärke.

Mißt man das Verhältnis der Energieausbeute bei elektrischer Strahlung, so ergibt sich ähnliches. Schon hieraus läßt sich leicht ermessen, wie urkräftig der Ätheranstoß am Sendeort sein muß, wenn in beträchtlicher Entfernung überhaupt noch eine Wirkung wahrnehmbar sein soll.

Es kommen aber noch andere feindselige Einflüsse in Betracht. Vorhin wurde bereits angedeutet, daß die elektrischen Ätherschwingungen in der Atmosphäre sehr viel weniger gestört werden als die Lichtwellen. Hiermit ist zugleich ausgedrückt, daß ein völlig störungsfreier Durchgang nicht stattfindet. Und in der Tat ist es den elektrischen Wellen nicht gleichgültig, welche atmosphärischen Schichtungen sie durchziehen.



5. Der Einfluß des Lichts auf die elektrischen Wellen. Unterschiede in der Empfangsstärke während der Sonnenfinsternis am 17. April 1912

Feinster Rasse, wie sie sind, kümmern sie sich freilich meist um den gemeinen Pöbel des Stofflichen nicht. Aber alles was irgendwie zu ihrer Familie gehört, zum elektromagnetischen Bereich, vermag sie erheblich zu beirren.

Vor allem stört das Licht. Es ist dies eine besondere Lebenswürdigkeit des nächsten Verwandten.

Marconi hat bereits sehr bald nach Einrichtung seiner ersten Betriebsstationen die Wahrnehmung gemacht, daß die Wirkung der drahtlos ausgesendeten Energie während der Dunkelheit weit stärker ist als am Tag. Die Reichweite der Sender, d. h. die Entfernung, in der sie noch imstande sind, die Empfangseinrichtungen zu beeinflussen, wächst während der Nachtzeit bedeutend an. Bei gleichbleibendem Abstand zwischen Sender und Empfänger wird in den Dunkelstunden nicht selten ein hundertmal kräftigeres Ansprechen erzielt.

Es entstehen große Unterschiede in der Nachrichtenwahrnehmung, wenn über dem Sendeort die Sonne auf- oder untergeht. Sehr aufschlußreiche Beobachtungen sind während der Sonnenfinsternis am 17. April 1912 von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie gemacht worden. Während dieser Zeit sandte die Station Norddeich ständig Wellen nach Berlin über eine Entfernung von 450 Kilometern. Bild 5 veranschaulicht die sehr bedeutenden Schwankungen

der Empfangsintensität. Mit zunehmender Verfinsterung wuchs die Stärke der ankommenden Zeichen ständig, und sie erreichten das Höchstmaß ihrer Wirkung genau im Augenblick der größten Sonnenbedeckung. Die Zeit, während der die Sonne sich wieder aufhellte, ergab eine ebenso regelmäßige Abnahme der Empfangsstärke. Bei einer vollständigen Sonnenfinsternis wären die Unterschiede sicher noch kräftiger ausgebildet gewesen.

Die Erklärung für den Einfluß, den die Sonnenstrahlung auf die wandernden elektrischen Wellen übt, finden wir in feinsten physikalischen Vorgängen.

Mit den sichtbaren Ätherwellen, die das Tagesgestirn hinabschickt, gehen auch Strahlungen einer Art von ihm aus, die den Sehnerv nicht mehr zu reizen vermögen. Es sind sehr kurze ultraviolette Wellen. Diese haben die Fähigkeit, die kleinsten Luftteilchen, die Moleküle, wie mit scharfen Meißeln zu bearbeiten.

Diese Moleküle üben gleich den Teilchen der anderen Körper für gewöhnlich keinen elektrischen Einfluß nach außen. Das geschieht aber nicht deshalb, weil sie ungeladen sind, sondern weil die stets darin vorhandenen Ladungen einander im Gleichgewicht halten. Der positiven elektrischen Ladung, die jedes Molekül besitzt, wirkt eine ebenso starke negative Ladung entgegen. Die ultravioletten Meißel spalten einen Teil der negativen Ladung ab, und nun ist das Molekül durch das Überwiegen seines positiv elektrischen Besitztums zu einem geladenen Körperteilchen geworden, das wir ein Ion nennen.

Während die neutral erscheinenden Luftmoleküle die elektrischen Wellen frei hindurchtreten lassen, heften sich die Ionen an und lassen sich ein Stück mitnehmen. Es ist, wie wenn im ersten Fall eine Billardkugel über eine Marmorplatte rollt, während sie im zweiten Fall über klebriges Papier läuft. Die Energie, welche die Kugel für das immer sich wiederholende schwache Anheben des Papiers abgeben muß, läßt sie früher zur Ruhe kommen.

In der geladenen Luft werden die Ätherwellen gezwungen, einen elektrischen Strom zu erzeugen, und diese Leistung, die sich letzten Endes in eine Erwärmung der Luft verwandelt, raubt ihnen Kraft. Bei Dunkelheit, wenn keine ultraviolette Anstrahlung stattfindet, bildet sich die Ionisation der Luft rasch zurück, wodurch das Anwachsen der Reichweiten bei Sonnenuntergang gut erklärt ist.

Die geschilderten Vorgänge spielen sich hauptsächlich in den höheren, dünneren Luftschichten ab, während der Teil des Luftmantels, der unmittelbar über dem Erdboden liegt, stets sehr schlecht leitet, in geringerem Maß noch als der trockenste Boden.

In der Atmosphäre ist ferner stets eine elektrische Spannung zwischen den verschiedenen Schichten vorhanden, die sich unter

dem Einfluß der Winde und des Wolkenzugs fortwährend ändert. Diese elektrischen Vorgänge im Luftmeer machen sich am Empfänger sehr störend bemerkbar, soweit sie in dessen Nähe vor sich gehen.

Jeder Leiter, der sich den wandernden Wellen quer in den Weg stellt, wirkt kraftverzehrend, da auch in ihm Ströme erzeugt werden. Erstreckt sich der Leiter aber in der Fortpflanzungsrichtung der Wellen, so stellt er eine Führung oder Gleitbahn dar, welche die Vorwärtsbewegung erleichtert, wie die Schiene die Drehung der Wagenräder begünstigt. Für die drahtlose Telegraphie wäre es daher sehr nützlich, wenn der Erdboden eine ungeheure Kupfer- oder Silberfläche wäre. In den Boden aber, wie er nun einmal ist, sinken die Wellen stets mehr oder weniger tief ein, und ein Teil ihrer Energie wird darin verzehrt, indem sie wiederum erwärmend wirkt. Erst das Grundwasser wirkt als Gleitbahn, und es ist deshalb verständlich, daß man Großsendestellen, die mitten im Land stehen, gern an solchen Stellen anlegt, wo der Grundwasserstand sehr hoch ist.

Noch lieber geht man an den Rand des Meeres, das ja eine vortreffliche Gleitfläche für die Wellen zur Verfügung stellt. Über See braucht man unter Umständen nur ein Hundertstel der Energie anzuwenden, die für das Telegraphieren über die trockene Fläche der Wüste bei gleicher Entfernung notwendig ist.

Leitungen aus Kupfer- oder Bronzedraht, die in Richtung der Wellenzüge liegen, bellügeln den Fortschritt. Noch stärker wirken die Oberflächen großer Ströme. Wenn ein Schiff mit Empfangseinrichtung im Mittelmeer in der Westost-Richtung fährt, werden z. B. die von der Sendestelle Norddeich herrührenden Zeichen in dem Augenblick zehn- bis hundertmal stärker empfangen, wenn das Schiff an der Rhonemündung vorüberfährt, um sofort wieder schwächer zu werden, wenn das Fahrzeug über das Mündungsgebiet hinausgelaugt ist. Ähnliche Wirkungen sind bei einer Kette von Stationen in Südamerika längs des Amazonasstroms festgestellt worden. Trotz des dazwischen liegenden Urwalds und der 6000 Meter hohen Kordillerenkette erhält man dort Empfangsstärken, wie sie sonst nur über See erreicht werden. Die Energie wird offenbar durch die Wassermassen des Amazonasstroms zusammengehalten.

Wäre dieser Fluß nicht vorhanden, so würde der mißgünstige Einfluß der großen Wälder aufs stärkste hervortreten. Denn Waldungen gehören mit zu den ärgsten Feinden der Ätherwellen. Jeder saftführende Baum ist ein Leiter, der beim Durchgang einen nicht unbeträchtlichen Wegzoll durch Aufzehrung von Energie heischt. Die Zeichen der Großstationen sind heute an jedem lebenden Baum auf der Erde abzuhören, wenn man die Empfangseinrichtung durch einen eingeschlagenen Nagel damit verbindet.

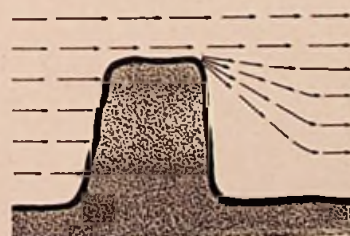
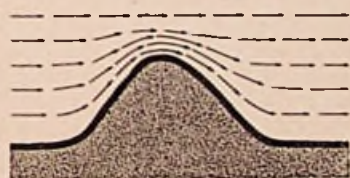
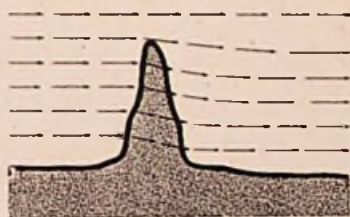
Wie die Füße der wandernden Wellen die Zusammensetzung des Bodens, über den sie schreiten, bald als wohlgeglättetes Parkett, bald als hinderndes Gestrüpp spüren, so ist es für ihr Empfinden auch nicht gleichgültig, welche Form der zu überschreitende Boden hat. Hügel und Berge, die zwischen Sender und Empfänger liegen, üben ihren Einfluß nach der Art ihres geologischen Aufbaus.

Schmale Erhebungen aus völlig nichtleitendem Sand oder Gestein werden glatt durchzogen. Das genaue Gegenteil wäre der Fall, wenn die Schwingungen auf einen Hügel träfen, der völlig aus Kupfererz bestünde; sie würden dann fast ohne Verlust sanft über den spiegelnden Rücken hinweg geleitet werden. Im allgemeinen liegen die Verhältnisse in der Mitte, d. h. es findet weder vollkommenes Durchlassen, noch völlig glatte Überführung statt.

Bei einiger Breite des den Wellenweg querenden Gebirges tritt immer ein Abschirmen ein. Die Folge müßte sein, daß hinter der Erhebung in dem ganzen Gebiet, das von der Ebene bis zur Höhe seines Gipfels reicht, nur eine schwache Wellenwirkung wahrzunehmen wäre. Durch einen besonderen Vorgang aber, der auch beim Licht zu beobachten ist, nämlich durch Beugung, kommen Wellen von wenig veränderter Stärke jedoch auch in die Schichten unterhalb der Bergspitze.

Das ist aber erst in gewisser Entfernung der Fall. Eine Strecke weit wirft der Berg einen elektromagnetischen Schatten, der bei mächtigen Gebirgszügen oft sehr lang sein kann. Schiffe, die im Atlantischen Ozean fahren und von Nauen empfangen, spüren an der spanisch-portugiesischen Küste den „Schatten“ der spanischen Gebirge sehr deutlich. Sie geraten in eine „Zone des Schweigens“, innerhalb deren die Nauener Energie ihre schwachen Empfangseinrichtungen nicht mehr betätigt, während dies vorher und nachher mit genügender Stärke geschieht.

Trotz der Hindernisse, die der Erdkörper und der darum gebreitete Luftmantel den elektrischen Schwingungen entgegensetzen, sind, wie wir wissen,



6. Berge im Wellenweg
Oben schmaler Sandberg; Mitte Berg
aus Kupfererz; unten breites Gebirge

doch bereits die größten auf der Erde vorkommenden Entfernungen drahtlos überbrückt. Wäre es uns aber möglich, im freien Ätherraum zu arbeiten, so würden die Sender unbegrenzte Reichweiten haben. Im Äther findet kein Energieverbrauch statt, was ja deutlich genug durch die Sichtbarkeit der um hundert und mehr Lichtjahre entfernten Sterne bewiesen wird. Unzweifelhaft dringen die von den Sendern unserer Großstationen erzeugten Wellen quer durch die Atmosphäre auch in den Weltenraum hinaus, besonders während der Nacht, in der die hemmende Ionisation der oberen Luftschichten gering ist.

Sicher wird in den Dunkelstunden der Mond von den drahtlosen Zeichen erreicht. Sein Abstand von der Erde ist ja nur fünfmal so groß wie die weiteste Entfernung zweier irdischer Punkte voneinander, und der größte Teil des Wegs zu ihm führt durch den hemmungsfreien, reinen Äther. Die Nauener Wellen marschieren bestimmt auch bis zum Mars. Ernsten Rechnungen zufolge müssen sie nach dem Durchdringen der dünnen Atmosphäre dieses Sterns noch so kräftig auf seine Oberfläche auftreffen, daß sie mit einem unserer heutigen Empfänger drüben wahrgenommen werden könnten.

Es besteht also die Möglichkeit eines drahtlosen Wechselverkehrs zwischen diesem Stern und der Erde, wenn es drüben Geschöpfe gibt, die imstande sind, die Sprache der ankommenden Wellen zu erfassen und Antwort zu geben.

Marconi sollte, Zeitungsnachrichten zufolge, vor einiger Zeit die Behauptung aufgestellt haben, daß eine seiner Empfangsstellen Zeichen aus jenem tatsächlich vorhandenen Jenseits aufgenommen habe. Er ist jedoch diesen Meldungen entgegengetreten. Und es wäre gewiß auch sehr schwer, irgendein ankommendes Zeichen untrüglich als vom Mars kommend festzustellen, solange auf der Erde nicht völlige elektrische Ruhe herrscht. Diese wäre nur dann vorhanden, wenn nirgendwo eine Maschine liefe, kein Schalter bewegt, noch nicht einmal ein Klingelknopf gedrückt würde. Da dieser Zustand nicht herbeizuführen ist und außerdem die astronomische Welt den Mars für unbewohnbar erklärt, dürften wir kaum je in die Lage kommen, eine drahtlose Unterhaltung durch den Weltenraum zu pflegen.

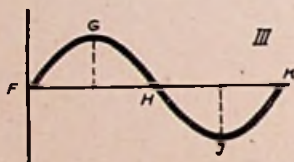
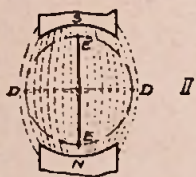
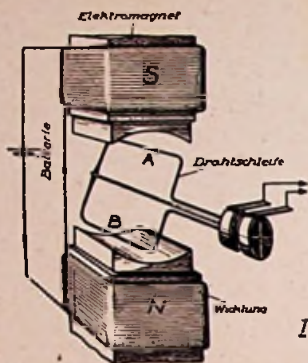
5. Der elektrische Funke

Wir haben die Ätherwellen auf ihrer Reise durch den irdischen Bezirk sowie darüber hinaus verfolgt und wollen nun zur Quelle dieser wunderbaren Erscheinung treten, wollen beobachten, auf welche Art die schwingende Ätherbewegung hervorgerufen werden kann. Wir sind vorbereitet, einen Erzeuger besonderer Art kennen zu lernen, und diese Erwartung wird nicht betrogen. Der erste Anblick zwar enttäuscht, aber tiefer eindringende Beobachtungen werden alsbald das wahre und wunderbare Wesen der Vorrichtung erkennen lassen.

Wer sieht der Raupe an, daß aus ihr der Schmetterling hervorgehen wird? Wem vermag der Anblick einer Dynamitpatrone eine Vorstellung von der gewaltigen Kraft zu geben, die in diesem unscheinbaren Gebilde gefesselt wohnt und nur auf den Erlösungswartet? So ist auch nicht zu vermuten, daß die zwar glänzende, aber doch bescheidene Erscheinung der elektrischen Funkenentladung der Wohnsitz einer Energieform ist, deren Wirken unvergleichlich viel weiter hinauszugreifen vermag als der Schlag des Riesenhammers, ja selbst als die Erschütterung des Erdballs durch ein Beben. Es gibt, wie wir hören werden, heute noch andere Mittel, um die selbst den Weltenraum überbrückenden Ätherschwingungen hervorzurufen, die Funkenentladung aber ist das älteste Werkzeug, das für diesen Zweck benutzt wurde.

Die drahtlose Telegraphie vermag nur mit Ätherwellen mittlerer Länge erfolgreich zu arbeiten. Die Schwingungen, welche wir als Licht empfinden, sind zu kurz, um weit durch die Atmosphäre dringen zu können. Sie werden von den körperlichen Teilchen, die sie durchdringen und umfliegen müssen, gebeugt, zerstreut, verzehrt, so daß die ihnen innewohnende Energie schon in geringer Entfernung von der Erzeugungsstelle verschwunden ist. Sehr lange Wellen wiederum sind träge in der Loslösung von der Erzeugungsstelle und üben zu geringe Wirkung auf die Empfangseinrichtungen, weil sie in der Zeiteinheit eine zu kleine Energiemenge heranbringen.

Für die Erzeugung solcher zum Telegraphieren ungeeigneter Langwellen stehen seit geraumer Zeit Maschinen zur Verfügung. Die Wechselstromdynamo, die an zahlreichen Stromerzeugungsstellen



7. Die Wechselstrommaschine
Schematische Darstellung
der Stromerzeugung
I Die Maschine
II Das magnetische Kraftfeld
III Die Stromkurve

arbeitet, bringt eine elektrische Schwingung hervor. Die Hauptteile dieser Maschine sind in vereinfachter theoretischer Form auf Bild 7 dargestellt.

Zwischen den Polen eines Dauerstahlmagneten oder eines Elektromagneten befindet sich drehbar angeordnet eine Schleife aus Kupferdraht, auf deren freie Enden Metallringe gesetzt sind. Von diesen wird durch leicht anliegende Bürsten aus Kupfer oder Kohle der von der Maschine erzeugte Strom abgenommen und dem Leitungskreis zugeführt.

Zwischen den beiden Magnetpolen breitet sich ein magnetisches Kraftfeld, das wir uns durch einzelne Kraftlinien veranschaulicht denken. Wird die Drahtschleife in dem Magnetfeld bewegt, so entsteht in ihr ein Strom. Seine Größe wird bestimmt durch die Zahl der Kraftlinien, welche der Draht in der Zeiteinheit schneidet, seine Fließrichtung durch die Richtung, in der dies geschieht. Wenn die Drahtschleife eben senkrecht gestanden hat, so schneiden die Stücke *A* und *B* bei der Weiterbewegung rasch hintereinander sehr viele Kraftlinien. Wenn aus der wagerechten

Stellung der Schleife weiter gegangen wird, so ist die Zahl der Kraftlinien, die in der gleichen Zeit durchfahren werden, weit geringer, da die Bewegungsrichtung der hauptsächlich wirksamen Teilstücke *A* und *B* nahezu parallel der Kraftlinienrichtung verläuft (Teilbild II).

Ferner beobachten wir, daß Teilstück *A* bei der Drehung im oberen Halbkreis die Kraftlinien von links nach rechts, im unteren Halbkreis aber von rechts nach links durchschneidet. Ebenso wechselt *B* die Schneidrichtung. Es muß also bei fortlaufender Drehung der Drahtschleife in dieser ein Strom entstehen, der unausgesetzt abnimmt und zunimmt und jedesmal nach Vollführung einer halben Drehung seine Richtung umkehrt.

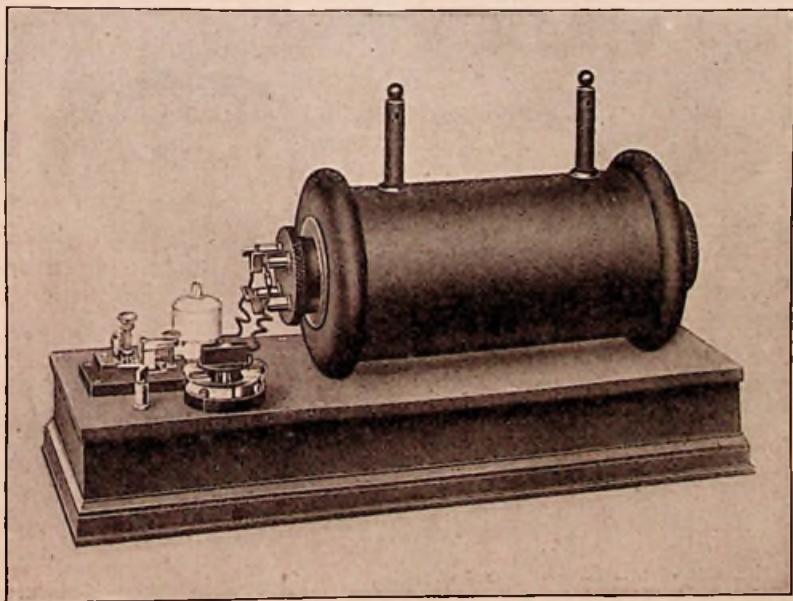
Der Verlauf dieses Stroms läßt sich durch eine gekrümmte Linie darstellen. Wenn die Drahtschleife aus der Stellung *DD* weiterbewegt wird, wächst der Strom allmählich an, um die Höchststärke zu erreichen, wenn die Schleife in die Stellung *EE* gekommen ist. Von nun ab sinkt er wieder bis zum Minimum, um darauf — aber in entgegengesetzter Fließrichtung — von neuem anzuschwellen, zum

Maximum zu gelangen und abzunehmen. Darauf wiederholt sich der Vorgang in immer gleicher Folge.

Der Verlauf der Kurve zwischen den Punkten *F* und *K* auf Teilbild III entspricht einer ganzen Umdrehung der Schleife, und wir sehen, daß es sich hier um eine Schwingung von genau derselben Art handelt, wie sie im unteren Teil von Bild 2 auf Seite 17 dargestellt wurde. Denken wir uns die Bürsten von den Endringen der Drahtschleife fortgenommen, so daß das Auf- und Abwallen der elektrischen Energie in der Schleife auf den Äther einwirkt, indem dieser die Strombahn (freilich mit einem ungeheuer großen Widerstand) schließt, so wird der Äther die von der Maschine erzeugten Schwingungen mitmachen.

Hat eine Wechselstrommaschine auf einem Kreisumfang mehrere, z. B. 10 Magnetpolpaare, und wird die Drahtschleife, die zu einem innerhalb der Pole drehbaren Rundkörper, dem Anker, entwickelt ist, fünfmal in der Sekunde gedreht, so erzeugt sie in jeder Sekunde 50 volle Stromschwingungen oder Perioden. Welche Länge haben die hierdurch hervorgerufenen Ätherwellen?

Wir können das leicht berechnen, wenn wir in Betracht ziehen, daß die Äthererschütterungen in jeder Sekunde 300 000 Kilometer zurücklegen. Bei der angegebenen Frequenz 50, d. h. wenn in der Sekunde 50 Schwingungen hervorgerufen werden, vergeht der fünfzigste Teil einer Sekunde, bis eine ganze Welle ausgebildet ist. Ihr Anfang ist alsdann um die Strecke $\frac{300\,000 \text{ km}}{50}$ von der Ursprungs-

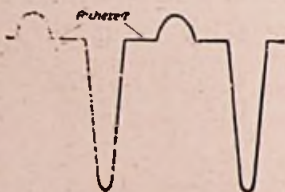
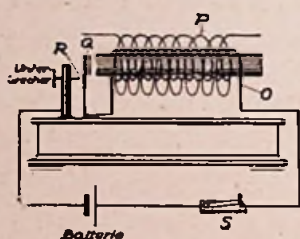


8. Ansicht eines Funkeninduktors

stelle entfernt; das sind 6000 Kilometer. Eine Welle von solcher Ausdehnung ist für die drahtlose Telegraphie unbrauchbar.

Unschwer lassen sich Wechselstrommaschinen auch für 500 Perioden bauen, die Wellenlängen von 600 Kilometern hervorrufen. Auch diese sind viel zu lang, um in gewünschter Weise fernzuwirken. In der Anfangszeit der drahtlosen Technik war es nicht möglich, mit Maschinen um ein Beträchtliches über diese Periodenzahl hinauszukommen, so daß die Erzeugung geeigneter Schwingungen unmittelbar durch die Maschine eine unlösbare Aufgabe darstellte. Wir werden in Abschnitt 17 hören, durch welche Schwierigkeiten der Weg versperrt war.

Eine andere längst bekannte Vorrichtung zur Erzeugung schwingender Elektrizität ist der Induktions-Apparat, auch Induktorium oder Funkeninduktor genannt. Sein Bau ist schematisch auf Bild 9 dargestellt.



9. Der Funkeninduktor
Oben schematische Darstellung;
unten Stromkurve

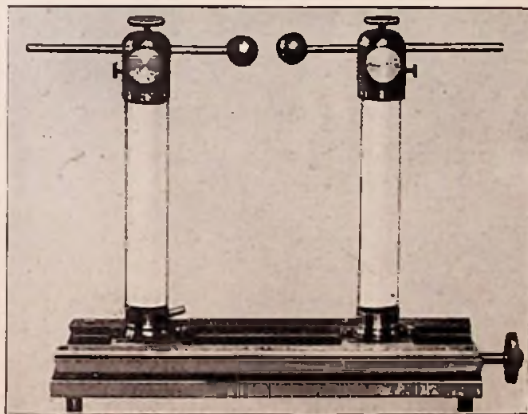
Der Strom einer Batterie galvanischer Elemente wird über einen Unterbrecher der Spule *O* zugeführt, die aus wenigen Windungen dicken Drahts gebildet ist. Im Innern der Spule *O* liegt ein Bündel von Drähten aus weichem Eisen. Darüber ist eine zweite Wicklung *P* gelegt, die aus zahlreichen Windungen dünnen Drahts besteht. Sobald der Strom der Batterie geschlossen ist, wird der Kern der Spule *O* magnetisch, worauf er den Hammer *Q* anzieht. Dieser hebt sich von der Schraube *R* ab; der Strom wird jetzt unterbrochen, so daß der Hammer unter dem Druck der ihn tragenden Feder zurückschnellt. Es erfolgt hierdurch wiederum Stromschluß, und

das Spiel wiederholt sich fortwährend, so lange der Schalter *S* geschlossen ist. Wir haben hier die gleiche Selbstunterbrechungs-Einrichtung vor uns, wie sie sich an der elektrischen Klingel befindet.

Bei jeder Stromschließung bildet sich um die primäre Spule *O* ein magnetisches Kraftfeld aus, indem Kraftlinien ringsherum aus der Spule hinausschießen. Sie verschwinden wieder, sobald der Strom unterbrochen wird. Die sekundäre Spule *P* befindet sich in dem Bereich der Kraftlinien. Da diese fortwährend auftauchen und wieder vergehen, so wird auch die sekundäre Spule häufig von Kraftlinien geschnitten, und das hat dieselbe Wirkung, als wenn sie, gleich der Drahtschleife in der Wechselstrommaschine, selbst die Kraftlinien schnitte. Die Verschiebung eines Magnetfelds gegen eine Spule ist ja dasselbe wie die Bewegung der Spule im Magnetfeld.

Die in die Sekundärspule P eindringenden Kraftlinien wecken einen Strom in der einen, die verschwindenden Kraftlinien einen Strom in der anderen Richtung. Er ist jedesmal von hoher Spannung, da P sehr viel mehr Windungen hat als O , und die Spannungen in Spulen, die von der gleichen Kraftlinienzahl geschnitten werden, sich zueinander verhalten wie die Windungszahlen.

Wenn der Hammer Q den Strom unterbricht, schwindet das Kraftlinienfeld sofort, beim Schließen bildet es sich infolge einer später zu erklärenden Erscheinung, der Selbstinduktion, verhältnismäßig langsam aus. Daher ist der Öffnungsstrom kräftiger als der Schließungsstrom. Der Hammer bleibt jedesmal, bevor er seine Bewegung umkehrt, eine geringe Zeit in Ruhe, und all das zusammen bewirkt, daß der in der Sekundärspule auftretende Strom den im unteren Teil von Bild 9 dargestellten Verlauf hat. Er ist ein zerhackter Wechselstrom mit bedeutend kleinerer Amplitude im Positiven als im Negativen.



10. Funkenstrecke

Durch höchste Verfeinerung der Unterbrechung kann man dem Induktorium einen Wechselstrom von 200 Perioden entnehmen. Es wird also darin bestenfalls in jedem zweihundertsten Teil einer Sekunde eine Welle ausgebildet. Ihre Länge ist $\frac{300\,000 \text{ km}}{200} = 1500 \text{ Kilometer}$. Auch dieser Apparat schafft uns nicht die Schwingung von einer Größenordnung, die fernmeldetechnisch verwendbar ist.

Wir können aber sowohl die gewöhnliche Wechselstrommaschine wie das Induktorium zur Erzeugung sehr geschwinder Ätherschwingungen veranlassen, wenn wir den Spannungen, die sich an den Enden des Maschinenankers oder der Sekundärspule des Induktoriums ausbilden, Gelegenheit geben, sich in Form eines Funkenüberschlags auszugleichen. Zu diesem Zweck führen wir die Poldrähte z. B. der Maschine zu zwei Metallstangen mit kugelförmigen Verdickungen an den Enden, zwischen denen ein schmaler Luftspalt offen bleibt. Wenn dieser nur die Länge von 1 Zentimeter hat, ist bereits eine so hohe Spannung zur Erzeugung des Überschlagfunkens notwendig, wie ihn die Maschine nicht unmittelbar hervorzubringen vermag. Des-

halb muß noch ein Spannungssteigerer, wieder mit Primär- und Sekundärspule, ein Transformator, zwischengeschaltet werden. Um ihn brauchen wir uns aber in den nächstfolgenden Ausführungen nicht zu kümmern.

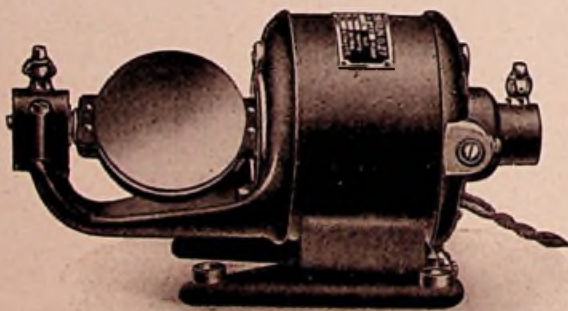
Die Funkenstrecke stellt mit ihren Bestandteilen, den Kugeln und Stäben, einen Strombehälter dar, der eine gewisse Menge Energie zu speichern vermag. Während der ersten Viertelwelle, in welcher der Wechselstrom anwächst (*FG* auf Bild 7), nimmt dieser Behälter die Gesamtheit der in dieser Zeit erzeugten Energie auf. Wir können uns die Energiemenge, welche durch die Viertelwelle ausgedrückt ist, als aus 10 000, 100 000 und beliebig viel mehr Teilen zusammengesetzt denken, die sonst alle einzeln verpuffen. Die Funkenstrecke sorgt dafür, daß sie beisammen bleiben, gewissermaßen komprimiert werden und so im gegebenen Augenblick weit- aus kräftigere Wirkung entfalten können.

Der Zackenfall im Riesengebirge hat so wenig Wasser, daß ohne die Anwendung eines Kunstgriffs sich immer nur ein dünnes Rinn- sal über die abfallende Felswand ergießen würde. Darum ist oben ein Wehr angebracht, hinter dem das ankommende Wasser eine Zeitlang gesammelt wird. Nach Öffnung des Wehrs stürzt ein sehr kräftiger Wasserschwall schlagartig hinunter. So sammelt sich auch die elektrische Energie in der Funkenstrecke an, bis die zu beiden Seiten des Luftspalts gespeicherten Ladungen sich in Form eines Funkens ausgleichen. Der Überschlag durch den Zwischenraum ge- schieht bei richtiger Bemessung des Abstands der beiden Kugeln immer gerade in dem Augenblick, wenn der Maschinenstrom das Maximum seiner Amplitude erreicht hat, also zuerst bei Punkt *G* auf Bild 7.

Die zweite Viertelwelle trägt zur Füllung des Behälters nicht bei, die dritte Viertelwelle aber füllt ihn wieder an, wobei die Polarität der Ladungen auf den beiden Zweigen gewechselt ist. Diese

Umpolarisierung spielt jedoch hier keine Rolle. Der nächste Überschlag erfolgt bei Punkt *J* usw.

Wir haben, so scheint es, mit der Anbringung der Funkenstrecke an der Wechselstrom-



11. Feddersens Drehspiegel zur Beobachtung der Funken-
Teilentladungen

maschine nichts weiter als eine Einrichtung zur — äußerst kargen — Energiespeicherung geschaffen. Denn wir erhalten jetzt nicht mehr Funkenübergänge, als der Wechselstrom vorher Höchstamplituden ausbildete. Wo bleibt die Steigerung der Periodenzahl des Stroms und damit die Verkürzung der Wellenlänge? Wir erkennen, daß sie in überraschender Weise eintritt, wenn wir die Funkenentladung durch Anwendung scharfer wissenschaftlicher Untersuchungsmethoden dazu zwingen, das Letzte über ihr Wesen auszusagen.

Das hat zum erstenmal Feddersen im Jahre 1859 getan. Auf den Forschungen Faradays und Thomsons fußend, untersuchte er den elektrischen Funken daraufhin, ob er wirklich nur eine einheitliche Erscheinung ist, wie das Auge uns glauben machen will. Feddersen ließ das Bild des Funkens in einem ebenen Spiegel sich abbilden, der etwa 300mal in der Sekunde gedreht wurde. Der Funke erschien darin nicht mehr als ein leuchtender Punkt, sondern war zur Form eines Bandes ausgereckt.

Die Stellung des Spiegels ändert sich ja durch die Drehung unaufhörlich, und da eine spiegelnde Fläche jeden Strahl in demselben Winkel zurückwirft, in dem er auf sie fällt, muß das Ende der Leuchterscheinung von einer anderen Stelle des Raums herzukommen scheinen als der Anfang. Es zeigte sich nun, daß dieses Band nicht gleichmäßig erhellt war, sondern in regelmäßigen Abständen dunkle Streifen enthielt. Hierdurch war bewiesen, daß, wie erwartet, die Entladung aus mehreren Einzelfunken besteht.

Auf Bild 12 ist das Funkenbild in Feddersens Drehspiegel in verdeutlichender Schematisierung wiedergegeben. Es stellt einen einzigen Überschlag dar, innerhalb dessen aber Helligkeit und Dunkelheit miteinander abwechseln. Auch ist zu sehen, daß die starken Lichtflecke wechselseitig stehen, daß also die Teilfunken bald von der einen, bald von der anderen Seite der Funkenstrecke ausgegangen sind. Es wird hieraus deutlich kund, daß die Energie gleich einem Spielball mehrere Male hin- und hergeworfen wurde, wobei sie mehr und mehr abnahm, um schließlich zu verschwinden.

Dieser höchst seltsame Vorgang ist so zu erklären.

Sobald ein Funkenübergang einsetzt, ist die Funkenstrecke, worunter immer der Luftspalt einschließlich der metallenen Zweige zu verstehen ist, eine Strombahn, um die sich, wie um einen Magneten, ein magnetisches Kraftfeld bildet. Dieses hat das Maximum seiner Stärke dann, wenn der Ausgleich der Ladungen auf den beiden



12. Funkenbild nach Feddersen
nach Teilentladungen
innerhalb eines
Funkens

Hälften der Funkenstrecke beendet ist. Die verschwindenden Kraftlinien rufen nun, gerade wie in der Sekundärspule des Induktoriums, einen neuen Strom und damit einen neuen Überschlag hervor, der aber die umgekehrte Richtung hat. Dieser Strom läßt das Kraftfeld von neuem entstehen, es wird ein dritter Stromlauf, also ein dritter Funkenübergang, geweckt. Aber jeder der Übergänge ist schwächer als der vorhergehende, weil ständig elektrische Energie durch Erhitzung der Luft im Spalt und Erwärmung der angrenzenden Metallteile verzehrt wird. Darum hört die Erscheinung nach einiger Zeit auf.

Aus der bekannten Drehzahl des Spiegels und der Länge des Lichtbands auf diesem ließ sich die Dauer der Gesamtentladung leicht berechnen. Feddersen fand, daß in bestimmten Fällen eine ganze Funkenentladung den 50 000. Teil einer Sekunde währte und in dieser Zeit 8 Einzelentladungen jeder Seite auftraten.

Die einzelne Schwingung dauerte also den 400 000. Teil einer Sekunde; es würden im Funken 400 000 Schwingungen stattgefunden haben, falls er überhaupt eine Sekunde lang gewährt hätte.

Danach betrug die Länge der im Äther sich ausbildenden Wellen $\frac{300\,000\text{ km}}{400\,000} = 0,75\text{ Kilometer oder }750\text{ Meter}$. Wir sehen, daß

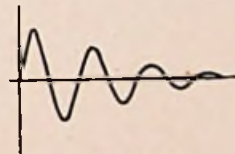
nun eine ganz außerordentliche Verkürzung erreicht ist. Der Funke ist ein äußerst rasch arbeitender Schalter im Schließungskreis der Maschine, der Wellen von einer Ausdehnung entstehen läßt, wie sie für die drahtlose Telegraphie vorzüglich brauchbar ist. Diese arbeitet heute mit Wellenlängen zwischen 200 und 20 000 Metern. Jede dieser Wellen kann durch passende Einrichtungen an der Funkenstrecke, von denen später die Rede ist, willkürlich hervorgebracht werden.

Die Zahl der in der Funkenstrecke auftretenden Ganzentladungen ist abhängig von der Schwingungszahl des hineingesendeten Stroms. Stammt dieser von einer Wechselstrommaschine mit 50 Perioden, so wird in jeder Sekunde 100mal, am Ende jeder zweiten Viertelschwingung oder nach jeder Halbschwingung, ein Funke übergehen. Wie wir gehört haben, währt dieser nur $\frac{1}{50\,000}$ Sekunde, während die Halbschwingung des Maschinenstroms $\frac{1}{100}$ Sekunde dauert. Längst bevor der Maschinenstrom vom positiven oder negativen Maximum zu Null gelangt, ist also der Aufnahmebehälter leer und zur Speicherung neuer Energie bereit.

Während einer Sekunde ist die Funkenstrecke nur $\frac{100}{50\,000}$ oder $\frac{1}{500}$ Sekunde tätig, während der übrigen $\frac{499}{500}$ Sekunde ist sie leer. Daraus folgt, daß diese Einrichtung eine schlechte Nutzwirkung liefert, die auch dann noch bleibt, wenn die Funkenfolge so weit

wie möglich erhöht wird. Aber während die Energie in der Funkenstrecke schwingt, erzeugt sie tatsächlich Kurzwellen: die Niederfrequenz der Maschine ist in Hochfrequenz verwandelt. Da jede der Teilentladungen, die während einer ganzen Funkenentladung auftreten, schwächer ist als die vorhergehende, so ist der von der Ganzenentladung erzeugte Wellenzug rasch abklingend, gedämpft (Bild 13).

Mit den Worten Schwingungszahl, Frequenz oder Periode wird, um dies noch einmal zu sagen, die Anzahl der in einer Sekunde auftretenden Schwingungen benannt. Mit Wellenlänge bezeichnet man die Wegstrecke, die von der schwingenden Elektrizität in der Zeit zurückgelegt wird, die zur Vollendung einer vollen Schwingung erforderlich ist, in der Zeit also, während der ein Wellenberg und ein Wellental ausgebildet werden. Die Wellenlänge ist ein durchaus theoretischer Begriff, der keine rechte Bildkraft besitzt. Viel leichter vorstellbar ist die Frequenz, von der ja die Wellenlänge abhängt. Es ist aber in der funktelegraphischen Technik üblich, mit dem Begriff Wellenlänge zu arbeiten.



13. Gedämpfte Äther-schwingung

Es sei gleichfalls wiederholt, daß $\text{Wellenlänge} = \frac{\text{Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität}}{\text{Frequenz}}$

ist, und nun mögen ein paar Beispiele aus dem funktelegraphischen Bereich angeführt werden:

Schwingungszahl in der Sekunde	Schwingungsdauer	Wellenlänge
600 000	$\frac{1}{600\,000}$ Sek.	$\frac{300\,000}{600\,000}$ km = 500 m
300 000	$\frac{1}{300\,000}$ "	$\frac{300\,000}{300\,000}$ " = 1 000 m
100 000	$\frac{1}{100\,000}$ "	$\frac{300\,000}{100\,000}$ " = 3 000 m
50 000	$\frac{1}{50\,000}$ "	$\frac{300\,000}{50\,000}$ " = 6 000 m
30 000	$\frac{1}{30\,000}$ "	$\frac{300\,000}{30\,000}$ " = 10 000 m

Zum Vergleich sei erwähnt, daß die Schwingungszahlen der hörbaren Töne (in Luft!) zwischen 40 und 10 000 liegen, daß die sichtbaren Ätherwellen Frequenzen zwischen 400 Billionen und 800 Billionen haben.

6. Der Sender von Hertz und der Empfänger von Branly

Im Jahre 1867 stellte James Clerk Maxwell die elektromagnetische Lichttheorie auf. Sie wird so genannt, weil ihre Behauptungen auf der Wechselwirkung zwischen elektrischen und magnetischen Feldern beruhen, von der wir bereits gesprochen haben. Zugleich war hier die Einheitlichkeit der Licht- mit den elektrischen Wellen gefolgert. Nach Maxwell mußte die rasche Schwingung im elektrischen Funken eine Fernwirkung haben, indem sie sich im Äther fortpflanzt. Er hat den experimentellen Beweis hierfür nicht mehr erlebt, da er bereits im Jahre 1879 gestorben ist.

Erst 1888 wurde der Nachweis für die Fernbeeinflussung des Äthers durch den Funken von dem deutschen Physiker Heinrich Hertz, Professor in Bonn, erbracht.

Er benutzte für seine Versuche eine Funkenstrecke, deren Metallteile an den äußeren Enden mit sehr großen Platten ausgerüstet

waren. Hierdurch wurde das Fassungsvermögen des Elektrizitätsbehälters vergrößert. Als Anzeiger für die Ätherschwingungen diente Hertz ein sehr einfacher Apparat, ein zum Ring zusammengebogener Draht; der Ring hatte eine Unterbrechung von nur $\frac{1}{5}$ Millimeter Breite, zu deren beiden Seiten wieder Kugeln standen. Diese Vorrichtung, deren Bau in einer später zu erörternden Beziehung zu dem Bau der als Sender benutzten Funkenstrecke stand, brachte Hertz als Empfänger an diejenigen Stellen im Raum, wo er Ätherschwingungen vermutete. Tatsächlich zeigte sich deren Vorhandensein dadurch an, daß zwischen den Kugeln des Empfangs-



14. Heinrich Hertz

apparats kleine Fünkchen übersprangen. Es waren in dem Draht-ring, Resonator genannt, gleichfalls elektrische Ströme hervorgerufen worden, und nur der Äther konnte der Übermittler der hierzu notwendigen Energie gewesen sein.

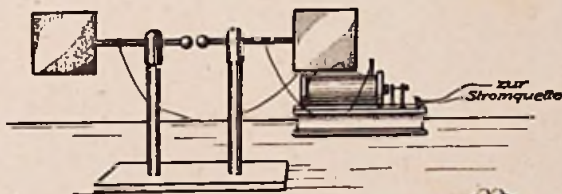
Mittels Sondereinrichtungen, die wir hier nicht erörtern wollen, vermochte Hertz weiter nachzuweisen, daß die von der Funkenstrecke erzeugte Ätherbewegung Wellenform hat, und daß sie sich mit derselben Geschwindigkeit ausbreitet wie das Licht. Die Gleichartigkeit der elektrischen mit den Lichtschwingungen konnte weiter dadurch erwiesen werden, daß es Hertz gelang, sehr kurze Ätherwellen elektrischer Natur gleich den Lichtwellen durch Spiegel zurückwerfen, durch Prismen brechen und durch Linsen sammeln zu lassen.

Hertz legte durch seine sehr geistvollen Untersuchungen den Grund für das Riesengebäude der drahtlosen Telegraphie. Leider blieb es ihm versagt, die hochbedeutenden

Folgen seiner Entdeckung zu sehen, da auch er sehr jung, in seinem 37. Lebensjahr, 1894 gestorben ist.

Der Nachweis der Wellenenergie im Raum mit dem Hertzschen Resonator war sehr schwierig. Nur mit größter Mühe konnten die fast mikroskopisch kleinen Mitschwingungsfünkchen daran beobachtet werden. Die Laboratoriumsversuche über drahtlose Energieübertragung, um die es sich ja vorläufig ausschließlich handelte, erhielten erst eine bequemere Form, nachdem es dem Franzosen Branly 1890 gelungen war, einen Anzeiger für Ätherschwingungen mit sehr viel stärkerer Wirkungskraft herzustellen. Bei der Anwendung dieser Vorrichtung war es nicht mehr notwendig, die Äußerungen der durch den Raum fortgepflanzten Energie, die ja nur sehr geringfügig sein konnten, mit dem Auge unmittelbar zu beobachten; denn Branlys Empfänger stellte ein Relais dar.

Die Apparate, welche diesen Namen tragen, sind stets Schalter, die von fern her bedient werden. Ob die Schalttätigkeit, die sie vollführen, mittels einer Drahtleitung oder ohne eine solche ausgelöst wird, ist gleichgültig. Durch die Relaiswirkung wird der Stromkreis einer am Empfangsort selbst aufgestellten Stromquelle geschlossen, wodurch die ankommende Energie Kraftäußerungen zu vollbringen vermag, die ihre eigene Leistungsfähigkeit um ein beliebiges Vielfaches übertreffen.



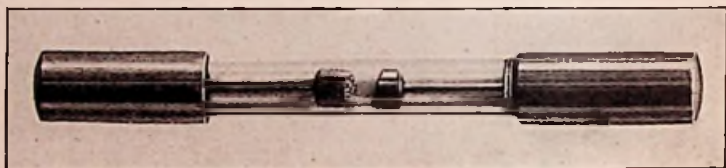
15. Hertzscher Sender und Empfänger



Der Name Relais stammt aus längst vergangenen Verkehrszeiten. Als vor Entstehung der Eisenbahn die Fahrpost das übliche Verkehrsmittel war, konnte man über große Strecken, etwa von Berlin nach München, nicht mit Einem Pferdepaar kommen. Unterwegs waren deshalb viele Zwischenstationen eingerichtet, in denen die ermüdeten Gäule gegen frische ausgewechselt werden konnten. Nach dem französischen Wort *relayer* = in der Arbeit ablösen, wurde der neue Vorspann Relais genannt. Die Bezeichnung ist auf den Telegraphenbetrieb übergegangen, wo das Relais neuen elektrischen Vorspann heranbringt.

Branly und vor ihm bereits der Italiener Onesti hatten einen sehr merkwürdigen Vorgang beobachtet.

Metallfeilicht, ein Haufen von Spänchen, wie sie durch das Arbeiten der Feile entstehen, ist für gewöhnlich ein Nichtleiter der Elektrizität. Wird ein solches Pulver, das in ein Glasröhrchen getan ist, in den Schließungskreis einer Batterie gefügt, so vermag der Strom zunächst



16. Der Fritter. Die Kolben sind auseinander gezogen

nicht zu fließen. Das Metallpulver, dessen einzelne Stückchen einander nur mit sehr feinen Spitzen berühren, bieten einen zu großen Widerstand. Sobald das Feilicht aber von Ätherschwingungen getroffen wird, sinkt der Widerstand und die Strombahn ist geschlossen. Der Zustand bleibt bestehen, bis die bergende Röhre erschüttert wird; erst dann verliert das Pulver seine Leitfähigkeit wieder. Diese erlischt also nicht von selbst mit dem Aufhören der Ätherbewegung.

Man erklärt dieses eigentümliche Verhalten des Feilichts damit, daß die auftreffenden Ätherwellen feine Funkenübergänge zwischen den einzelnen Metallstückchen hervorrufen, wobei diese durch die Erhitzung leicht aneinanderschmelzen und nun eine zusammenhängende metallische Brücke bilden. Die Röhre erhielt daher vom Erfinder den Namen Kohärer vom lateinischen *cohaerere* = zusammenhängen.

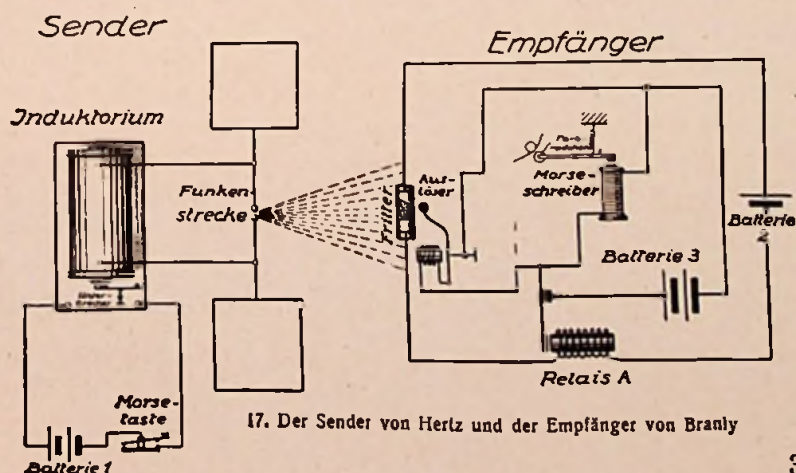
Professor Slaby, der sich in Deutschland zuerst mit der drahtlosen Telegraphie beschäftigte, ersuchte seinen Kollegen, den Professor Reuleaux von der Technischen Hochschule in Berlin, der ein großes Talent für Wortschöpfungen besaß, einen deutschen Namen für den Kohärer zu finden. Reuleaux taufte die Vorrichtung Frittröhre oder Fritter unter Anwendung des Worts *fritten*, das ein oberflächliches Zusammenschweißen bezeichnet.

In der praktischen Ausführungsform, welche die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie dem Fritter gegeben hat, besaß dieser als wirksamen Hauptteil eine Schicht Nickelfeilspäne von etwa 1 Millimeter Breite, die sich zwischen zwei in die Glasröhre geschobenen Silberkölbchen befand. Die Endfläche eines dieser Kölbchen war abgeschrägt, damit der Auflagedruck des Pulvers und damit die Empfindlichkeit des Fritters durch Drehen verändert werden konnte.

Die Röhre wurde, um eine Oxydation des Pulvers zu verhüten, zugeschmolzen und luftleer gemacht. Mit den Metallkappen an den Enden, an welche die von den Silberkolben herkommenden Drähte angelötet waren, konnte der Fritter in einen Stromkreis geschaltet werden. In welcher Weise er arbeitete, zeigt am besten die Betrachtung einer Gesamteinrichtung für Senden und Empfangen, wie sie in jener Anfangszeit für Laboratoriumsversuche viel verwendet wurde.

Auf der Sendeseite finden wir zunächst eine galvanische Batterie (1 auf Bild 17), die über eine Schließungstaste hinweg ihren Strom zur Primärspule eines Induktoriums zu schicken vermag. Die Einschaltung dieser Taste ist notwendig, damit die Sendeenergie in beliebigen Rhythmen unterbrochen werden kann. Zur Verständigung wird das alte Morsealphabet benutzt, dessen Zeichen, wie auf der ersten Seite dieses Buchs zu sehen, aus Punkten und Strichen zusammengesetzt sind. Wenn die Taste niedergedrückt ist, wird der Niederspannungsstrom der Batterie in der Sekundärspule des Induktoriums in einen hochgespannten Strom verwandelt, der die Funkenstrecke ansprechen läßt; alsdann strahlen Ätherwellen in den Raum hinaus.

Diese treffen auf den Fritter am Empfänger und machen ihn leitend. Durch die Relaiswirkung des Fritters wird der Stromkreis der Batterie 2 geschlossen und hierdurch der Elektromagnet A erregt. Dieser stellt zusammen mit seinem Anker wiederum ein Relais



17. Der Sender von Hertz und der Empfänger von Branly

dar, dessen Einschaltung notwendig ist, weil der Fritter auch im leitenden Zustand immer nur einen Strom von sehr geringer Stärke durchläßt, während die eigentlichen Empfangseinrichtungen einen verhältnismäßig kräftigen Strom für ihre Betätigung gebrauchen.

Sobald der Anker des Relais *A* angezogen ist, schließt er den Stromkreis der Batterie 3, wodurch der Elektromagnet eines Morse-schreibers erregt wird. Dieser zieht nun den rechten Arm des Schreibhebels hinunter, das mit Farbe versehene Rädchen am Ende des linken Arms wird gehoben und legt sich leicht gegen einen ablaufenden Papierstreifen, diesen in schmaler Linie färbend.

Der einmal durch die elektrische Einstrahlung leitend gemachte Fritter behält seine Leitfähigkeit, so daß auf dem Papierstreifen keine lesbaren Zeichen, sondern ein Dauerstrich entstehen würde, wenn keine Vorrichtung zur Beseitigung der Leitfähigkeit der Frittröhre angebracht wäre. Eine solche ist aber gleichfalls in den Stromkreis der Batterie 3 geschaltet. Der Auslöser ist nichts als eine elektrische Klingel mit Selbstunterbrechung, deren Klöppel fortwährend gegen den Fritter schlägt, solange die Batterie 3 geschlossen ist. Es tritt ein ständiges Entfritten des Fritters ein, so daß dieser sogleich wieder nichtleitend ist, wenn keine Ätherwellen vom Sender her mehr herankommen.

Die Taste am Sender wird nun im Rhythmus der Morsezeichen bewegt, d. h. man drückt sie, wenn z. B. ein *a* telegraphiert werden soll, einmal kurz und gleich darauf für etwas längere Zeit nieder. Die Folge ist, daß der empfangende Fritter erst eine kurze und dann eine längere Zeit leitend bleibt, wodurch das Schreibrädchen des Morseapparats erst kurze und dann eine längere Zeit an den ablaufenden Papierstreifen gedrückt wird. Auf diesem sind nun ein Punkt und ein Strich verzeichnet. Nach einer Pause wird der nächste Buchstabe, z. B. ein *v* durch das Niederschreiben von . . . — gebildet.

Der Fritter kopiert, als Relais wirkend, die Bewegungen der Stromschließungstaste am Sender, und das Relais *A* arbeitet gleichfalls in demselben Rhythmus, so daß dieser auf den Morseschreibhebel übertragen wird. Bleibt für eine auch nur ganz kurze Zeit die Ätherschwingung aus, so tut der Klöppel des Auslösers noch einen Schlag, worauf die gesamte Empfangsanordnung in Ruhe kommt und erst wieder durch den Beginn der nächsten Äthererschütterung in Tätigkeit gesetzt wird.

7. Marconi

Der eben beschriebene Sender vermochte nur über wenige Meter hinweg zu wirken. Er zeigte hauptsächlich deshalb eine solche Ohnmacht, weil die in seinem Funken schwingende Energie sehr gering war. Das Fassungsvermögen eines Hertzschen Senders ist klein, seine Funkenstrecke bietet, bildlich gesprochen, nicht mehr Raum dar als ein Fingerhut. Aus der Sekundärspule des Induktorkiums aber fließt die Elektrizität literweise ab. Bei jedem Schlag des Unterbrecherhammers strömt weit mehr Energie zu der Funkenstrecke, als diese aufzunehmen vermag. Die Folge ist, daß ein Ausspritzen der Elektrizität nach allen Seiten eintritt.

Diese ausgesprühte Energie wird zwecklos fortgegeben, da sie, in träger Ruhe verharrend, keine Schwingungen hervorruft. Es ist klar, daß eine bessere Nutzung der vorhandenen Grundenergie und damit eine größere Reichweite herbeigeführt werden konnte, sobald es gelang, den Fingerhut zu einem größeren Gefäß zu weiten.

Hier setzen nun die Arbeiten eines jungen italienischen Ingenieurs ein, des zu jener Zeit erst 23 Jahre alten Guglielmo Marconi. Er hatte an der Universität zu Bologna, in dessen Nähe sein Vater ein Landgut besaß, die Vorlesungen Righis über die elektrischen Strahlungserscheinungen gehört und war insbesondere durch die Schilderung der Hertzschen Versuche zu eigenen Arbeiten angeregt worden.

Was Marconi geschaffen hat, ist an sich nichts Neues. Seinem Gehirn entsprang nicht eigentlich ein Erfindungsgedanke. Er hat nur eine Zusammenstellung bereits bekannter Dinge vorgenommen, aber



18. Guglielmo Marconi

diese Aneinanderreihung brachte einen so bedeutenden Fortschritt, wie er nur selten durch eine blitzneue Erfindung bewirkt wird. Deshalb kann die Berechtigung seines Weltruhms nicht bestritten werden. Er ist eben der Günstling des Schicksals, dem es vergönnt war, den Schlußstein in ein durch die mühsame Arbeit Vieler errichtetes Gebäude zu setzen. Solche Persönlichkeiten liebt die Menschheit und ehrt sie als die Verkörperung der Wünsche von Millionen.

Marconi nahm den Sender von Hertz, die Empfangsröhre von Branly, den Luftleiter von Popoff, vereinigte diese Teile in geistvoller Weise und ward hierdurch der erste, dem eine drahtlose Telegraphie über beträchtliche Weiten gelang.

Der Russe Popoff ist der erste gewesen, der den Fritter praktisch benutzt hat. Er kam auf den Gedanken, daß dieser Wellenanzeiger auch durch die elektrischen Entladungen in der Atmosphäre angeregt werden müßte, die ja gleichfalls schwingender Natur sind. Es gelang Popoff ohne weiteres, eine Klingel zum Ertönen bringen zu lassen, wenn in der Nähe ein Blitz niederzuckte. Bald aber nahm er wahr, daß die Vorrichtung auch auf ferne Entladungen ansprach, wenn er die Frittröhre an der einen Seite mit dem Blitzableiter, an der anderen mit der Erde verband. Jetzt konnte Popoff durch einen Morseschreiber alle Blitzschläge aufzeichnen lassen, die in einem Umkreis von mehreren Kilometern auftraten.

Diese Versuche wurden im Jahre 1895 am Gebäude der Forstakademie zu Kronstadt vorgenommen, und Popoff ist deshalb auch als der erste Benutzer eines Luftdrahts zu bezeichnen.

Marconi brachte nun — und das ist sein Hauptverdienst — eine solche Luftdrahtanordnung nicht bloß am Empfänger, sondern auch am Sender an. Seine ersten Versuche nahm er, gleichfalls im Jahre 1895, auf dem väterlichen Landgut vor, wobei der Luftdraht des Senders an einer hölzernen Stange befestigt war und über die Funkenstrecke zur Erde führte. Ein gleiches Luftleitergebilde am Empfänger stand gegenüber.

Die elektro-physikalische Wirkung dieser Neuordnung am Sender war eine sehr wirksame Erweiterung des elektrischen Fassungsvermögens für das schwingende System. An die Stelle der kurzen von Hertz angewandten Stängchen, die allenfalls Verdickungen an den Enden hatten, trat ein großes Leitergebilde, das auf der einen Seite aus dem langen in die Luft geführten Draht, auf der anderen aus der Erde mit ihrer unbegrenzten Aufnahmefähigkeit bestand. Die Vergrößerung des Fassungsvermögens verursachte weiter eine Vergrößerung der Wellenlängen, die im Hertzschen Sender doch noch zu kurz für eine rechte Fernwirkung gewesen waren.

In dem Sendegerät von Marconi wird tatsächlich die ganze von dem Induktorium herkommende Energie in wirksame elektrische Schwin-

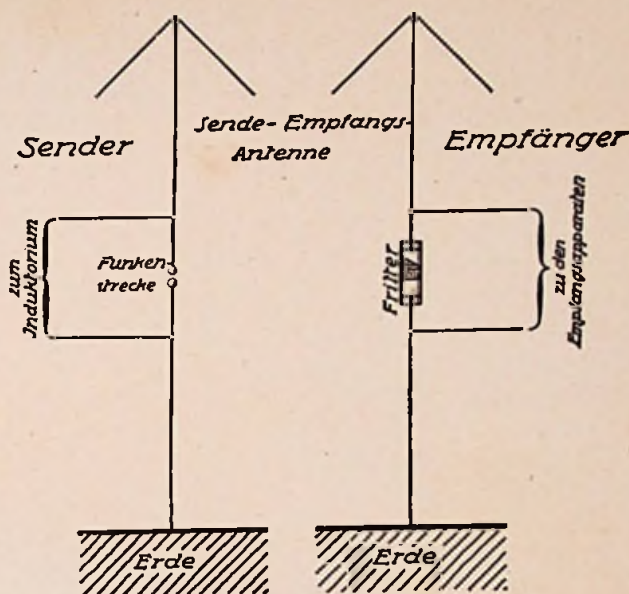
gungen verwandelt. Wenn die Gesamtanordnung in Tätigkeit ist, sind die Funkenstrecke im Sender und der Fritter im Empfänger durch einen geschlossenen Stromkreis miteinander verbunden, welcher aus Sendeluftdraht, Ätherwellenbrücke, Empfangsluftdraht, Erdung am Empfänger, Erde und Erddraht am Sender besteht.

Da der junge Italiener zu einer umfangreichen Erpro-

bung seiner Apparate größere Mittel gebrauchte, als ihm zur Verfügung standen, so wandte er sich nach England. Bei dem leitenden Ingenieur der englischen Telegraphenverwaltung, Preece, fand er bereite Hilfe. Dieser war zu jener Zeit gerade bemüht, eine telegraphische Verbindung der auf kleinen Inseln aufgestellten Leuchttürme und der Feuerschiffe an der Westküste von Großbritannien mit der Hauptinsel ohne Anwendung von Kabeln zu bewirken, da diese durch die Küstenbrandung zu oft zerstört wurden. Es sollte hierbei auf Grund von Versuchen, die Erich Rathenau, ein Sohn des Begründers der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, am Wannsee bei Berlin ausgeführt hatte, das Wasser als Übertragungsmittel benutzt werden.

Als Marconi die Wirkung seines Geräts vorgeführt hatte, erkannte Preece jedoch, daß die neue Methode weit mehr Aussicht bot, und widmete sich sowie die großen Mittel, über die er verfügen konnte, der Vervollkommnung dieser Einrichtung. Er gab dem Italiener Gelegenheit zu einer Erprobung in erweitertem Maßstab.

Die ersten Versuche fanden zwischen Lavernock Point in der Nähe von Cardiff an dem tief in die Westküste von England einschneidenden Bristolkanal und der kleinen Insel Flatholm statt. Ihnen wohnte ein deutscher Gelehrter bei, Professor Slaby von der Technischen Hochschule zu Berlin, der in seinem Buch „Entdeckungsfahrten in den elektrischen Ozean“ eine sehr anschauliche Schilderung seiner Erlebnisse gibt:



19. Marconis Sender und Empfänger

„Auf der etwa 20 Meter hohen Klippe von Lavernock Point, eine Stunde von dem freundlichen Badeort Penarth entfernt, war ein 30 Meter hoher Mast errichtet, durch Drahtseile gehalten. Von seiner Spitze führte ein isolierter Kupferdraht bis zum Fuß des Mastes an den einen Pol des Empfängers. Der andere Pol war durch ein langes Drahtseil, die Klippe hinunter, mit dem Meer (also der Erde) verbunden. Mitten im Kanal, 5 Kilometer entfernt von Lavernock Point, liegt das kleine Eiland Flatholm, auf seinen hohen Klippen mit Kanonen bespickt, zugleich der Standort eines Leuchtturms. Dort war der Sendeort. In einem Bretterhäuschen stand der Strahlapparat mit einem verhältnismäßig kleinen Induktorium, von einem achtzelligen Akkumulator gespeist . . .

„Zunächst gelang es nicht, Zeichen überhaupt zu erhalten. Man schrieb die Schuld den eisernen Drahtseilen zu, welche den Mast hielten und den Empfangsdraht wie einen Käfig umgaben. Als man am anderen Tag diesen um etwa 20 Meter verlängerte, um den Empfänger seitlich vom Mast entfernt aufzustellen, kamen die ersten, aber noch undeutlichen Zeichen. Der volle Erfolg war erst am nächsten Tag (14. Mai 1897) vorhanden, nachdem man mit dem Empfangsapparat hinunter an den Strand gezogen war und damit die wirksame Länge des Drahts fast verdoppelt hatte.

„Es wird mir eine unvergeßliche Erinnerung bleiben, wie wir, des starken Windes wegen, in einer großen Holzkiste zu fünfen übereinander gekauert, Augen und Ohren mit gespanntester Aufmerksamkeit auf den Empfangsapparat gerichtet, plötzlich, nach Aufhissung des verabredeten Flaggenzeichens, das erste Ticken, die ersten deutlichen Morsezeichen vernahmen, lautlos und unsichtbar hinübergetragen von jener felsigen, nur in undeutlichen Umrissen wahrnehmbaren Küste, herübergetragen durch jenes unbekannte, geheimnisvolle Mittel, den Äther, der die einzige Brücke bildet zu den Planeten des Weltalls. Es waren die Morsezeichen des v, welche der Verabredung gemäß herüberkamen.“

Als bald wurden dann die Versuche weiter fortgesetzt, und es gelang nach kurzer Zeit, zwischen Lavernock Point und Brea Down quer über die ganze Breite des Bristolkanals, d. h. über eine Entfernung von 14,5 Kilometern, eine telegraphische Verständigung zu erzielen. Bei diesen Versuchen wurden auf beiden Seiten Drachen benutzt, um die senkrechten Drähte zu halten. Die erste dauernd benutzte Funkstelle ist alsdann an der Einfahrt in den Solent-Busen auf den Needles, der bekannten Klippengruppe am Westzipfel der Insel Wight, errichtet worden.

Der Luftdraht erhielt alsbald den Namen Antenne. Dieses Wort, das „Anhängen“ bedeutet, ist aus der Sprache der Zoologen genommen, die hiermit die langen Fühler vieler Gliedertiere bezeichnen.



20. Adolf Slaby



21. Graf Georg von Arco

8. Slaby und Arco

Slaby, der sich schon seit langem mit der Vervollkommnung der Hertz'schen Apparate beschäftigt hatte, nahm nach seiner Rückkehr aus England die Versuche unter Benutzung des Erdanschlusses und der Antenne wieder auf. Es gelang ihm, durch Anwendung von Luftdrähten, die durch Ballons 300 Meter hoch emporgehoben wurden, die Entfernung zwischen Schöneberg bei Berlin und Rangsdorf zu überbrücken; diese beträgt 21 Kilometer. Es war das zu jener Zeit die Höchstleistung der drahtlosen Telegraphie.

Mit Slaby vereint arbeitete sein junger Assistent, Graf Georg von Arco, und diese beiden Männer schufen das erste deutsche System im Bereich der neuen Fernmeldetechnik. Sie führten die Wechselstrommaschine als Erzeuger der Grundenergie an Stelle des Induktoriums ein und taten damit einen wichtigen Schritt zur Verpflanzung der Äthertelegraphie aus dem Physikalischen ins Technische. Wie es so deutsche Art ist, wurde von ihnen der Boden, aus dem das frische Reis gerade erst emporzuwachsen begann, aufs genaueste wissenschaftlich durchforscht.

Die ungewöhnliche Gabe klarer Darstellung und des leicht faßlichen Vortrags, die Slaby besaß, machte es möglich, daß auch die

Techniker allmählich dem neuen Gegenstand näher treten konnten, nachdem sich bis dahin nur die Gelehrten damit beschäftigt hatten. Slaby und Arco sind es auch gewesen, die zuerst Methoden für die Wellenmessung erdachten und praktisch durchbildeten.

Professor Adolf Slaby ist 1913 gestorben, Graf Georg von Arco, der Ende 1919 seinen fünfzigsten Geburtstag beging, steht heute noch an der Spitze der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, die er mitbegründet hat. Sein Name ist mit der Entwicklungsgeschichte der neuen Fernmeldetechnik für immer verknüpft, obgleich er nicht zu den eigentlichen Erfindern auf diesem Gebiet gehört. Arcos Verdienst liegt aber darin, daß er viele grundlegende Gedanken, die später für die Fortentwicklung höchst wichtig geworden sind, zuerst und allein in ihrer Bedeutung erkannte und entsprechend förderte. Manche nützliche Erfindung wäre wahrscheinlich nie zum praktischen Erfolg gekommen, wenn der kluge Blick und das prophetische Gefühl des Grafen Arco ihr nicht den Weg zum Licht gebahnt hätten. Durch seine Fähigkeit, stets genau zu erkennen, wo zur Zeit die Weiterarbeit am fördersamsten sei, wo die scharf angesetzte Tätigkeit des von ihm geleiteten Laboratoriums am raschesten Nutzen bringen könne, wurde er zahlreiche Male zum mittelbaren Urheber bedeutender Fortschritte. Dem Anreger Grafen Arco hat die drahtlose Telegraphie viel zu danken.

Das sollte hier ausgesprochen werden, weil in diesem Werk die Namen aller anderen Förderer der Äthertelegraphie im Zusammenhang mit einer scharf umrissenen Sonderschöpfung auftreten, während Arcos Name, wie auch sonst immer, ohne solche bestimmte Angabe genannt wird. Die eigenartige, karge Natur dieses Mannes verbietet ihm, die Edelsteine selbst zum funkelnden Glanz zu schleifen; er begnügt sich stets damit, mit sicherer Hand die geeigneten, noch unscheinbaren Stücke herauszusuchen und sie den anderen zum Herausarbeiten des letzten Glanzes zuzureichen. Durch die Kraft der Intuition aber und durch die heiße Liebe zum Arbeitsgegenstand ist Graf Arco vor allen ausgezeichnet.

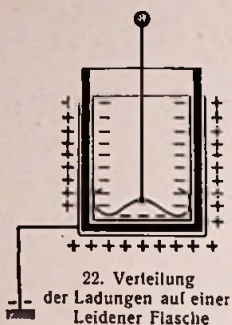
9. Der geschlossene Schwingungskreis

Seit Marconis Auftreten vermochte man drahtlos zu telegraphieren. Aber die Waffe, die zu jener Zeit für die Überwindung des Raums auf die neue Art zur Verfügung stand, war doch noch recht schwächlich und von wenig zweckentsprechender Form. Der Funktelegraphist glich damals dem Jäger, der mit einer kleinen Schrotflinte auszieht, um den Raubvogel hoch droben in seinem Felsenhorst zu erlegen. Der geringe Energie-Inhalt der Pulverladung vermag dem Geschöß keine genügende Tragweite zu geben, und dessen Flugkraft wird, wenn es den Lauf verlassen hat, weiter dadurch gemindert, daß die Teile nicht beisammen bleiben, sondern sich auflösen und nun der Luft eine breite Fläche bieten, gegen die sie eine stark bremsende, dämpfende Wirkung auszuüben vermag.

Bei der Marconi-Schaltung im Sender, die Bild 19 zeigt, ist zwar das elektrische Fassungsvermögen der mit Antenne und Erdungsdraht versehenen Funkenstrecke über den Fingerhut hinausgewachsen, aber es steht zur Aufnahme der Energie, die von der Stromquelle herkommt, doch nicht viel mehr zur Verfügung als ein Wasserglas. Auch dieses läuft viel zu schnell über, wenn zur Füllung eine so kräftige Pumpanlage verwendet wird, wie es die Wechselstrommaschine ist.

Die bei jeder Funkenentladung im Marconi-Sender entstehenden Schwingungen sind an Zahl gering. Der Schwingungsvorgang klingt äußerst schnell ab, er ist sehr stark gedämpft, weil die Schwingungen in der Antenne durch den Luftspalt der Funkenstrecke hindurch gehen müssen, der ihnen einen sehr hohen Widerstand entgegenstellt.

Die nach den ersten Erfolgen Marconis rasch einsetzende wissenschaftliche Durchforschung der Schwingungsvorgänge in der Antenne zeigte, daß wirklich bedeutende Reichweiten nur dann würden erzielt werden können, wenn es gelang, Entladungen mit starkem Energie-Inhalt zu erzeugen und die Dämpfung so weit zu verringern, daß eine lang andauernde, erst allmählich abklingende Ätherbewegung entstand. Die Schrotflinte mußte zu einem scharfen Jagdgewehr ausgestaltet werden.



Zunächst war es nötig, die Aufnahmefähigkeit des schwingenden Systems so weit zu erhöhen, daß es sich zu einem Bottich weitete. Hierfür standen Bauteile zur Verfügung, die von den Elektrophysikern längst und oft benutzt worden waren.

Im Jahre 1745 entdeckte der deutsche Gelehrte E. J. von Kleist, daß es möglich sei, größere Elektrizitätsmengen zu speichern, wenn man sie einer mit Wasser gefüllten Flasche zuführt. Muschenbroek in der holländischen Stadt Leiden, fand, daß die Aufnahmefähigkeit der Flasche noch erheblich vergrößert wurde, wenn man ihre Außenfläche mit Staniol belegte und diese Metallhaut mit der Erde verband. Später wurde dann der Flüssigkeitsinhalt durch eine Belegung der Flascheninnenwand, gleichfalls mit Staniol, ersetzt. Um die Zuführung des Stroms zu der inneren Belegung zu erleichtern, stellt man eine metallene Stange hinein, die durch federnde Bügel die Innenbelegung berührt.

So entstand die Vorrichtung, die selten Kleistsche, meist Leidener Flasche genannt wird.

Führt man der inneren Belegung einer solchen Flasche, etwa mittels einer Elektrysiermaschine, negative Elektrizität zu, so wirkt diese durch das Glas der Flasche, das Dielektrikum, hindurch verteilend auf die äußere Belegung.

Jedes Atom besitzt, wie wir schon gehört haben, stets positive und negative elektrische Ladung. Für gewöhnlich halten diese beiden Ladungen einander das Gleichgewicht, so daß die Atome nach außen hin ungeladen erscheinen. Die negative Elektrizität auf der inneren Belegung der Leidener Flasche spaltet nun die Ladung der Atome, aus denen die äußere Belegung besteht. Die entgegengesetzt poligen, also die positiven Teilladungen, werden angezogen, die negativen fließen, abgestoßen, durch den Verbindungsdraht zur Erde ab. Es kann eine recht erhebliche Elektrizitätsmenge in der Flasche gebunden werden, so viel nämlich, bis die Spannung zwischen den beiden Belegungen groß genug geworden ist, um sich über den nichtbelegten Oberrand der Flasche hinweg oder gar durch das Glas hindurch auszugleichen, wobei dieses zertrümmert wird.

Freiwillig kann die Entladung der Flasche dadurch herbeigeführt werden, daß man innere und äußere Belegung durch einen Metallbügel verbindet. Hierbei tritt ein Funke auf, so daß also die uns bekannte schwingende Entladung erzeugt wird.



23. Entladung der Leidener Flasche

Wird zur Ladung der Flasche ein Funkeninduktor oder eine Wechselstrommaschine benutzt, so fällt der Erdungsdraht an der äußeren Belegung fort. An jede der beiden Belegungen wird ein Pol der Stromquelle gelegt, so daß jederzeit hüben negative, drüben positive Elektrizität zufließt.

Die gleiche Speicherungsmöglichkeit wie bei der Leidener Flasche entsteht, wenn die beiden Belegungen auf eine ebene Glasplatte geklebt werden. Es kommt eben nur darauf an, daß sich zwischen ihnen ein schlechter Leiter, ein Dielektrikum, befindet. Die flaschen- wie die plattenförmigen Elektrizitätsspeicherer nennt die Technik Kondensatoren. Ihre Aufnahmefähigkeit führt den wissenschaftlichen Namen Kapazität.

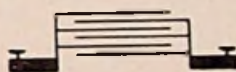
Die Größe der Kapazität eines Kondensators ist abhängig von der Größe der Belegungen, bei plattenförmigen Apparaten also von der Ausdehnung, welche die Plattenoberflächen haben, und von der Beschaffenheit des Dielektrikums. Besteht dieses aus Hartgummi, so ist die Kapazität dreimal, befindet sich Glas zwischen den Belegungen, so ist sie viermal so groß, als wenn nur Luft dazwischen ist. Diese, ein sehr schlechter Leiter, ist aber auch ein Dielektrikum, und so stellt eine Funkenstrecke gleichfalls nichts anderes dar als einen Kondensator, bei dem die beiden metallenen Zweige als Belegungen wirken. Dieser Kondensator hat jedoch ein sehr geringes Fassungsvermögen, weil die Form so ungünstig wie möglich ist; stehen doch die Belegungen einander nicht mit den breiten Flächen, sondern sozusagen mit den scharfen Kanten gegenüber. Wir verstehen jetzt die, freilich sehr geringe, Speicherungsfähigkeit der Funkenstrecke, die auf Seite 32 erwähnt wurde.

Reicht für einen bestimmten Zweck die Kapazität eines Einzelkondensators in Flaschenform nicht aus, so kann man mehrere zu einer Batterie zusammenschließen, indem man die äußeren Belegungen untereinander und die inneren Belegungen untereinander verbindet. Bei Gebrauch plattenförmiger Kondensatoren werden die ungeradzahligten Belegungen einerseits, die geradzahligten andererseits zusammengeschlossen. In beiden Fällen entsteht so ein beliebig großer Elektrizitätsbottich.

Es sei darauf hingewiesen, daß ein Kondensator, der in einen Gleichstromkreis geschaltet ist, absperrend wirkt. Der immer in gleicher Richtung fließende Strom ladet den Kondensator einmal in kürzester Zeit auf, indem von den beiden Maschinenpolen Elektri-



24. Plattenkondensator mit Glas als Dielektrikum



25. Kondensatorbatterie mit Luft als Dielektrikum

zität zugeführt wird. Hierauf aber kann kein Strom mehr fließen, weil die Möglichkeit der Entladung fehlt. Der Kondensator riegelt also einen Gleichstrom ab, während er einen Wechselstrom, der ihn fortwährend ladet und entladet, frei hindurch läßt. Das ist für die drahtlose Technik sehr wichtig.

Aus einer Batterie von Kondensatoren, deren gesondert zusammengeschlossene Belegungshälften durch einen äußeren Schließungsdraht mit eingeschalteter Funkenstrecke verbunden sind, läßt sich ein Schwingungskreis mit großer elektrischer Aufnahmefähigkeit herstellen. Beobachten wir aber die Entladungen, die jedesmal auftreten, wenn die Spannung in der Kondensatorbatterie so groß geworden ist, daß der Luftspalt der Funkenstrecke durchschlagen werden kann, dann finden wir, daß sie nach wie vor ganz kurz sind, daß sie immer noch eine zu große Dämpfung haben. Um auch diesen zweiten Fehler zu beseitigen, muß dem Kreis elektrische Trägheit verliehen werden.

Die Dauer der Entladungen wird vergrößert, der Unterschied der Amplituden zweier aufeinander folgender Schwingungen innerhalb derselben Entladung verringert, wenn der Kreis eine größere Selbstinduktion erhält, als er sie bis jetzt besitzt.

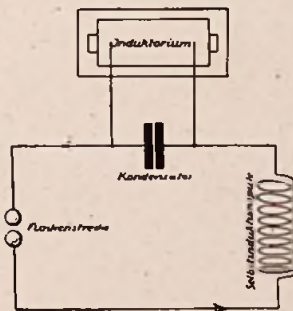
Als Selbstinduktion wird die Induktionswirkung bezeichnet, die jeder elektrische Leiter auch auf sich selbst auszuüben vermag. Wir wissen, daß jedesmal, wenn ein Stromkreis geschlossen wird, sich um den Leiter ein magnetisches Kraftfeld bildet, das wir uns aus einzelnen Kraftlinien zusammengesetzt denken, und daß dieses Feld zu verschwinden beginnt, sobald der Strom abgeschaltet wird.

Die Bewegung der von der Primärspule des Induktoriums erzeugten Kraftlinien rief, wie auf Seite 30 dargestellt, eine Induktionswirkung auf die geschnittene Sekundärspule hervor, indem die sich bildenden Kraftlinien einen Strom in der einen und die verschwindenden einen Strom in der anderen Richtung in der Sekundärspule weckten. In dem gleichen Kraftlinienfeld liegt aber auch die Primärspule selbst, und auch sie bleibt von den Feldänderungen nicht unberührt.

Beim Einschalten des Stroms beginnen die Kraftlinien sich zu bilden, wodurch dem Auftreten des Stroms entgegen gewirkt wird; seine Entwicklung zu voller Stärke wird verzögert. Sobald der Unterbrecher den Stromkreis öffnet und hiermit die Kraftlinien zu verschwinden beginnen, verlängern sie durch ihre Induktionswirkung den Strom. Es entsteht beim Öffnen und Schließen eines Stromkreises jedesmal ein Extrastrom, der den beginnenden Grundstrom staucht, den verschwindenden reckt. Diese Verzögerung der Wirkung, die man zu haben wünscht, ist die elektrische Trägheit, die Selbstinduktion genannt wird.

Diese ist gering, wenn der Leiter geradlinig ausgestreckt ist. Sie wird sehr kräftig, wenn man den Draht zu einer Spule aufwickelt, weil alsdann jede der Windungen imstande ist, sehr bequem auf die nächstfolgende zu induzieren. In solchen Selbstinduktionsspulen, kürzer auch Induktionsspulen genannt, kann die elektrische Trägheit so groß werden, daß ein Wechselstrom mit hoher Schwingungszahl überhaupt nicht hindurch zu fließen vermag; denn er hat bereits die Richtung gewechselt, wenn die Gegenwirkung der Selbstinduktion gerade abgeklungen ist. Diese Wirkung tritt in besonders hohem Grad dann ein, wenn sich in der Spule ein Eisenkern befindet, weil hierdurch das magnetische Kraftfeld gestärkt wird.

Spulen vermögen also als Riegel im Wechselstromkreis zu wirken, sie drosseln ihn ab, weshalb sie auch Drosselspulen heißen. Der Gleichstrom geht durch eine solche Drossel ungehindert hindurch, wenn der Querschnitt des Drahts, aus dem sie gewickelt wurde, nur genügend groß ist. Durch geschickte Anbringung von Kondensatoren und Drosselspulen kann man deshalb aus einem Kreis, der sowohl von einem Gleich- wie von einem Wechselstrom durchflossen wird, eine der Stromarten zu bestimmtem Zweck herauslesen, der anderen den Weg zu Apparaten verlegen, auf die sie störend einwirken würde. Von diesen Möglichkeiten wird in der Technik der drahtlosen Telegraphie ausgiebig Gebrauch gemacht, wie wir später noch oft sehen werden.



26. Der geschlossene Schwingungskreis

Wird in einen Kreis, der einen Kondensator oder eine Kondensatorbatterie und eine Funkenstrecke enthält, noch eine Spule gesetzt, so entsteht ein System, das auf beste Art zu schwingen vermag, ein geschlossener Schwingungskreis. Wie wir von der Erklärung des Schwingungsvorgangs in einer Funkenstrecke von Seite 33 wissen, wird das Auf- und Abwallen der Elektrizität durch die sich bildenden und verschwindenden Kraftlinien hervorgerufen. Der Vorgang ist nichts anderes als eine Selbstinduktion, deren Wirkungskraft jetzt durch die Anwesenheit der Spule bedeutend verstärkt wird. In ihr sind die magnetischen Feldänderungen am stärksten.

Der Kondensator wird während der ersten Viertelschwingung des speisenden Wechselstroms geladen. Ist die Spannung zwischen den beiden Belegungen groß genug geworden, daß der Luftspalt in der Funkenstrecke überschlagen werden kann, dann setzt der Funkenübergang ein. Der Kondensator entladet sich. Der hierbei in dem geschlossenen Kreis entstehende Strom ruft in der Spule ein ganz besonders starkes Kraftlinienfeld hervor; dessen Verschwinden macht

die nächste Aufladung des Kondensators, die im umgekehrten Sinn erfolgt, sehr viel stärker, als sie beim Fehlen der Spule ausfallen würde. Die Amplitude der zweiten Halbschwingung ist deshalb nur wenig geringer als die Amplitude der ersten Halbschwingung. Auch in der Folge nehmen die Schwingungshöhen nur langsam ab. Die Spule stemmt sich gegen die dämpfenden Einflüsse, sie verringert die Dämpfung, sie wirkt dahin, daß bei gleicher ursprünglicher Ladung viel mehr Schwingungen auftreten, bis die Energie der Grundladung erschöpft ist, als dies im spulenlosen Kreis geschehen würde.

Zur Erläuterung des Vorgangs durch ein Beispiel aus der Mechanik betrachten wir ein Federpendel, das aus einer stählernen Spiralfeder nebst einem angehängten Gewicht besteht. Die Hand, welche dieses Gewicht hinabzieht, entspricht der Stromquelle, die den Kondensator ladet. Dieser wird durch die Spiralfeder dargestellt, die



27. Feder-
pendel

jetzt Spannung erhalten hat. Wäre kein Gewicht an ihr befestigt, so würde die Feder sehr geschwind nach oben schnellen und nach ganz wenigen, sehr raschen Schwingungen zur Ruhe kommen. Das System hätte sehr starke Dämpfung, deren Ursache die innere Reibung des Federstahls ist. Das angehängte Gewicht, die Selbstinduktion darstellend, verzögert das Hinaufschnellen der Feder. Diese zieht sich jetzt langsamer zusammen, wobei sie das Gewicht hebt, das hierauf durch seine Schwere eine neue, nicht unerhebliche Streckung der Feder verursacht und so die Feder zwingt, viele Schwingungen zu machen, bis sie zur Ruhe kommt. Das System mit Selbstinduktion hat geringere Dämpfung.

Bei der Durchdenkung aller geschilderten Vorgänge im elektrischen System dürfen wir niemals die Vorstellung davon verlieren, in welcher Zeit sie sich abspielen. Darum sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, daß ein ganzer Entladungsvorgang, das Geschehen also vom ersten Einsetzen der Funkenentladung bis zu ihrem vollständigen Erlöschen, unter Umständen nicht länger währt als $\frac{1}{50.000}$ Sekunde. In dieser Zeit finden acht bis zwölf Schwingungen statt, und diese sind es, die wir eben mit dem Auf- und Abschnellen der Spiralfeder verglichen haben.

Der geschlossene Schwingungskreis mit Funkenstrecke, Kapazität und Selbstinduktion, also mit Kondensator oder Kondensatorbatterie und Spule, gibt uns die schönen, kräftigen, wenig gedämpften Schwingungen. Wir betrachten den Kreis freudig, weil wir in ihm den Hervorbringer weitreichender Ätherwellen vor uns zu haben glauben. Aber rasch und herb sehen wir uns enttäuscht! Zwar wallt die Elektrizität in dem Bottich vortrefflich hin und her,

aber es dringt fast nichts von der Schwingung über den Rand des Gefäßes. Dieser Schwingungskreis übt beinahe gar keine Fernwirkung aus; schon in geringem Abstand ist nichts mehr von einer Ätherbewegung wahrzunehmen.

Bei der Marconi-Schaltung liegt die Funkenstrecke im Luftdraht, einem geradlinigen, nicht geschlossenen Leiter. Die Strahlung wird hier in keiner Weise behindert; wohl aber ist das bei einem geschlossenen Kreis der Fall. Während nämlich im Verlauf einer Schwingung die Elektrizität in dem unteren Teil des Kreises nach der einen Richtung flutet, bewegt sie sich zu gleicher Zeit in dem oberen Teil nach der entgegengesetzten. Es werden also nach außen gleichzeitig Induktionen von entgegengesetzten Richtungen hervorgerufen, wie das die Pfeile auf Bild 26 andeuten, und diese Kraftwirkungen heben einander auf.

Was nützen uns also alle die schönen, neuen Einrichtungen? Wir haben durch sie, so scheint es, nichts gewonnen, sondern nur Fernwirkungsmöglichkeiten eingebüßt! Aber Professor Ferdinand Braun in Straßburg, der zuerst den mit Kapazität und Selbstinduktion ausgerüsteten geschlossenen Schwingungskreis in die drahtlose Technik einführte, wußte einen trefflichen Ausweg. Er bewirkte eine Arbeitsteilung, indem er zwei Kreise miteinander verband, von denen einer die Schwingungen zu erzeugen hatte, während dem anderen die Aufgabe zufiel, sie auszustrahlen. So konnte er jedem der beiden Teile die für seine Tätigkeit besonders geeignete Form geben.

10. Der Braunsche Sender

Schon im Jahre 1898 gab Braun die auf Bild 29 dargestellte Senderschaltung an. Wir sehen den geschlossenen Schwingungskreis, der von der Stromquelle gespeist wird. Neben der Selbstinduktions-



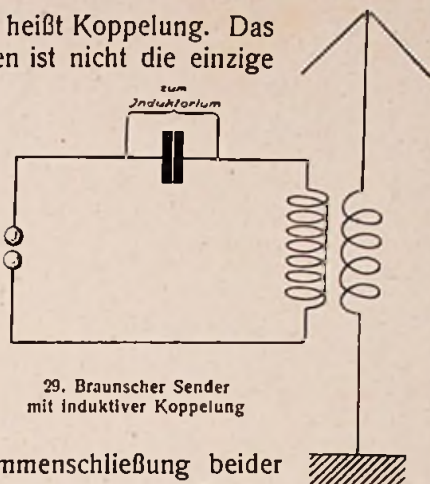
28. Ferdinand Braun

spule ist eine zweite gezeichnet, an deren Enden sich der Antennendraht und die Erdleitung befinden. Denken wir uns die beiden Spulen nicht nebeneinander stehend, sondern die eine in die andere gesteckt, so haben wir dieselbe Anordnung vor uns, wie sie sich am Induktorium befindet — nur daß die Wicklungszahlen hier nicht so arg verschieden sind — und es ist uns sofort klar, daß die elektrischen Vorgänge, die sich in der einen Spule vollziehen, auf die andere Spule übertragen werden müssen.

Das geschieht tatsächlich. Auf diese Weise, durch das Anschließen der Antenne an die Spule mit ihren kräftigen Feldänderungen, wird bewirkt, daß die im geschlosse-

nen Kreis auftretenden Schwingungen auch Schwingungen im offenen System erwecken, die von dort vorzüglich ausstrahlen können. Wir nennen auch ein solches offenes System einen Kreis, da dieses Wort im Bereich der Elektrophysik ja nur bildlich zu verstehen ist. Es bedeutet nichts anderes, als daß eine Einrichtung geschaffen ist, die einem Strom, der von einer Stelle ausgeht, die Möglichkeit gibt, wieder zu diesem Punkt zurückzufließen. In unserem offenen Sekundärkreis geschieht die Schließung der Strombahn von der Antennenspitze zur Erde durch den Äther.

Die Verbindung der beiden Kreise heißt **Koppelung**. Das benachbarte Aufstellen zweier Spulen ist nicht die einzige gebräuchliche Form, in der solche Verbindungen ausgeführt werden. Koppelwirkung tritt gleichfalls ein, wenn Antenne und Erddraht unmittelbar an die Spule des geschlossenen Kreises gefügt werden. Man sagt alsdann, die Kreise seien galvanisch gekoppelt (Bild 30), während die zuerst angeführte Verbindungsart induktive Koppelung genannt wird.

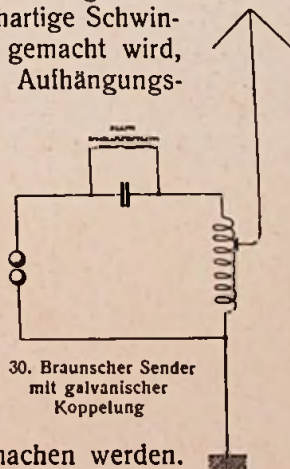


29. Braunschers Sender mit induktiver Koppelung

Aus betrieblichen Gründen ist es erwünscht, den Grad der Zusammenschließung beider Kreise verändern zu können. Sind bei induktiver Koppelung die beiden Spulen sehr nahe aneinander gerückt, so ist die Koppelung fest, ist der Zwischenraum weit, so liegt lose Koppelung vor. Bei der galvanischen Vereinigung wird die Änderung des Koppelungsgrades durch Verstellen eines Schiebers bewirkt, der auf dem Rücken der blanken Selbstinduktionsspule gleitet. In seiner höchsten Stellung gehören viele Windungen der Spule dem geschlossenen und dem offenen Kreis gleichzeitig zu: die Koppelung ist fest. Je mehr der Schieber niedergezogen wird, desto geringer wird die Zahl der gemeinschaftlichen Spulenwindungen, desto loser die Koppelung.

Die beiden Verbindungsarten sind praktisch gleichwertig. Fest gekoppelte Kreise sind ebenso miteinander verbunden wie zwei Pendel, deren Spitzen man durch eine starke Stange zusammengeschlossen hat; sie können nur genau gleichartige Schwingungen ausführen. Je loser die Koppelung gemacht wird, desto näher rückt die Verbindung an die Aufhängungspunkte der Pendel heran, während — dieses kühne Bild sei erlaubt — die starre Stange sich gleichzeitig immer mehr in ein Gummiband verwandelt. Bei extrem loser Koppelung sind die elektrischen Bewegungen in den Kreisen nahezu unabhängig voneinander.

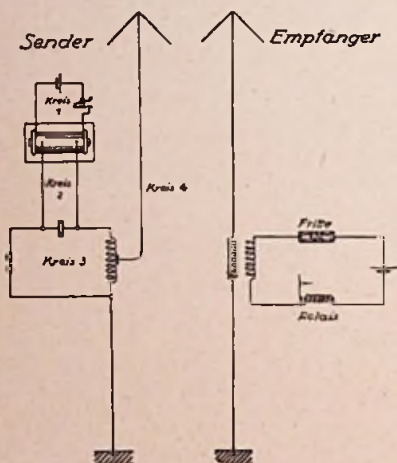
Auch der Braunsche Empfänger besteht aus zwei Kreisen. Auf diese Art wird es möglich, die elektrischen Eigenschaften der Empfangsantenne denen der Sendeantenne anzugleichen. Hierdurch entstehen sehr bedeutende Vorteile, die wir uns alsbald klarmachen werden.



30. Braunschers Sender mit galvanischer Koppelung

Vorläufig sehen wir beim Betrachten der Gesamtanordnung nach Braun auf Bild 31 als wichtigen Gewinn, daß aus der Sendeantenne die Funkenstrecke, aus dem Empfangsluftdraht der Fritter entfernt ist. Beide Anordnungen können nun die in sie hineingepumpte Energie weit gelassener und mit besserer Nutzung ausschwingen lassen, als ihnen dies bei der Marconi-Schaltung möglich war. Denn die zudringlichsten Dämpfungsursachen, die schwersten Widerstände, die ihnen dort allzu rasch in den Arm fielen, sind beseitigt.

Im übrigen ist die Braun-Anordnung auf Bild 31 für den Leser, der den bisherigen Ausführungen aufmerksam gefolgt ist, sehr leicht zu verstehen.



31. Funktelegraphie-Einrichtung nach Braun

Im Sender unterscheiden wir vier Kreise. Der erste ist der niedervoltige Speisungskreis für die Primärspule des Induktoriums, in dem sich auch die Taste zur Erzeugung willkürlicher Stromschließungen und -unterbrechungen befindet. Hierauf folgt der Hochspannungskreis des Induktoriums mit der Sekundärspule und der zu ladenden Kondensator-Batterie. Es reiht sich der geschlossene Schwingungskreis an, bestehend aus dem eben genannten Kondensator als Kapazität, einer Selbstinduktionsspule und einer Funkenstrecke. Die Luftdraht-

anordnung als vierter Kreis ist mit galvanischer Koppelung angelegt. Im Empfänger sehen wir die Antenne durch induktive Koppelung an die uns schon von Bild 17 her bekannte Anordnung angeschlossen.

Wenn die Taste im Rhythmus der Morsezeichen bewegt wird, so gehen im geschlossenen Schwingungskreis des Senders abwechselnd kurze und lange Entladungsserien der vom Induktorium gespeisten Kondensatorbatterie durch die Funkenstrecke vor sich. Über die Koppelung hinweg wird die Sendeantenne angeregt, bald kurze, bald längere Schwingungsserien auszusenden, die durch den Äther die Empfangsantenne induzieren und in ihr gleiche Schwingungsserien hervorrufen. Dementsprechend ist der Fritter für Zeitabschnitte von wechselnder Dauer leitend, und der vom Relais des Fritterkreises gesteuerte Morse-Apparat schreibt Punkte und Striche in gewünschter Folge auf den ablaufenden Papierstreifen.

Es gelang, mit einem solchen Sende- und Empfangsgerät Nachrichten bereits über 1000—1200 Kilometer zu senden. Diese Steige-

rung der Reichweite konnte aber nur durch Ausnutzung einer Naturerscheinung besonderer Art erzielt werden.

Die Antenne der Braun-Schaltung stellt ein selbständiges Schwingungssystem dar. Eine solche Anordnung hat, solange Selbstinduktion und Kapazität darin unverändert bleiben, eine bevorzugte Frequenz, in der sie besonders gern schwingt. Diese bevorzugte Schwingungszahl, und damit die Wellenlänge, sind allein abhängig von Kapazität und Selbstinduktion im Antennenkreis. Aus Gründen, die wir hier nur streifen wollen, sendet die Antenne am liebsten Wellen aus, die viermal so lang sind wie die Drahtlänge zwischen dem Erdungspunkt und der Antennenspitze. Der Erdungspunkt ist diejenige Stelle, wo der Erddraht eine gut leitende Erdschicht berührt.

Auch ein eingespannter Stahldraht schwingt, angestoßen, stets in einer Welle, die viermal so lang ist wie er selbst. An der Einspannungsstelle (Bild 32) befindet sich ein Schwingungsknoten, am Drahtende immer ein Schwingungsbauch. Die Entfernung von einem Knoten bis zum nächsten Bauch ist ein Viertel der Gesamtwellenlänge. Die Antenne ist am Erdungspunkt elektrisch eingespannt. Hier kann wegen der Ableitung jedes Stroms durch die Erde keine Spannung bestehen. Am Erdungspunkt liegt also stets ein Spannungsknoten. An der Antennenspitze aber kann der Strom nicht mehr weiterfließen, die Spannung staut sich dort zum Bauch an.

Die Energie, welche im geschlossenen Schwingungskreis aufgewendet werden muß, um die Antenne zum Mitschwingen zu veranlassen, darf nun besonders gering sein, wenn die Frequenz im geschlossenen Kreis dieselbe ist wie die Lieblingsschwingungszahl des offenen Strahlkreises. Herrscht eine solche Übereinstimmung, so wird bei gegebener Grundenergie eine besonders große Reichweite erzielt. Man wird also danach streben, die elektrischen Vorgänge in dem primären oder Erregerkreis, wie wir den geschlossenen Kreis fortab nennen wollen, denen im sekundären Antennenkreis anzugleichen.

Wir wollen versuchen, uns die Dinge, die hier wichtig sind, wiederum durch Beispiele aus dem Mechanischen zu veranschaulichen.

Wenn man eine Schaukel in kräftige Bewegung setzen will, so kommt man ganz von selbst dazu, sie in bestimmtem Rhythmus anzustoßen. Man wartet nämlich mit der Erteilung eines neuen Anstoßes stets, bis die auf den Stoßenden zueilende Schaukel gerade im Begriff ist, ihre Bewegung von selbst wieder umzukehren. Der neue Stoß unterstützt und verstärkt jetzt die Eigenschwingung der Anordnung. Würde man vorher zustoßen, also zu einer Zeit, in der die Schaukel in der Richtung gegen den Stoß noch nicht



32.
Schwingender
Stahldraht

ausgeschwungen ist, so müßte man erst den Rest der ihr innewohnenden Energie vernichten, also einen Teil der Stoßkraft zum Bremsen benutzen; deren fördernde Wirkung würde also vermindert.

Wer einen Baum durch ein an den Wipfel gebundenes Seil umreißen will, wird gleichfalls den fördersamsten Rhythmus suchen, und dieser entspricht wieder der Eigenschwingung des Baums. In allen Heeren der Erde besteht das Geheiß, daß Brücken von den Truppen nur in aufgelöstem Tritt, niemals im Gleichschritt betreten werden dürfen. Denn es besteht die Gefahr, daß der Rhythmus des Gleichschritts zufällig mit der Eigenschwingungszahl der Brücke übereinstimmen könnte; alsdann würde diese Schwingung zu so hoher Amplitude, also zu so starker Wirkung gebracht werden, daß die Brücke in die Gefahr käme einzustürzen.

Dieser eigenartige Vorgang wird in der Physik und in der Technik Resonanz, d. h. Mittönen genannt, weil er zuerst im akustischen Bereich beobachtet worden ist. Wird eine Stimmgabel angestoßen, so erklingt eine zweite in der Nähe befindliche alsbald mit, wenn sie so gebaut ist, daß sie, selbst angeschlagen, den gleichen Ton abgeben würde. Die von der ersten Stimmgabel ausgehenden Schwingungen stoßen die Luft im gleichen Rhythmus an. Die Stöße gelangen zur zweiten Stimmgabel, verursachen in dieser erst ein leises Vibrieren, das aber immer stärker wird, weil jeder neue Stoß stets genau beim Beginn der Rückschwingung eintrifft. Die zuerst geringen Bewegungen an der zweiten Stimmgabel werden hierdurch bis zur lauten Tonabgabe emporgeschaukelt.

Verstimmt man aber die zweite Gabel, etwa durch Anbringen eines kleinen Gewichts an der Spitze, so tritt kein Mittönen ein. Die Übertragung versagt, weil die von der ersten Gabel herkommenden Luftstöße nicht mehr im günstigsten Augenblick ankommen und darum zum Teil bremsend wirken; es ist keine Resonanz mehr vorhanden.

Wird in einem Raum, in dem sich ein Klavier befindet, eine Stimmgabel angeschlagen, so klingt die gleichgestimmte Saite mit, die anderen aber bleiben stumm, weil ihre Eigenschwingungen nicht in Resonanz mit der Eigenschwingung der Stimmgabel stehen. Diese Beispiele zeigen klar, daß eine besonders günstige Wirkung entstehen wird, wenn zwei gekoppelte elektrische Systeme in Resonanz miteinander sind, wenn die Eigenschwingungen beider übereinstimmen.

Es ist also wichtig, dafür zu sorgen, daß nach dem ersten Einschalten des Entladungsfunkens und damit nach dem Beginn der ersten Schwingung im Primärkreis und infolge der Koppelung auch im Sekundärkreis der Beginn der zweiten Schwingung im Primärkreis gerade dann eintritt, wenn die Antenne von selbst die zweite

Schwingung anfängt. Diese wird alsdann, gerade wie die Bewegung der Schaukel bei richtigem Verhalten des Anstoßenden, verstärkt, und im weiteren Verlauf des Vorgangs werden die Schwingungen im Sekundärkreis zu immer höherer Amplitude, zu immer größerer Wirkungsfähigkeit emporgeschaukelt.

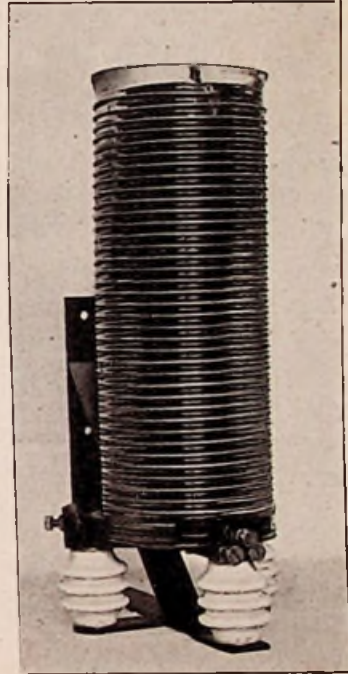
Resonanz zwischen den beiden Senderkreisen bringt hohen Vorteil, die gleiche Übereinstimmung muß aber auch zwischen der Sende- und der Empfangsantenne herrschen.

Die hinausgestrahlten Ätherwellen, deren Länge durch die Frequenz in der Sendeantenne bestimmt wird, eilen durch den Raum auf den Empfänger zu. Da sie sich überallhin ausbreiten, ferner in Leitungen, Bäumen, Häusern, auf die sie treffen, Wechselströme erzeugen, wird die ihnen innewohnende Energie mehr und mehr geschwächt; nur ein Bruchteil der Ursprungsenergie kommt zum Empfänger. In dessen Antenne aber wächst die Wirkungsfähigkeit der Ätherwellen plötzlich wieder hoch an, weil sie Gelegenheit finden, in einem gleichgestimmten System zu schwingen. Es ist gerade so, als wenn ein Kraftwagen, der sich lange durch schweren Sandboden geschleppt hat, plötzlich wieder auf die glatte Landstraße gelangt.

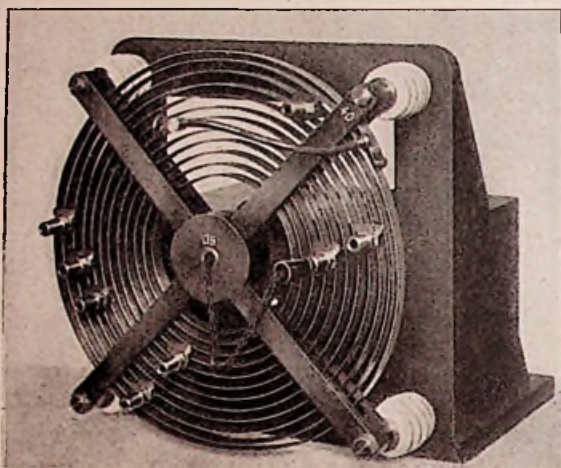
Hertz hätte mit seinem einfachen ringförmigen Empfänger (Seite 37)

niemals die schwache Energie nachweisen können, die sein Sender strahlte, wenn er nicht beide Vorrichtungen in Resonanz miteinander gebracht hätte. Daher nannte er den Ring auch Resonator.

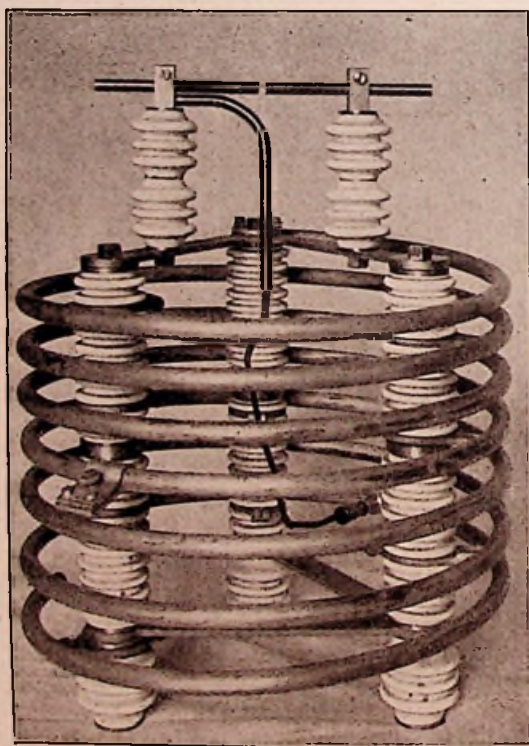
Es ist selbstverständlich, daß in unserer Braun-Anordnung auch der Fritterkreis im Empfänger mit dem Antennenkreis, an den er gekoppelt ist, in Resonanz gebracht werden muß. Und so sehen wir, daß die gesamte Vorrichtung nur dann zu starker Wirkung kommt, wenn dreimalige Abstimmung stattgefunden hat, wenn Resonanz hergestellt ist zwischen Erregerkreis und Sendeantenne, zwischen Sendeluftdraht und Empfangsluftdraht, zwischen Empfangsantenne und Empfangskreis, d. h. wenn alle vier Kreise in Resonanz miteinander sind.



33. Selbstinduktionsspulen
a. Aus Runddraht



33. Selbstinduktionsspulen
b. Aus Kupferband mit Anzapfungen



33. Selbstinduktionsspulen
c. Aus Kupferrolir

Einschwingungs-
fähiges elektri-
sches System auf
ein zweites abstim-
men, heißt aber
nichts anderes, als
dessen Frequenz
oder Wellenlänge
durch Veränderung
von Kapazität oder
Selbstinduktion
oder dieser beiden
Charaktereigen-
schaften so ein-
stellen, daß beide
Systeme die glei-
che Schwingung
haben. Wird die
Selbstinduktion ver-
größert, so wächst die
Wellenlänge. Eine
Erhöhung der Kapa-
zität, also Vergröße-
rung der Oberfläche
des eingeschalteten
Kondensators, hat
dieselbe Wirkung.

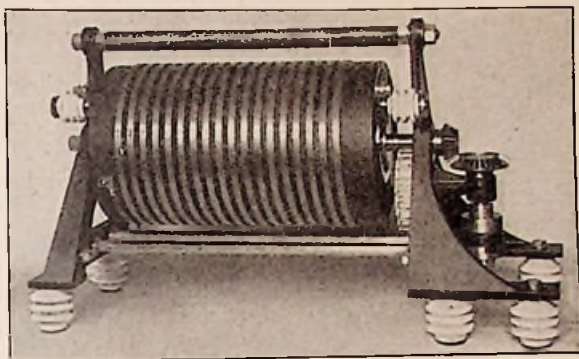
Es sei hierzu be-
merkt, daß in die
Antenne ein Konden-
sator eingeschaltet
werden kann, ohne
daß die Schwingungs-
fähigkeit des Systems
dadurch vermindert
wird. Denn die Schwin-
gungen sind ja nichts
anderes als Wechsel-
ströme, und diese
gehen, wie wir wissen,
durch das Dielektri-
kum des Kondensa-
tors störungsfrei hin-
durch.

Damit funktelegraphische Sender und Empfänger auf verschiedene Wellenlängen eingestellt werden können und zur Herbeiführung der Resonanz zwischen den Einzelkreisen benutzt man veränderliche Selbstinduktionsspulen und einstellbare

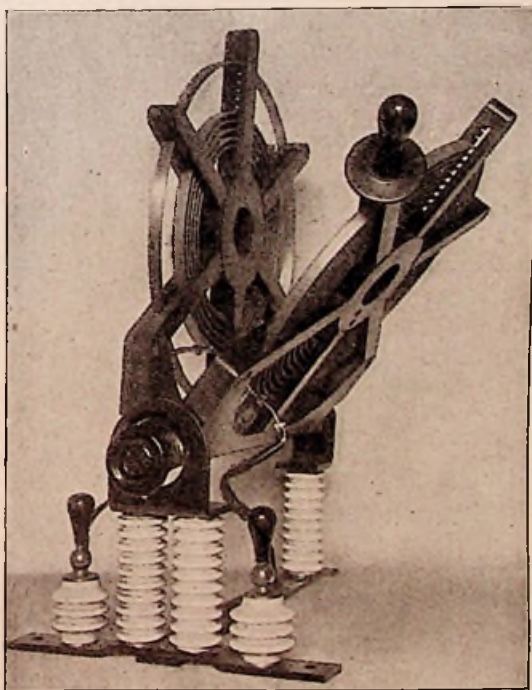
Kondensatoren. Gewöhnlich erfolgt die Grobeinregelung durch Veränderung der Selbstinduktion und darauf die Feinabstimmung durch Abgleichen der Kapazität.

Die Selbstinduktionsspulen kleiner Stationen sind aus gewöhnlichem isolierten dicken Kupferdraht gewickelt. Wenn aber größere Leistungen hindurch gehen sollen, so verwendet man spiralgewickelte Kupferbänder von rechteckigem Querschnitt oder Kupferrohre. Denn die Bänder und noch weit mehr die Rohre haben eine größere Oberfläche im Verhältnis zu ihrer Masse als Runddrähte, und die hochfrequenten Schwingungen, die in der drahtlosen Telegraphie angewendet werden, breiten sich hauptsächlich an der Oberfläche der Leiter aus.

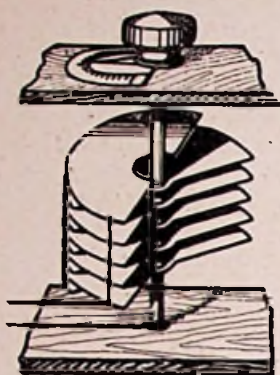
Dort wo man mit sprungweiser Veränderlichkeit des Selbstinduktionsgrads aus-



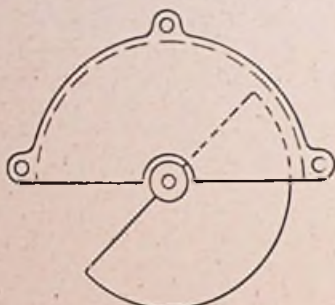
33. Selbstinduktionsspulen
d. Kupferbandwalze



33. Selbstinduktionsspulen
e. Schwenkbare Spulen



31. Drehkondensator
a. Schematische Darstellung



34. Drehkondensator
b. Der feste und der drehbare Teil
von oben gesehen

bar angeordnet ist. Die festen Platten sind leitend miteinander verbunden, die beweglichen ebenfalls. Diese letzten können vollständig in die Spalte zwischen den festen Platten hineingedreht und auch vollständig hinausbewegt werden, so daß die Gesamtheit der Platten, von oben angesehen, dann eine Kreisfläche bedeckt.

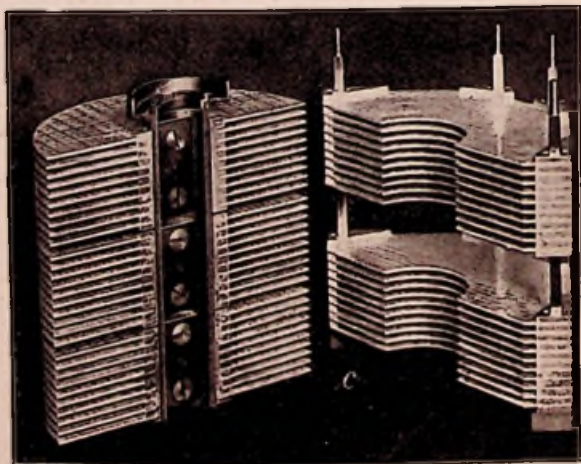
kommt, genügt es, eine lange Spule anzuwenden, die mit mehreren leitenden Anzapfungen versehen ist (Bild 33b). In diese kann alsdann ein Stöpsel mit leitender Schnur wechselnd gesteckt werden. Besser sind jedoch Spulen mit stetig veränderlicher Selbstinduktion, die in einfachster Weise durch einen über blanke Windungen gleitenden Kontakt hervorgerufen werden kann.

Ein auf der Photographie nicht sichtbares Gleitstück wandert beim Drehen der Walze auf Bild 33 d über das spiralige Kupferband.

Häufig angewendet sind veränderliche Selbstinduktionen oder Variometer von der Form, die wir auf Bild 33 e sehen. Die Kupferbandspulen sind schwenkbar und können einander genähert oder von einander entfernt werden.

Zur Veränderung der Kapazität steht der Drehkondensator zur Verfügung. Dieser wurde von Koepsel in die drahtlose Technik eingeführt und wird überall verwendet.

Die Vorrichtung besteht aus einer größeren Zahl halbkreisförmiger Platten, von denen die eine Hälfte fest, die andere dreh-



34. Drehkondensator
c. Rechts feste, links drehbare Platten

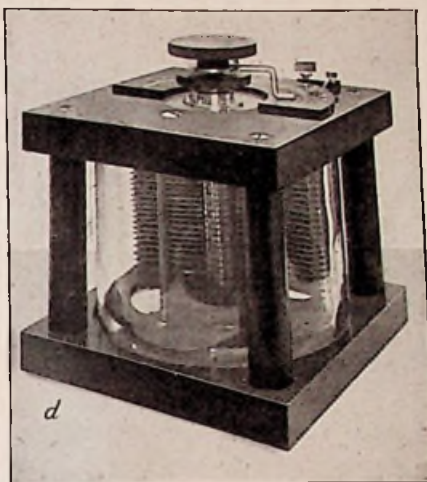
Die Gesamtheit der Platten stellt eine Kondensator-Batterie dar, in der die festen Platten die eine Belegungsreihe, die beweglichen die andere Belegungsreihe bilden. Das Dielektrikum ist für gewöhnlich Luft. Nicht selten wird der Drehkondensator aber auch in ein Glasgefäß gesetzt, in das Öl gegossen ist; dieses bildet nun, zwischen die Platten laufend, das Dielektrikum.

Die Kapazität des Drehkondensators ist am größten, wenn die beweglichen Platten ganz eingedreht sind, am kleinsten, wenn sich kein Teil von ihnen zwischen den festen Platten befindet. Dazwischen sind beliebig viele verschiedene Einstellungsgrade möglich. Ein Zeiger, der an dem Drehknopf angebracht ist, weist auf einer Skala den Kapazitätsgrad.

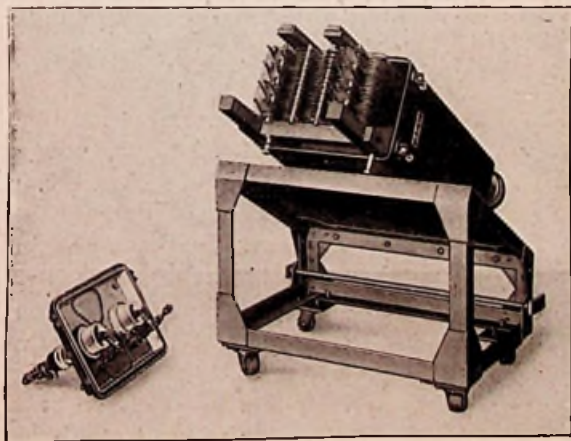
Als Kondensatoren mit unveränderlicher Kapazität wurden in der Jugendzeit der drahtlosen Telegraphie große Leidener Flaschen verwendet. Heute sind auch für diesen Zweck ausschließlich plattenförmige Apparate im Gebrauch, die aus Glasplatten mit Zinkbelegungen bestehen. Sie lassen sich bequemer unterbringen und fortbewegen, da sie leicht in eiserne Kasten gestellt werden können. Eingegossenes Öl vermindert das Sprühen, das bei hohen Lade-

spannungen leicht an den Kanten der Belegungen auftritt und Energieverlust bedeutet.

Denken wir uns die beiden Spulen im Empfänger auf Bild 31 mit je einem Gleitschieber ausgerüstet, wie ihn der Luftdraht im Sender besitzt, so ist Abstimmung möglich. Empfänger solcher Art



34. Drehkondensator
d. Ansicht eines Apparats im Ölgefäß



35. Kondensator-Batterie in Eisenkasten mit abgenommenem Deckel

sprechen selbstverständlich besonders stark auf die vom zugehörigen Sender ankommenden Wellen an. Durch Sende-Einrichtungen, die nicht auf sie abgestimmt sind, werden sie sehr viel weniger, bei größerem Verstimmungsgrad gar nicht angeregt. Die Resonanz schafft also auch die Möglichkeit, daß mehrere Stationen gleichzeitig in demselben Äther arbeiten können, ohne daß sie einander beeinflussen.

Ferdinand Braun, der zugleich mit der Vergrößerung der Kapazität auch den Gedanken der Abstimmung gekoppelter Kreise in die drahtlose Technik einführte, hat darum das Verdienst, die ersten Apparate mit Störungsabwehr geschaffen zu haben.

Die nach seiner Angabe gebauten Sender würden sicher noch heute bei kleinen Stationen angewendet werden, wenn sie nicht einen Fehler besäßen, der ihnen längst den Garaus gemacht hat. Die Technik ist undankbar und muß undankbar sein; sie darf nicht aus einem sentimentalen Gefühl der Pietät heraus das Alte nur deshalb ehren, weil es das Alte ist, sobald etwas Neues vorwärtsweisend auftritt.

Der Empfänger kann nur dann scharf auf Resonanz eingestellt sein, wenn vom Sender stets die gleiche Wellenlänge hinüberstrahlt. Verändert sich die ausgesendete Wellenlänge häufig, so kann die Abstimmung nur unklar sein, und ein Teil der ankommenden Energie geht verloren. Bei der Braunschen Senderschaltung ist nun aber gerade die Abgabe nur Einer Wellenlänge nicht möglich. Es werden fortgesetzt zwei Wellen erzeugt, deren Frequenzen recht beträchtliche Verschiedenheit voneinander haben. Und das geschieht aus folgendem Grund.

Durch die Koppelung wirkt der Erregerkreis auf den Antennenkreis, indem er ihn anstößt. Es tritt aber auch die umgekehrte Einwirkung auf. Durch die Abgabe seiner Energie an die Antenne leert sich der Erregerkreis. Sobald der Entladungsfunke erlischt, ist die gesamte Energie im Erregerkreis, die von einmaliger Aufladung des Kondensators durch die Stromquelle herrührt, auf die Antenne übergegangen. In dem offenen Kreis ist jetzt der Energiebesitz am größten, da die Antenne noch längst nicht Zeit gehabt hat, die ganze in sie hineingepumpte Energie auszustrahlen. Folglich muß nun die in der Antenne noch schwingende Energie über die Koppelung hinweg auf den Erregerkreis rückwirken und diesen, der schon zur Ruhe gekommen war, von neuem zu Schwingungen veranlassen.

Man denke sich zur Veranschaulichung des Vorgangs zwei gleichgebaute Boote, die in geringer Entfernung voneinander auf einer zunächst ruhigen Wasseroberfläche liegen. Boot 1 möge den Erregerkreis, Boot 2 den Antennenkreis veranschaulichen. Es fällt

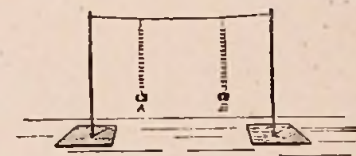
nun dem Insassen des ersten Boots ein, das Fahrzeug durch kurzen Anstoß zum Schaukeln zu bringen. Er erzeugt hierdurch Wellen auf der Wasseroberfläche, die das Boot 2 allmählich gleichfalls zum Schwingen veranlassen. Die Koppelung durch den Äther ist hier durch das bewegte Wasser ersetzt. Die Energie, mit welcher der Insasse von Boot 1 sein Fahrzeug zum Schaukeln brachte, geht alsbald auf das durch den gleichen Bau ja gut abgestimmte Boot 2 über.

Boot 1 kommt durch diese Energieabgabe zur Ruhe, aber Boot 2 schwingt trotzdem weiter und gibt nun Energie an das Boot 1 zurück. Dieses wird zu neuen Schwingungen veranlaßt und stößt auch Boot 2 wieder an. Durch die Reibung der Wasserteilchen aneinander und sonstige Verluste wird der Pendelvorgang schließlich beendet, bis der Insasse von Boot 1 durch einen zweiten Schaukelstoß von neuem Energie in das System hineingibt.

Sind zwei genau gleich gebaute Federpendel dadurch miteinander gekoppelt, daß sie an einer dünnen Schnur hängen, so kann man den wechselseitigen Energieaustausch in dem System bequem mit den Augen verfolgen. Versetzt man A in Schwingung, indem man das Gewicht hinunterzieht, so beginnt B allmählich zu schwingen. Die Bewegungen von A werden immer kürzer, die von B wachsen, und in dem Augenblick, in dem A zur Ruhe kommt, nachdem es die ganze ihm innewohnende Energie an B abgegeben hat, macht B die stärksten Schwingungsausschläge. Diese übertragen sich alsbald wieder auf A, B kommt zur Ruhe und wird von neuem, wenn auch schwächer, durch A angestoßen. Die Energie pendelt mehrere Male zwischen A und B hin und her, bis sie aufgezehrt ist.

Genau das gleiche geschieht auch mit der elektrischen Energie in den beiden gekoppelten Kreisen. Die Energie, die aus dem Erregerkreis stammt, geht, soweit sie nicht inzwischen von der Antenne ausgestrahlt ist, in den Erregerkreis zurück, nachdem dessen treibende Kraft nachgelassen hat.

Man sollte nun meinen, daß auch durch diese gegenseitige Beeinflussung zweier ganz genau aufeinander abgestimmter Kreise immer nur eine einzige Wellenlänge, nämlich die eingestellte, erzeugt werden könne. Bei genauer Betrachtung der Vorgänge in der Koppelung ergibt sich aber, daß in jedem kleinsten Zeitaugenblick immer eines der beiden schwingungsfähigen Systeme das andere beschleunigt, während es selbst im gleichen Augenblick durch das andere in seiner Schwingungsbewegung gebremst wird. Dies hat zur Folge, daß die Grundschiwingung, auf die beide Systeme ursprünglich abgestimmt waren, verschwindet und an ihre Stelle zwei



36. Gekoppelte Federpendel

Schwingungsarten treten, von denen die eine um so viel schneller als die Grundschiwingung ist, wie die andere langsamer als die Grundschiwingung vor sich geht.

Die Empfangsantenne kann unmöglich scharfe Einstellung für die beiden verschiedenen Wellenlängen haben. Soll möglichst viel von der durch den Braun-Sender erzeugten zweiwelligen Energie eingefangen werden, so muß der Luftdraht am Empfänger auf eine mittlere, unscharfe Abstimmung eingestellt werden. Er ist gezwungen, Hinneigung zu beiden Wellenlängen zu zeigen, wodurch er sich, gleich einem Menschen, der verschiedenen Herren dienen will, zwischen zwei Stühle setzt.

Die Unentschiedenheit der Abstimmung ist Ursache eines sehr bedeutenden Energieverlustes. Es wächst ferner aber auch die Möglichkeit der Störung durch fremde Sendestellen. Der Unterschied der beiden Wellenlängen wird freilich immer geringer, je loser man die Koppelung zwischen Erregerkreis und Antennenkreis einstellt. Bei ganz loser Koppelung im Sender tritt beinahe vollständige Einwelligkeit auf. Aber jetzt wird nur noch ein ganz geringer Teil der Grundenergie, die den Kondensator ladet, in Schwingungsenergie verwandelt, weil die Verbindung zwischen Erregerkreis und Antennenkreis sehr ungünstig geworden ist. Stellt man sich die elektrische Energie als Wasser vor, so ist es, als habe man den Verbindungsschlauch zwischen Erregerkreis und Antennenkreis allmählich bis auf einen ganz schmalen Durchlaß zugeedrückt.

Der nächste Schritt der Funktechnik mußte also die Schaffung eines Senders sein, der bei gutem Wirkungsgrad der Koppelung stets einwellige Strahlung erzeugt. Die Lösung dieser Aufgabe wurde durch die Arbeiten von Professor Max Wien in Jena ermöglicht.

11. Die tönenden Löschfunken

Wien ist nach Hertz und Braun der dritte Deutsche, der bei der Aufrichtung des Riesengebäudes der drahtlosen Telegraphie als Baumeister an entscheidender Stelle mitgewirkt hat. Sein Gedanke führte nach den Schöpfungen von Marconi und Braun den dritten großen Abschnitt in der Geschichte der Äthertelegraphie herauf. Die Sende-Anordnung nach Wien in der Ausführungsform, welche die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie ihr gegeben hat, ist der älteste noch heute gebrauchte Wellenerzeuger.

Die Rückwirkung der Antenne auf den Erregerkreis kann nur dann stattfinden, wenn der Luftspalt der Funkenstrecke auch nach Erlöschen des Funkens noch eine Zeitlang leitend bleibt. Der Funke selbst ist tot, sobald der ganze Inhalt der Kondensatorladung auf die Antenne übergegangen ist, in dem Augenblick also, in dem sich in der Antenne die Höchstladung befindet. Wenn der Luftspalt unmittelbar darauf seine Leitfähigkeit verliert, kann ein Rückanstoß des Erregerkreises nicht stattfinden, weil dieser ja jetzt unterbrochen, also gar kein Kreis mehr ist. Zur Neuzündung des Funkens reicht die Antennenenergie nicht aus. Der Luftdraht wird in einem solchen Fall seinen ganzen Energie-Inhalt ausstrahlen, da der Rückweg über die Koppelung versperrt ist.

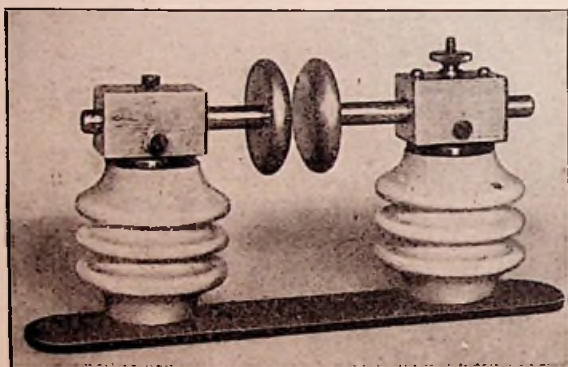
Wien zeigte im Jahre 1906 den sicheren Weg, wie eine schnell leitungsunfähig werdende Funkenstrecke zu schaffen und damit die Zweiwelligkeit zu vermeiden sei.



37. Max Wien

Die Funkenstrecke des Braun-Senders hatte einen Luftspalt, der mehrere Zentimeter lang war. Den Elektroden gab man nicht mehr die Form von Kugeln, sondern gestaltete sie zu Pilzen oder Ringen aus, damit der Funke Gelegenheit hatte, an wechselnden Stellen überzuschlagen. Hierdurch wurde eine zu hohe Erwärmung des Elektrodenmaterials vermieden, die durch den Übergang der sehr bedeutenden Energiemengen an immer gleicher Stelle hätte entstehen müssen.

Bei der Wien-Anordnung aber, durch deren Ausbildung die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie die Führung an sich riß, ist der weite Luftspalt in zahlreiche, ganz schmale Zwischenräume von nicht mehr als $\frac{1}{5}$ Millimeter Breite zerlegt; diese dünnen Spalte werden äußerst geschwind leitungsunfähig. Warum dies geschehen muß,



38. Pilz-Funkenstrecke

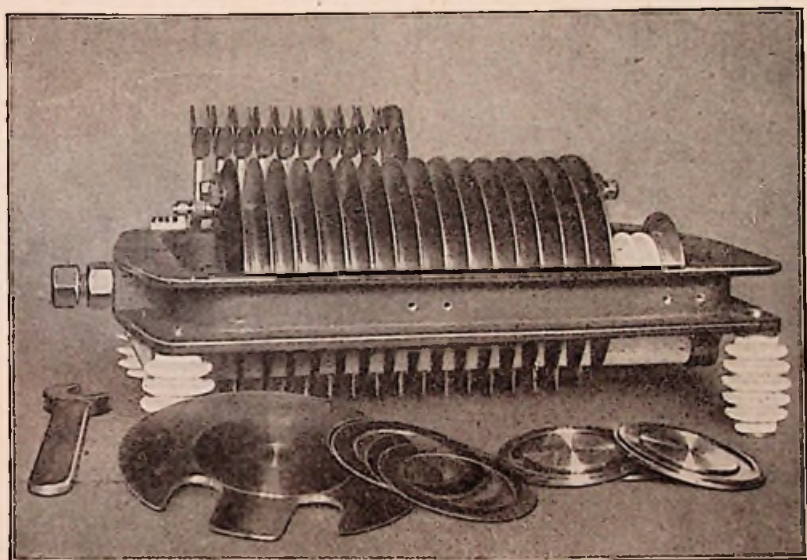
wird uns sogleich klar werden, wenn wir jetzt nachhelfend forschen, wie denn ein Funkenüberschlag überhaupt zustande kommt.

Die Elektroden zu beiden Seiten des Luftspalts werden aufgeladen. Es bildet sich ein immer größerer

Spannungsunterschied zwischen ihnen aus. In der trennenden Luftstrecke befinden sich stets zahlreiche Ionen, das sind, wie wir von Seite 23 her wissen, Luftteilchen, die durch Abspaltung von Ladungspartikelchen aus neutralen Atomen zu geladenen Körpern geworden sind. Unter dem Einfluß der Spannung werden die positiven Ionen mit sehr großer Geschwindigkeit zur negativ geladenen, die negativen Ionen zur positiv geladenen Elektrode gezogen. Bei diesem Geschwindmarsch prallen sie fortwährend gegen neutrale Atome, die sie durch Zerschmetterung gleichfalls in Ionen verwandeln; zugleich stoßen auch die erwärmten Elektroden Ionen aus. Es bildet sich also in dem Luftspalt eine immer kräftiger werdende Brücke von Ionen, die eine Leitungsbahn darstellt. Sobald diese genügende elektrische Tragfähigkeit erlangt hat, geht die Elektrizität über die Brücke in Form eines Funkens über. Die leuchtende Erscheinung entsteht durch Erhitzung der Luftteilchen und der Dämpfe, in welche die äußersten feinsten Teilchen der Elektroden verwandelt werden.

Nach dem Abklingen des Funkens bleibt die Leitungsfähigkeit der Luftstrecke bestehen, bis die Ionenbrücke abgebrochen ist. Dies geschieht dadurch, daß die entladenen Elektroden, wie jeder ungeladene Körper, die Ionen in den benachbarten Schichten in sich hineinsaugen, und indem weiter die mehr in der Mitte des Luftspalts liegenden, entgegengesetzt geladenen Ionen einander neutralisieren. Diese zweite Art der Entionisierung geht aber sehr viel langsamer vor sich als die erste.

Bestehen an Stelle des einen langen Luftspalts viele ganz kurze, so vermögen die Elektroden, sobald sie nach dem Erlöschen des



39. Funkenstrecken nach Wien
Unten rechts Elektroden, in der Mitte Glimmerringe, links Kühlplatte

Funkens entladen sind, weit kräftiger entionisierend zu wirken, besonders wenn sie einander breite Flächen zukehren, da sie dann in äußerst kurzer Zeit alle Ionen in sich hineinsaugen. Wird weiter dafür gesorgt, daß die Elektroden möglichst kalt bleiben, so ist schon von vornherein die Zahl der beim Funkenübergang sich bildenden Ionen geringer, so daß die leitende Brücke nicht übermäßig stark wird. Gekühlte kurze Funkenstrecken sind praktisch sogleich nach dem Abklingen des Funkens ionenfrei und daher leitungsunfähig. Sie gestatten nicht mehr, daß die Antennen-Energie in den Erregerkreis zurückflutet.

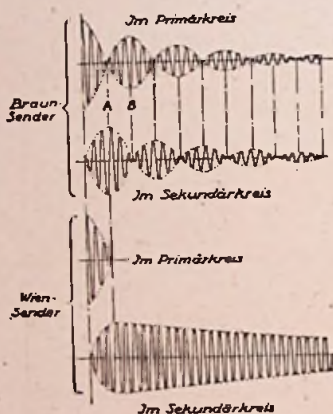
Eine einzelne Wiensche Funkenstrecke besteht aus zwei runden Kupferscheiben (rechts unten auf Bild 39), deren dem Luftspalt zugekehrte Flächen mit Silber belegt sind. Ein zwischengelegter Glimmer-

ring von $\frac{1}{5}$ Millimeter Stärke hält sie in richtigem Abstand voneinander. An diese eigentlichen Elektroden sind große Kupferscheiben gelegt, die rasche Wärmeausstrahlung verursachen. Um diese Wirkung zu erhöhen, werden die Kühleisbeiben noch mit einem kalten Luftstrom angeblasen, der von einem untergesetzten Ventilator herkommt. Je nach der Stärke der im Sender zu verarbeitenden Energie wird eine kleinere oder größere Zahl solcher mit Kühleisbeiben ausgerüsteten Funkenstrecken aneinander gesetzt. Die Funkenbildung erfolgt in den sämtlichen kleinen Luftspalten zugleich und zwar stets in dem Augenblick, in dem der von der Stromquelle erzeugte Wechselstrom sein positives oder negatives Maximum erreicht. Während der Übergang in der breiten Pilzfunkens

strecke stark knallend vor sich geht, weshalb die Erscheinung auch Knallfunken genannt wird, vernimmt man hier nur ein leise zischendes Geräusch.

Wenn wir die Schwingungsvorgänge im Braun- und im Wien-Sender betrachten, so ergeben sich die in Bild 40 gezeichneten Kurven.

Während im Erreger- oder Primärkreis des Braun-Senders die von der Entladung des Kondensators herrührende Energie in mehreren Schwingungen abklingt, wird die Antennenenergie hochgeschaukelt. Sie hat ihr Maximum im Zeitpunkt A, in dem der erregende Funke erlischt. Hierauf



40. Schwingungsvorgang
im Braun- und im Wien-Sender

pendelt die Antennen-Energie, so weit sie nicht ausgestrahlt ist, in den Antennenkreis zurück; die Antenne ist leer, wenn die Energie im Erregerkreis ihr zweites, kleineres Maximum erreicht hat (Punkt B). Das Spiel wiederholt sich so lange, bis die Ionenbrücke in der breiten Funkenstrecke verschwunden ist, oder die Antenne durch Strahlung so viel Energie verloren hat, daß sie die brüchig gewordene Ionenbrücke nicht mehr überschreiten kann.

Ganz anderes geschieht im Wien-Sender. Bis zum Punkt A gleichen die Vorgänge einander. Die Kondensator-Energie geht in die Antenne und bringt die Schwingungen darin zum Maximum. Unmittelbar darauf aber ist der Erreger- oder Primärkreis durch die Entionisierung der schmalen Funkenstrecken unterbrochen, die Antenne muß ihre ganze Energie durch Strahlung ausgeben. Diese Strahlung ist unbedingt einwellig, da die Antenne, die ja nun ganz selbständig dasteht, ausschließlich in ihrer Eigenfrequenz ausschwingt.

Wir sehen zugleich noch einen zweiten Vorteil. Die Dämpfung der Antennenschwingung ist jetzt sehr viel geringer, da die nutzlose Energieabgabe über die Koppelung hinweg fällt. Eine bestimmte, von der Stromquelle entnommene Energiemenge, die den Kondensator aufladet, ergibt hier sehr viel mehr Schwingungsenergie als beim Braun-Sender. Während sich dort nur etwa 20% der Ursprungsenergie in Schwingungsenergie verwandeln, werden hier 50 bis 70% zur Ätheranregung umgearbeitet.

Da der Erregerkreis bei der Wienschen Anordnung die alleinige Aufgabe hat, den Antennenkreis anzustoßen, worauf dieser nur noch Eigenschwingungen ausführt, wird der Erregerkreis hier auch Stoßkreis genannt.

Der Nutzen, den die neue Senderbauart bringt, ist aber mit dem Gesagten nicht erschöpft. Die Einwelligkeit, woraus schärfste Abstimmungsmöglichkeit beim Empfänger folgt, und die bessere Energieausnutzung vergrößerten die Reichweite wiederum bedeutend. Der Abstand der empfangenden Stelle vom Wien-Sender darf jedoch noch bedeutend weiter sein, als es durch diese beiden Wirkungen allein möglich wäre, weil die Verbesserungen im Sender auch eine wichtige Vervollkommenung im Empfänger verursachen.

Aus Gründen, die wir im nächsten Abschnitt besprechen werden, ist der Apparat, durch den die ankommenden Ätherschwingungen den menschlichen Sinnen wahrnehmbar gemacht werden, beim Gebrauch der Wien-Anordnung stets ein Telephon. Die Morsezeichen werden abgehört, sie werden dem Ohr kund, indem sie die Schallplatte des Telephons in kürzer oder länger dauernde Erschütterungen versetzen. Der Ton, der hierbei hörbar wird, ist abhängig von der Zahl der Schwingungen, welche die Telephonmembran in der Sekunde macht.

Legt man das Telephon eines Empfängers, der mit einem Braun-Sender in Verbindung steht, ans Ohr, so vernimmt man ein knarrendes oder brummendes Geräusch. Es entsteht dadurch, daß im Braun-Sender nicht mehr als 100 Schwingungsserien in der Sekunde erzeugt werden können, so daß die Schallplatte des Telephons auch nur 100 mal in der Sekunde angestoßen wird. Dieser Ton wird von unserem Ohr als dumpfes Geräusch empfunden.

Die Funkenfolge 100 kann im Braun-Sender nicht überschritten werden, weil die weite Funkenstrecke wegen der langsamen Entionisierung nach dem ersten Einsetzen jedes Funkens $\frac{1}{100}$ Sekunde lang leitend bleibt. Während dieser Zeit ist es nicht möglich, den Kondensator neu aufzuladen. Denn so lange der leitende Luftspalt vorhanden ist, schließt er, wie aus Bild 26 Seite 51 leicht zu erkennen ist, die beiden Pole der Stromquelle kurz. Die dem Erregerkreis zugeführte Energie gleicht sich einfach über die Funkenstrecke hinweg aus. Darum hat es gar keinen Zweck, hier eine Maschine an-

zuwenden, die einen Wechselstrom von mehr als 50 Schwingungen, das sind 100 Maxima in der Sekunde, liefert.

Die Funkenstrecke nach Wien ist aber bereits nach weniger als $\frac{1}{1000}$ Sekunde leitungsunfähig. Darum darf man zur Speisung des jüngeren Senders mit sehr gutem Nutzen eine Wechselstrom-Maschine mit der Frequenz 500 anwenden, die den Kondensator 1000 mal in der Sekunde ladet. Die Zahl der im Empfangstelephon nunmehr ankommenden Stromstöße beträgt ebenfalls 1000 in der Sekunde. Jetzt gibt die Schallplatte nicht mehr ein Geräusch, sondern einen schönen, musikalischen Ton ab. Da der Kammerton *a* der eingestrichenen Oktave bei 435 Schwingungen in der Sekunde entsteht, so können wir folgern, daß das Empfangstelephon, auf das ein Wien-Sender einwirkt, einen recht hohen Ton erklingen läßt. Dieser ist noch bei so geringer Amplitude deutlich hörbar, bei der das schwingungsärmere Geräusch die Hörwerkzeuge nicht mehr anzuregen vermag.

Aber es kommt noch ein anderes fördersam hinzu. Beim Horchen am Telephon irgendeiner drahtlosen Empfangsstelle, vernimmt man zu jeder Zeit, also auch wenn gar nicht gesendet wird, ein dunkles Brodeln. Es entsteht durch die elektrische Unruhe in dem Teil der Atmosphäre, der sich in der Nähe der Empfangsantenne befindet. Da der Braun-Sender nur ein ähnliches Geräusch hervorzurufen vermag, so ist dies stets in Gefahr, von den ganz ähnlichen Nebengeräuschen so stark übertönt zu werden, daß es vom Ohr nicht mehr wahrgenommen wird. Den musikalischen Ton aber liest das Trommelfell sehr sorgfältig aus dem Brodeln heraus. Er bleibt hörbar, auch wenn er ganz leise ist.

Der vom Wien-Sender gespeiste Empfänger darf also in Entfernungen hinausgerückt werden, in welche die Sende-Energie nur noch sehr schwach einstrahlt. So konnte es mit dieser Anordnung gelingen, den Ozean drahtlos zu überbrücken.

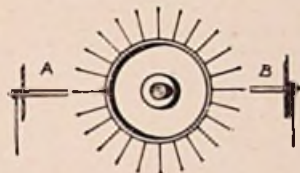
Vor der Wienschen Funkenstrecke auf Bild 39 liegen neben den beiden Elektroden einige Glimmerringe, durch deren Zwischenlagerung die Luftspalte gebildet werden. Da der Entladungsvorgang innerhalb der Glimmerringe vor sich geht, also von der Außenwelt abgetrennt ist, so nennt man diese Anordnung geschlossene Funkenstrecke. Wird der Luftspalt aber durch eingelegte Glimmerscheiben gebildet, die den Rand der Elektroden freilassen, da sie geringeren Durchmesser haben als diese, so spricht man von offenen Funkenstrecken. Deren Entladung ist von außen her zu beobachten. Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie verwendet ausschließlich geschlossene Funkenstrecken.

Auf dem Bild treten weiter die großen Kühlplatten deutlich hervor. Sie sind mit ihren Ausschnitten auf wagerechte Porzellanstützen

geschoben, die dem Ganzen einen Halt geben. Die links angebrachte Druckschraube, auf die ein Schlüssel gesetzt werden kann, hält die Einzelteile zusammen. Braucht man, weil die Reichweite geringer sein darf, in bestimmtem Fall eine kleinere Anzahl von Funkenstrecken, so können die übrigen abgeschaltet werden, indem man federnde, metallene Kurzschließer hineinsteckt. Mehrere von diesen sieht man im linken Teil des Bildes auf drehbaren Haltern angebracht.

Die ausgesendete Energie nimmt mit dem Quadrat der abgeschalteten Funkenstreckenzahl ab. Drei Funkenstrecken ergeben in der Antenne nicht die Hälfte, sondern nur ein Viertel der bei Anwendung von sechs Funkenstrecken auftretenden Energie.

Die Marconi-Gesellschaft in England verwendet vielfach statt der ruhenden Funkenstrecken eine bewegliche Einrichtung. Der Grundgedanke dieser Anordnung ist, die rasche Löschung der Leitfähigkeit im Luftspalt nicht durch elektrische Einwirkung auf einen schmalen Zwischenraum, sondern auf mechanischem Weg hervorzurufen.



41. Marconis Rad-Funkenstrecke

Die Marconi-Anordnung besitzt als Hauptteil ein Rad aus Metall, an das mehrere leitende Vorsprünge gesetzt sind. Sobald zwei der Vorsprünge den geringsten Abstand von den festen Elektroden A und B des Stoßkreises haben, entstehen zwei Funken, die sehr geschwind abreißen, da der Luftspalt durch die Drehung des Rads alsbald für den Durchschlag zu groß wird. Die Rotation der Vorsprünge bewirkt zugleich eine vorzügliche Kühlung. Im Empfangstelephon ist der trompetenartige „Marconi-Ton“ sehr deutlich von dem Gesang zu unterscheiden, der durch Sender mit feststehenden Funkenstrecken hervorgerufen wird.

Da mit der Wien-Anordnung zwei Hauptvorgänge von gleich hervorragender Wichtigkeit verbunden sind, nämlich das rasche Löschen der Leitfähigkeit in der Funkenstrecke und die Herbeiführung des tönenden Empfangs, so ist die Senderbauart hiernach benannt worden. Tönende Löschfunken ist der Name, mit dem die Schöpfung Wiens sich überall eingebürgert hat. Man verwendet sie nach wie vor in kleineren Sendestellen, insbesondere sind fast sämtliche Schiffe auch jetzt noch damit ausgerüstet.

12. Die Detektoren

Indes die Sende-Einrichtungen in der geschilderten Art zu weitreichenden Wirkungsmöglichkeiten entwickelt wurden, rückte auch auf der Empfangsseite die zur Überwindung des Raums aufgestellte Kampffront immer kühner vor.

Bereits in dem Zeitabschnitt, als drüben die Braun-Schaltung noch herrschend war, hatte hüben der älteste Wellenanzeiger, der Fritter, sein Dasein beschlossen. Es war kund geworden, daß dieses elektrische Auge, das der Menschheit zuerst einen Blick in die Tiefen des Ätherwellen-Ozeans ermöglicht hatte, mit allzu vielen Gebrechen behaftet war, ja nahezu als blind bezeichnet werden mußte. Wäre es nicht möglich gewesen, den Fritter durch etwas Besseres zu ersetzen, so hätte die Fortentwicklung der drahtlosen Telegraphie mit einem sehr primitiven Zustand abschließen müssen.

Der aus Metallpulver bestehende Wellenanzeiger hatte die wenig erfreuliche Eigenschaft, auf ankommende Wellenzüge oft nicht anzusprechen, während er häufig leitend wurde, wenn gar kein Sender zu seiner Beeinflussung arbeitete. Denn die elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre wirkten sehr heftig auf den Fritter ein. Ferne Gewitter brachten, was nach Popoffs Erfahrungen nicht erstaunlich ist, die seltsamsten Verwirrungen in den Zeichen auf dem Morsepapierstreifen hervor. Die älteren Funktelegraphisten denken heute nur noch mit Entsetzen an die Zeit zurück, in der sie mit der Frittröhre arbeiten mußten, denn diese zeigte schlimmere Launen als eine Primadonna. Oft genug haben die Funker damals dies Gerät verwünscht, das sie doch nicht entbehren konnten.

Neben seiner Unzuverlässigkeit hatte der Branlysche Wellenanzeiger die weitere Untugend, nur auf Ätherschwingungen mit sehr erheblicher Amplitude anzusprechen. Es nützte nichts, die Zahl der Impulse, die in der Sekunde von der Sendeantenne ausgingen, zu steigern; der Fritter empfand nur die Kraft der Einzelschwingung, und wenn diese nicht ausreichte, ihn anzuregen, so blieb er Nichtleiter, der das Morserelais untätig liegen ließ. Waren die Körner aber einmal unter dem Einfluß der Ätherschwingungen. gefrített, so dauerte es eine

für funktelegraphische Apparate außerordentlich lange Zeit, bis die Leitfähigkeit wieder verschwand.

Denn hierzu war es notwendig, daß der entfrittende Klopfer mindestens Einen Schlag tat, und dafür brauchte dieses schwerfällige Gerät $\frac{1}{20}$ Sekunde. Die langsame Funkenfolge im Braun-Sender, bei dem 100 Kondensator-Entladungen in der Sekunde vor sich gingen, war also für diesen Empfänger bereits zu viel. Die Steigerung auf 1000 sekundliche Entladungen und die hierdurch gekennzeichnete bessere Formung und Ausnutzung der Sende-Energie, die der Wien-Sender brachte, hätten bei der Weiterverwendung der alten Empfangsart gar keinen Zweck gehabt.

So mußte der Fritter sterben, als bessere und empfindlichere Wellenanzeiger an seine Stelle gesetzt werden konnten. Seiner tückischen Natur entsprechend schied er jedoch nicht, ohne eine bössartige Rache zu üben. In den Tartarus hinabsteigend, vertrieb er die Funktelegraphisten aus glücklichen Gefilden, in die sie erst heute, nach mehr als $1\frac{1}{2}$ Jahrzehnten, zögernden Schritts wieder einziehen können.

Der Fritter war ein Relais. Mit seiner Hilfe vermochte man beliebig starke Stromquellen, die am Empfangsort aufgestellt waren, zur Wirkung zu bringen. Auf diese Art war es nicht schwer, die gewichtigen Teile eines schreibenden Telegraphenapparats in Bewegung setzen zu lassen. Alle unmittelbaren Nachfolger des Fritters entbehren dieser Relaiswirkung. Bei ihrer Anwendung muß die in der Empfangsantenne ankommende Wellenenergie selbst die von den menschlichen Sinnen wahrnehmbare Wirkung im Empfänger hervorrufen. Die auf solche Weise zur Verfügung stehende Kraftäußerung ist so gering, daß schreibende Apparate nicht mehr in Tätigkeit gesetzt werden können. Man mußte eine leichter bewegliche Vorrichtung zur Umsetzung der Ätherschwingungen in solche Impulse suchen, die auf unsere Sinne wirken. Als geeignetes Gerät hierfür fand man das Telephon.

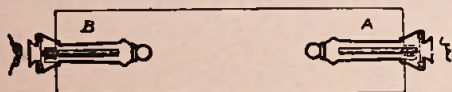
Mit dem Hingang des Fritters hörte die schriftliche Aufzeichnung der ankommenden Äthertelegramme auf, und es entfiel damit ihre dokumentarische Festlegung. Da das geistige Beharrungsvermögen der Menschen sehr stark ausgebildet ist, so erhob sich sogleich ein allgemeines Wehgeschrei. Die meisten sahen die Funktelegraphie bereits als erledigt an. Insbesondere die Militärbehörden, in deren Bereich damals die neue Telegraphiemethode am weitaus häufigsten angewendet wurde, sträubten sich gegen die weitere Verwendung einer Fernmeldeart, die nicht mehr gestatten wollte, die Arbeit des mit der Aufnahme Betrauten jederzeit nachzuprüfen.

Der Hörempfang hat sich trotzdem durchgesetzt. Nach gar nicht langer Zeit zeigte es sich, daß die Aufnahme der Zeichen durch

das Telephon ebenso zuverlässige Ergebnisse lieferte wie das selbsttätige Niederschreiben. Heute ist der Hörempfang im Bereich der drahtlosen Telegraphie etwas Selbstverständliches, niemand empfindet ihn mehr als einen Mangel, wenn auch die seit kurzem neu gebotene Möglichkeit, zu schreibendem Empfang zurückzukehren, gern genutzt wird.

Die Schallplatte des Telephons ist ein körperliches Gebilde, das ganz besonders leicht durch elektromagnetische Einwirkung zu Bewegungen veranlaßt werden kann. Es ist notwendig, daß wir den Telephonapparat genau kennenlernen, und das geschieht am besten, indem wir ganz kurz die ersten Abschnitte seiner Entwicklung betrachten.

Der Fernsprecher wurde im Jahre 1875 von Graham Bell erfunden. Es scheint sicher, daß sich der Amerikaner hierbei an einen Apparat anlehnte, der einige Jahre früher von dem deutschen Lehrer Philipp Reis aus Gelnhausen gebaut worden war.



42. Einfachste Anordnung für Draht-Telephonie
Apparate nach Bell

Es gibt keinen zweiten technischen Gegenstand, der machtvollste und im höchsten Grad bewundernswerte Wirkung

durch eine so einfache Bauart erreicht wie der Fernsprecher nach Bell. Sender und Empfänger sind ganz gleich ausgerüstet, so daß die Apparathälften in beliebiger Abwechslung zum Sprechen und Hören benutzt werden können. In jedem von ihnen befindet sich nichts als ein Dauermagnet in Form eines stählernen Stabs, eine darumgelegte Drahtwicklung und ein in kurzem Abstand vorgesetztes dünnes Eisenblech, die Schallplatte oder Membran, die den Anker des Magneten bildet. Die Enden der beiden Drahtwicklungen sind durch die zwei Drähte der Fernleitung verbunden.

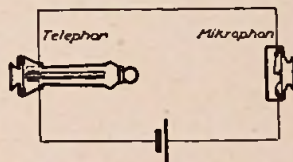
Spricht man gegen die Schallplatte bei A, so wird diese durch die entstehende Luftbewegung in Schwingungen versetzt. Das fortwährende Nähern und Entfernen des Ankers bringt entsprechende Änderungen in dem Kraftlinienfeld hervor, das den Stahlmagneten umgibt. Dementsprechend entstehen in der umgelegten Spule Stromstöße, die über die Fernleitung zu dem anderen Stahlmagneten gelangen. Sie ändern dessen magnetische Intensität, indem sie diese bald stärken, bald schwächen, und die Folge ist, daß die Ankerschallplatte bei B ebenfalls in Schwingungen gerät.

Es ist nun eine sehr erstaunliche Tatsache, daß bei diesem Vorgang zunächst die Eisenplatte in A, und unter ihrem Einfluß dann auch die Membran in B die gleichen Schwingungen ausführen, wie sie vom Kehlkopf des sprechenden Menschen in der Luft erzeugt werden. Obgleich diese Impulse sehr komplizierte Formen haben,

machen die immerhin doch recht steifen Eisenbleche alle Bewegungen mit ausreichender Genauigkeit mit. Die Luft wird also bei *B* in die gleichen Schwingungen versetzt, wie die Luft vor *A* sie ausführt, und so hört ein in die Nähe der Platte von *B* gebrachtes Ohr das, was auf die Platte in *A* gesprochen wird. Jederzeit kann der Vorgang umgekehrt werden, indem bei *B* gesprochen, bei *A* abgehört wird.

Große Entfernungen können freilich mit einem Fernsprechgerät der eben geschilderten Art nicht überwunden werden. Wir wären außerstande, heute von Berlin nach Paris, ja auch nur nach Hannover zu sprechen, wenn keine Fortentwicklung stattgefunden hätte.

Der Stahlmagnet auf der Sprechseite der Bell-Apparatur ist sowohl Änderer der Stromstärke wie Stromerzeuger. Er kann aber nur sehr schwache Ströme hervorbringen, weshalb auch die von den Schallwellen erzeugten elektrischen Schwankungen, welche die Leitung durchlaufen, nur geringe Amplituden haben. Um diese zu verstärken, mußte dafür gesorgt werden, daß ein kräftigerer Grundstrom für die Änderungen zur Verfügung stand. Diese Möglichkeit schuf im Jahre 1878 der in London geborene, aber in Amerika lebende Professor David Edwin Hughes, der auch den ersten Drucktelegraphen erfunden hat.

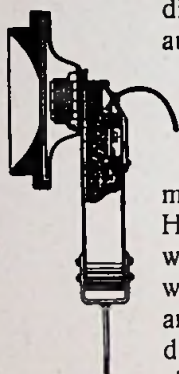


43. Draht-Telephonie-Anordnung mit Mikrophon

Bei der Anordnung nach Hughes haben die Sprech- und die Empfangsseite verschiedenartige Ausbildung; sie sind nicht mehr austauschbar. Solange der Apparatsatz benutzt wird, fließt darin ständig der Strom einer galvanischen Batterie. Er verleiht dem Magneten auf der unverändert gebliebenen Empfangsseite einen gewissen Grad der Magnetisierung. Auf der Sprechseite ist ein loser Kontakt angebracht, dessen wirkende Teile zum Beispiel eine dünne Kohleplatte und ein leicht dagegen federnder Kohlestift sind. Das eine Ende der Fernleitung ist mit der Platte, das andere mit dem Stift verbunden.

Die Empfangsmembran ist unbewegt, solange die Intensität des Batteriestroms nicht verändert wird, was im Ruhezustand der Fall ist. Spricht man aber gegen die Kohleschallplatte rechts, so erfährt der Übergangswiderstand in dem losen Kontakt durch die Schwingungen der Platte zahlreiche Änderungen, da die Membran bald kräftiger an den Stift gedrückt wird, bald diesem nur ganz leicht anliegt. Hierdurch werden entsprechende Stromschwankungen erzeugt, die wiederum Änderungen der magnetischen Kraft des Stahlstabs links verursachen. Die Platte links schwingt auch jetzt genau so wie die Platte rechts, doch sind die Amplituden ihrer Ausschläge nun bedeutend stärker als vorher, da ein kräftigerer Strom zum Schwanken gebracht ist.

Durch die Erfindung von Hughes ist der Fernsprecher erst ein weitreichender Apparat geworden. Das Sprechgerät wird Mikrophon, das Hörgerät Telephon genannt; freilich hat der Sprachgebrauch diese zweite Bezeichnung auf die Gesamtanordnung ausgedehnt. Wir wollen aber festhalten, daß ein Telephon im technischen Sinn stets ein Stahlmagnet mit umgelegter Drahtspule und eisernem, plattenförmigen Anker ist.



44. Telephon-
hörer
nach Siemens
Stahlmagnet
mit aufgesetzten
Polschuhen

Eine Verbesserung des Telephons schuf Werner Siemens, indem er den stabförmigen Magneten zu einem Hufeisen zusammenbog, an dessen freie Enden er weiche Eisenstücke setzte. Auf jeden dieser Polschuhe wird nun eine Spule geschoben, und da bei dieser Bauart zwei Magnetpole vor der Schallplatte stehen, werden deren Ausschläge bei gleicher Stromintensität weiter verstärkt. Es gehören sehr geringe elektrische Kraftäußerungen dazu, um die dünne Schallplatte in dem Telephon nach Siemens zum Schwanken zu bringen.

Weiter ist es dann noch gelungen, dem Magneten die Form eines schwächtigen Rings zu geben, sodaß der Stiel am Hörgehäuse fortfallen konnte. Es hat nun die Gestalt einer einfachen runden Dose.

Im drahtlosen Empfänger, solange dieser als Telegraphenapparat dient, hat die Schallplatte des angeschlossenen Telephons gar nicht die schwere Aufgabe, den verwickelten Sprechschwingungen zu folgen. Sie soll nur kurze und lange Tonfolgen immer gleicher Art von sich geben, um so die Zeichen des Morse-Alphabets auszudrücken. Solange die Taste im Sender niedergedrückt ist, solange also Ätherwellen von der Sendeantenne zur Empfangsantenne gehen, soll die Schallplatte tönen, in den Zwischenräumen muß sie schweigen. Ein Fernsprecher ist das Telephon in diesem Bereich also nicht, sondern nur ein Tongeber.

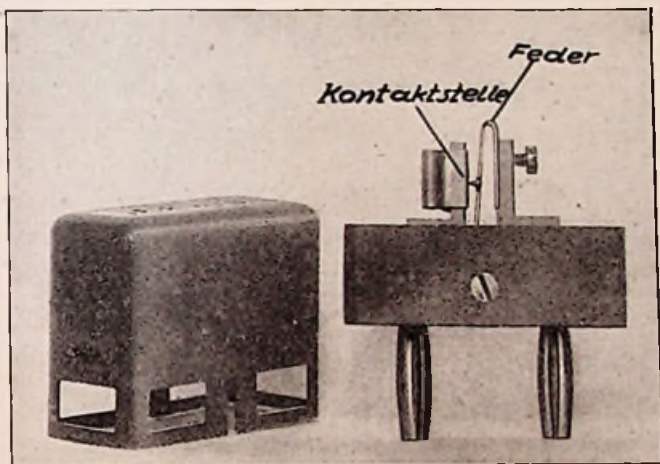
Wir erinnern uns, weshalb das Telephon an die Stelle des Schreibtelegraphen gesetzt werden mußte: weil eben seine Schallplatte durch viel geringere Energien in Bewegung gesetzt werden kann als der



45. Telegraphist mit Empfangsgerät
Am linken Ohr des Telegraphisten ein Dosen-
hörer; das rechte Ohr ist durch eine Stoff-
platte, die am Ende des federnden Kopfbügels
befestigt ist, gegen Fremdgeräusch geschützt

Hebel des Morse-Apparats oder, genauer gesagt, als die Zunge des Relais im Fritterkreis, durch die der Morse-Apparat gesteuert wurde. Es scheint nun auf den ersten Blick, daß bei angeschaltetem Telephon ein eigentlicher Wellenanzeiger überhaupt nicht mehr nötig sei, weil die in der Empfangsantenne ankommenden Ätherschwingungen in dieser ja geradeso Stromschwankungen erzeugen wie das erschütterte Mikrophon im Fernsprechkreis. Aber es besteht denn doch ein sehr erheblicher Unterschied zwischen den beiden Vorgängen.

Der beim Sprechen vom Mikrophon beeinflusste Strom macht 100 bis 10 000 Schwingungen in der Sekunde. Die Schwingungen in der

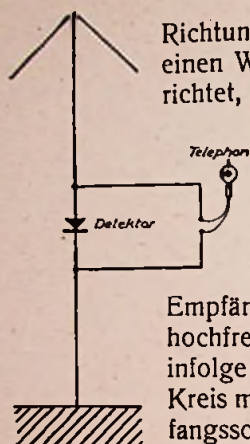


46. Kontakt-Detektor, geöffnet

Empfangsantenne aber pendeln 100 000—400 000 mal in der Sekunde hin und her. Diesem Geschwindantrieb vermag die Schallplatte des Telephons, die ja doch ein mit Masse begabter Körper ist, nicht zu folgen. Und wäre dies auch der Fall, dann würde das ans Telephon gelegte Ohr doch nichts vernehmen, da Schwingungen, die eine so hohe Frequenz haben, weit oberhalb des hörbaren Bereichs liegen.

Wir brauchen also nach wie vor einen Wellenanzeiger, dessen Aufgabe es ist, die in der Empfangsantenne ankommenden Hochfrequenzschwingungen in niederfrequente Schwankungen umzuwandeln. Das tun in ausgezeichnete Weise die Detektoren, deren Name von dem lateinischen Wort *detegere* = entdecken abgeleitet ist. Auch sie sind sehr einfache Apparate mit vorzüglicher Wirkung.

Wenn eine metallene Spitze in leichtem Druck, also ohne feste Vereinigung, gegen ein Mineral bestimmter Art, z. B. Bleiglanz, Kupferkies, Pyrit, Molybdän, gelegt wird, so zeigt sich die seltsame Tatsache, daß die Berührungsstelle den Strom immer nur in Einer

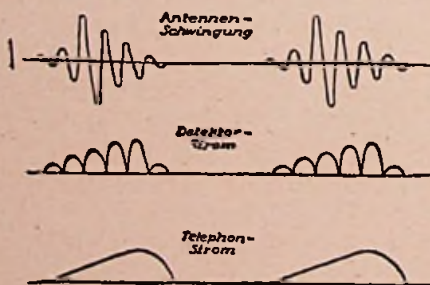


47. Empfangs-
anordnung mit
Detektor
(praktisch nicht
verwendbar)

Richtung durchläßt. Schaltet man die Vorrichtung in einen Wechselstromkreis, so wird der Strom gleichgerichtet, indem z. B. die negativen Schwingungen abgedrosselt und nur die positiv gerichteten durchgelassen werden. Die Wirkung gleicht der eines Pumpenventils, das ja ebenfalls das Wasser nur in Einer Richtung durchströmen läßt.

Die Ventil- oder Kontaktdetektoren werden heute in den von Löschfunktensendern beeinflussten Empfängern ausschließlich angewendet. Sie speisen, wenn hochfrequente Schwingungen durch sie hindurchgehen, infolge ihrer Gleichrichterwirkung den angeschlossenen Kreis mit Gleichstrom. Bild 47 zeigt die einfachste Empfangsschaltung mit Kontaktdetektor und Telephon, die zwar ausführbar ist, aber wegen ihrer sehr schlechten Wirkung in der Praxis nicht angewendet werden kann. Ihre Darstellung soll hier nur dazu dienen, das Verständnis der Vorgänge zu erleichtern.

Solange die Taste im Sender niedergedrückt ist, treten in der Empfangsantenne Schwingungsserien mit hoher Frequenz auf (Reihe 1 auf Bild 48). Jede Serie ist die Folge einer einzelnen Kondensator-entladung im Erregerkreis des Senders, die ja in vielfachen Schwingungen stattfindet. Der Kontaktdetektor läßt beim Einsetzen der Schwingung zuerst nur einen äußerst schwachen Gleichstrom in den Telephonkreis treten, denn der Übergangswiderstand an der Berührungsstelle zwischen der Metallspitze und dem Mineral bleibt zunächst sehr hoch. Jedes Metall ist, wie der Physiker weiß, solange es sich in Luft befindet, stets mit einer äußerst feinen Wasserhaut überzogen. Sie ist es, die durch ihren Widerstand die Stromstärke zunächst drosselt. Erst nachdem unter dem Einfluß des Stromdurchgangs eine elektrolytische Zersetzung der Wasserhaut stattgefunden hat, kann die Stromstärke anwachsen. Sobald die Schwingungen, die auf den Detektor wirken, aufhören, bildet sich die Zersetzung äußerst rasch zurück, und der Widerstand der Berührungsstelle ist nach ganz kurzer Zeit so groß wie zuvor.



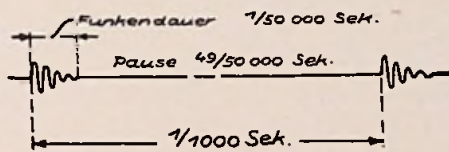
48. Wie der Detektor das Empfangstelephon speist

Jede ganze Schwingungsreihe, die in der Antenne auftritt, sie möge so vielfach unterteilt sein, wie sie will, ist Ursache, daß die Schallplatte im Telephon eine einzige Bewegung macht. Der Detektor

ist zwar die Quelle eines schwingenden Gleichstroms (Reihe 2 auf Bild 48), und dieser gelangt auch in die Spule des Telephons, aber die Schallplatte nimmt die vielen Teilschwingungen nicht wahr, sondern fühlt nur ein einziges Auf und Ab der einwirkenden Kraft, einen einzigen Gleichstromstoß (Reihe 3 auf Bild 48).

Wenn die eine Schwingungsserie abgeklungen ist, so dauert es eine Weile, bis die nächste einsetzt. Sie muß von neuem den Widerstand des Wasserhäutchens durch Elektrolyse brechen und verursacht daher die Absendung eines zweiten anschwellenden Stromstoßes in das Telephon. Der Ton, den die Schallplatte erzeugt, ist also ausschließlich abhängig von der Zahl der Schwingungsserien, die während einer Sekunde im Sender hervorgerufen werden und in der Empfangsantenne eintreffen.

Da im Braun-Sender, wie wir wissen, wegen des langsamen Erlöschens der Leitfähigkeit in der Funkenstrecke nur 100 Kondensator-entladungen in der Sekunde stattfinden können, so gibt bei Anwendung dieses Senders das Telephon im Empfänger den Ton 100 von sich, d. h. den Ton, den unser Ohr empfindet, wenn 100 Luftstöße in der Sekunde auf das Trommelfell treffen. Dieser Ton ist dumpf, ohne musikalische Färbung, geräuschartig.



49. Funkenfolge beim Braun-Sender
Die Pause dauert 49mal länger als der Funke

Im Wien-Sender aber mit seinen schnell löschenden Funkenstrecken werden 1000 Kondensator-Entladungen in der Sekunde hervorgerufen. Es treffen also 1000 Schwingungsserien in der Sekunde in der Empfangsantenne ein; die Telephonmembran wird 1000mal in der Sekunde angestoßen, und es erklingt ein schöner, reiner, musikalischer Ton, dessen günstige Wirkung auf Seite 72 bereits dargetan wurde.

Daß der elektrolytische Vorgang im Detektor genügend Zeit hat, sich zwischen den einzelnen Funkenserien zurückzubilden, wird uns glaublicher erscheinen, wenn wir uns ein Bild von der im Löschfunkensender entstehenden Funkenfolge machen. Eine einzelne Kondensator-Entladung dauert beispielsweise $\frac{1}{50.000}$ Sekunde. Die nächste setzt erst ein, wenn nach dem Beginn der vorhergehenden $\frac{1}{1000}$ Sekunde verfloßen ist. Die Pause zwischen zwei Entladungen währt also $\frac{50}{50.000} - \frac{1}{50.000} = \frac{49}{50.000}$ Sekunde, d. h. der Sender schweigt zwischen zwei Entladungen 49mal so lange, wie er in Tätigkeit ist. Auf Bild 49 ist versucht, diesen Vorgang bildlich darzustellen. Die glatte Linie, welche die Pause andeutet, ist jedoch viel zu kurz; sie müßte in Wirklichkeit eine Länge von 29,4 Zentimetern haben.

Sehr wichtig ist, daß in den Detektoren die gesamte Schwingungsenergie zur Wirkung kommt, die in die Empfangsantenne gelangt, nicht bloß ein einziger Stoß wie beim Fritter. Es ist klar, daß der Übergangswiderstand zwischen der Metallspitze und dem Mineral gründlicher verringert wird, wenn die einzelne Schwingungsserie mehr Energie-Inhalt hat, als wenn sie weniger davon mitbringt. Der Kontaktdetektor wirkt also additiv. Er rechnet die während der Einzelserie auftretende Gesamtenergie zusammen, gerade wie die photographische Platte, die während einer längeren Zeit auftretende Lichtenergie zusammenfaßt, während unser Auge nur den Maximal-eindruck feststellt. Auch durch diese Additionskraft steht der Detektor als Wellenanzeiger hoch über dem Fritter.

Er ist weiter gegen luftelektrische Störungen weit weniger empfindlich als dieser. Die verwickelte Schaltung mit Hilfsbatterie und Relais fällt fort, ebenso die lange Zeitdauer der Unbereitschaft für neue Impulsaufnahmen, die der Auslöser verursacht. Der Detektor arbeitet so geschwind, wie man irgend will.

Es ist vielleicht gut, an dieser Stelle noch einmal zusammenzufassen, wie die Verständigung zwischen Sender und Empfänger beim Hörempfang zustande kommt.

Drückt der Telegraphist im Sender die Taste, welche dort die Stromquelle schließt, kurze Zeit nieder, so langen nur während kurzer Zeit Schwingungsserien in der Empfangsantenne an, das Telephon erhält nur während einer geringen Zeitdauer Stromstöße. Ein solches kurzes Ertönen des Telephons, das unter dem Einfluß des gleichen Senders stets den gleichen Ton von sich gibt, bedeutet einen Punkt des Morsealphabets. Wenn hierauf der Telegraphist die Taste längere Zeit niederdrückt, so kommen während längerer Zeit Schwingungsserien in der Empfangsantenne an, das Telephon tönt länger ohne Unterbrechung. Das bedeutet einen Strich. Auf diese Art kann jedes Morsezeichen übermittelt werden. Der Telegraphist auf der Empfangsseite, der das Telephon am Ohr hat, muß geübt genug sein, um Buchstaben, die ihm durch eine Folge von Tönen verschiedener Dauer übermittelt werden, sogleich niederschreiben zu können.

Die unmittelbare Einschaltung des Detektors in die Empfangsantenne gemäß Bild 47 kommt, wie bereits angedeutet, in der Praxis nicht vor, weil hierdurch die Schwingungen im Luftdraht arg gedämpft würden. Der Wellenanzeiger wird vielmehr stets in einen gekoppelten Kreis gelegt. Eine solche Anordnung sehen wir auf Bild 50. Die in der Antenne auftretenden Schwingungen übertragen sich durch die Koppelung auf den Detektorkreis, der einen festen Kondensator enthält. Parallel mit diesem ist das Empfangstelephon angelegt. Die Hochfrequenzschwingungen können den Detektor-

kreis durchpulsen; für sie ist der Kondensator nichts als ein Leitungsteil. Den Gleichstromstößen aber, die vom Detektor ausgehen, verriegelt der Kondensator den Weg durch den Kreis. Sie sind gezwungen, durch die Wicklungen des Telephons hindurch sich auszugleichen, wobei sie die gewünschte Tätigkeit, das Anstoßen der Schallplatte, ausüben. Hier ist also der Kondensator als Gleichstromriegel, als Blockierer tätig, weshalb er auch Blockkondensator genannt wird.

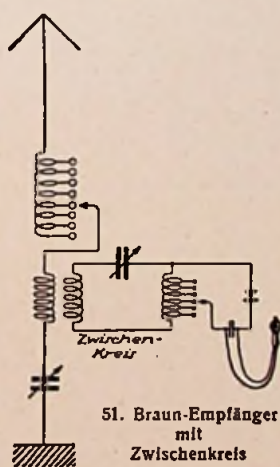
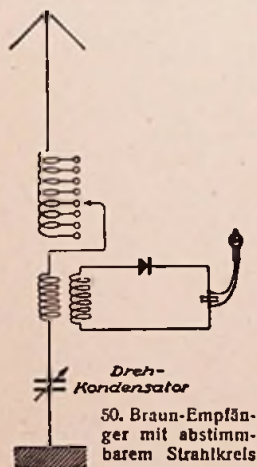
Zum erstenmal sehen wir in dieser Zeichnung die Antenne mit Abstimmungseinrichtungen versehen. Durch sprungweise veränderliche Selbstinduktion als Grobregulierung und Drehkondensator zur Feineinstellung kann sie aufs genaueste zum kräftigen Empfang der ankommenden Wellen abgestimmt werden.

Der Detektorkreis aber ist nicht regelbar. Es hätte keinen Zweck, ihm Abstimmungsorgane zu geben, weil der schlechte Kontakt an der Berührungsstelle der beiden Detektorteile eine so starke Dämpfung verursacht, daß der Kreis gar keine bevorzugte Eigenschwingung oder Eigenperiode ausprägen kann. Er spricht auf alle Wellenlängen in einem weiten Bereich gleichmäßig gut oder schlecht an. Ein solcher nicht abstimmbarer Kreis wird aperiodisch genannt.

Die Anordnung nach Bild 50 ist sehr nützlich als Suchschaltung, d. h. für solche Fälle, in denen die Wellenlänge des Senders, die vorläufig unbekannt ist, erst festgestellt werden muß. Hierfür genügt es, mit dem Telefon am Ohr die Platten des Kondensators in der Antenne so lange zu drehen, bis der stärkste Ton hörbar wird. Befindet sich der Empfänger aber in einem Bezirk, in dem Impulse mehrerer Sender mit verschiedenen Wellenlängen einstrahlen, so wirkt das aperiodische Verhalten des Detektorkreises ungünstig. Die Abstimmung des Antennenkreises allein verursacht keine genügende

Wellenauslese oder Selektion. Das Telefon spricht immer noch auf benachbarte Wellen ziemlich kräftig an, so daß von einer Störungsfreiheit nicht die Rede sein kann.

Es ist jetzt für den Telegraphisten sehr schwer, die Morsezeichen des Einen Senders, von dem er empfangen will, gegenüber den Zeichen anderer sender Stellen herauszuhören. Deshalb wird zur Erhöhung



der Störungsfreiheit noch ein abstimmbarer Zwischenkreis zwischen Antennen- und Detektor-kreis gelegt.

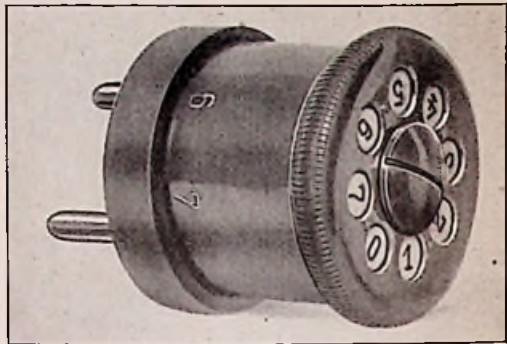
Die Schaltung mit Zwischenkreis auf Bild 51 ist ohne weiteres verständlich. Die Antenne hat ihre Abstimmungsorgane behalten; der Zwischenkreis besitzt ebenfalls einen Dreh-

kondensator. Mit ihm ist der Detektorkreis galvanisch gekoppelt; der Koppelungsgrad kann verändert werden. Der zwischengelegte Kreis wirkt als ein Wellensieb; er sondert noch einmal die willkommene Wellenlänge von den unerwünschten Eindringlingen. Besteht das Bedürfnis, die Selektion weiter zu steigern, so können zwei Zwischenkreise angewendet werden. Freilich wird die Empfangsanlage dadurch schwer bedienbar.

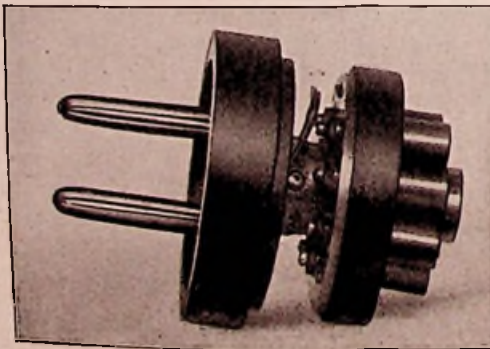
Der Bau eines Detektors ist sehr einfach. Auf einem isolierenden Sockel, der unten Metallstifte zum Anschließen des Geräts an die Leitungen trägt, befindet sich eine Bronzefeder mit angesetztem Stift (Bild 46). Die Spitze dieses Stifts legt sich gegen den Mineralbrocken. Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie verwendet in ihren Wellenanzeigern hauptsächlich Pyrit. Mittels einer Schraube kann der Druck an der Kontaktstelle verändert werden.

Aus Ursachen, die noch nicht genügend aufgeklärt sind, kommt es öfter vor, daß der Detektor plötzlich versagt, weil die Berührungsstelle am Mineral unbrauchbar geworden ist. Damit die Störung möglichst rasch beseitigt werden kann, ist der Mineral-

brocken verschiebbar, so daß schnell immer andere Stellen mit der Metallspitze in Kontakt gebracht werden können. Man bemerkt, daß es an jedem der benutzten Minerale bestimmte Stellen gibt, bei deren Berührung mit dem Stift die Detektorwirkung besonders kräftig wird. Warum nun



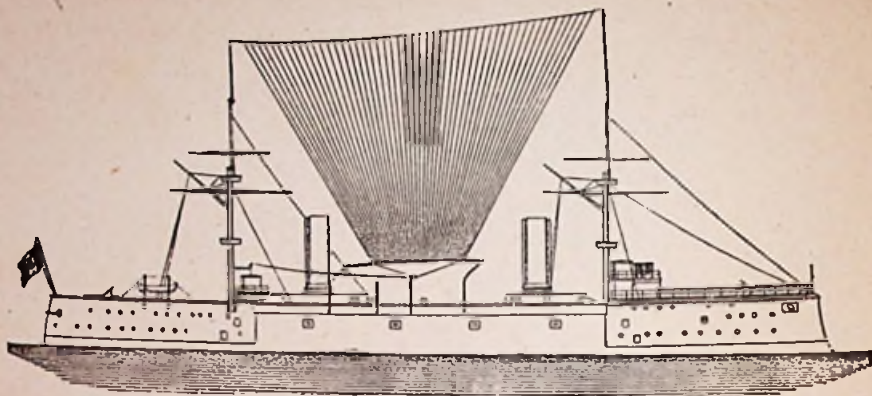
52a. Siebenteiliger Detektor mit Schutzdeckel



52b. Siebenteiliger Detektor ohne Schutzdeckel

gerade das Eine Kristall günstiger arbeitet als das andere, ist unbekannt.

Bei Einwirkung sehr starker Wellenenergie auf den Detektor kommen größere Zerstörungen an dem Mineral vor. Auf Bild 52 ist eine Vorrichtung dargestellt, in die sieben vollständig ausgebildete Detektoren eingelassen sind. Durch Drehen der Ebonitkappe können sie nacheinander eingeschaltet werden, so daß unter allen Umständen ein brauchbarer Wellenanzeiger zur Verfügung steht. Diese Einrichtung wirkt sehr wohltätig, wenn lange Telegramme empfangen werden, und durch irgendwelche bösen Einflüsse mehrere Detektorstörungen nacheinander sich ereignen. Müßte man erst jedesmal einen neuen Wellenanzeiger einstöpseln, so würden langdauernde Empfangspausen entstehen. Jetzt aber geht das Auswechseln nahezu ohne Zeitverlust vor sich, so daß der Telegrammtext lückenlos aufgenommen werden kann.



53. Harfen- oder Fächerantenne
(Aus Zenneck „Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie“)

13. Die Antennen

Unter den zahlreichen Problemen, die in der Funktechnik noch zu bearbeiten sind, ist eins der schwierigsten die wissenschaftliche Ergründung der besten Form des Luftdrahts für jeden Einzelfall. Für die Gestaltung, die dem offenen Strahlkreis am Sender zu geben ist, sind bisher keine allgemeingültigen Gesetze gefunden worden, und so kann man heute die mannigfachsten Formen der Sendantennen antreffen.

Anders ist es auf der Empfangsseite. Hier gelang es durch einen glücklichen Gedanken, eine besonders geeignete, räumlich kleine, sehr bequeme Bauform zu finden, die von der Funktechnik aller Länder angenommen worden ist. Drahtlose Stationen, die ausschließlich dem Empfang dienen, arbeiten heute überall mit kleinen Antennen, während die Sendestellen ihr äußerliches Gepräge durch die gewaltig ausgedehnten, hohen Luftdrahtanlagen erhalten. Die Sendevorrichtungen selbst und die Häuser, von denen sie umschlossen werden, sind meist verschwindend klein gegenüber den Luftdrahtgebilden. Wahrscheinlich wird es aber nicht allzulange dauern, bis auch hier eine Wandlung eintritt.

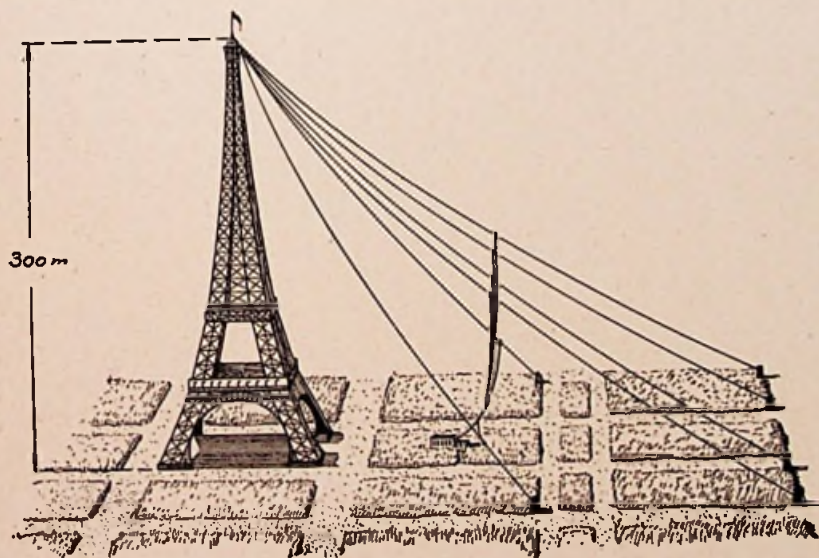
Erst nach Schrumpfung der Sendestrahlskreise wird die drahtlose Telegraphie ihren Namen wirklich verdienen. Denn vorläufig ist der Drahtverbrauch bei den Sendern noch außerordentlich groß. Die Antennen, die zu den heutigen Sendeanlagen gehören, müssen hoch emporgeführt werden und sehr umfangreich sein.

Die Steigerung der Reichweite durch starke Höhenentwicklung ist eine überall beobachtete Tatsache. Über die Ursachen dieser Wirkung

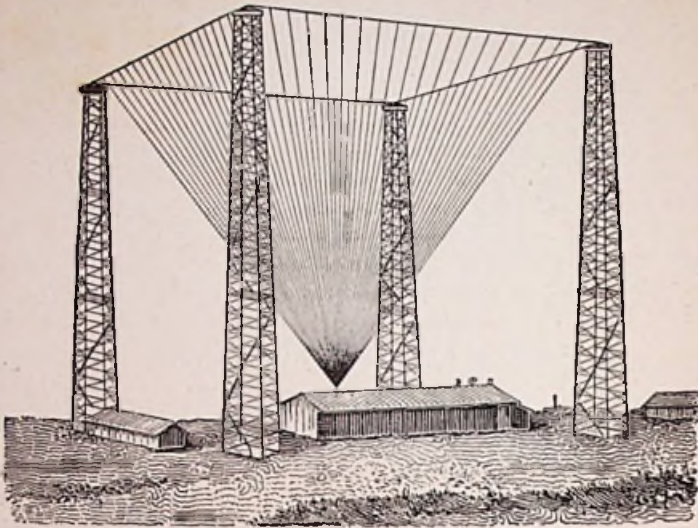
herrschen zahlreiche, sehr verschiedene Ansichten, so daß es an dieser Stelle nicht lohnend ist, darauf einzugehen. Zu großen Abmessungen zwingt die Notwendigkeit, in weitreichende Antennen sehr erhebliche Energiemengen hineinzuschicken. Durch bloße Erhöhung der Energie im Erregerkreis ist die Fernwirkung nicht zu steigern. Sobald nämlich die Kapazität des Luftleiters, seine elektrische Aufnahmefähigkeit, überstiegen wird, tritt das gefürchtete Sprühen ein. Die Energie wird dann zum Teil in einer für den beabsichtigten Zweck unwirksamen, toten Form weggegeben und nur der Rest, welcher der geringen Antennenkapazität entspricht, in Schwingungen umgesetzt.

Am besten wäre es, der gesamten Luftdrahtanlage nur senkrechte Ausdehnung zu geben. Man käme dann aber zu Stützbauten von mehreren Kilometern Höhe, die technisch nicht ausführbar sind. Die wirtschaftlichen Rücksichten ziehen noch engere Grenzen.

Das höchste Bauwerk, das Menschenhände je geschaffen haben, der Eiffelturm in Paris, ist 300 Meter hoch und hat $6\frac{1}{2}$ Millionen Franken gekostet. Freilich braucht kein Antennenträger so bedeutende Breite zu haben wie dieser eiserne Riese, auf dessen erster Plattform u. a. ein Theatersaal und ein Restaurant liegen. Immerhin erheischen die Last der Drähte und der bei heftigem Sturm auftretende einseitige Luftdruck kräftige Bauten, und die Errichtungskosten für diese wachsen mit der dritten Potenz der Höhe. Eine 200 Meter hohe Stütze kostet daher nicht das Doppelte wie ein Träger von 100 Metern Höhe, sondern das achtfache.



54. Antenne des Eiffelturms



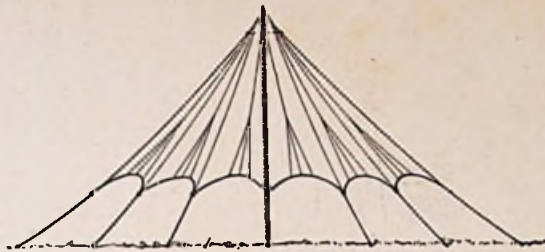
55. Kegelantenne. Frühere Anlage der englischen Großstation Poldhu
(Aus Zenneck „Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie“)

Es ist also nicht daran zu denken, Großstationen mit Antennen auszurüsten, die, über mehrere Stützen hinweg, auch nur 500 Meter hoch liegen, da die Ausgaben für eine solche Anlage die Wirtschaftlichkeit des Betriebs unmöglich machen würden. Da wäre es schon billiger, selbst für sehr weite Entfernungen Verbindungsdrähte auszulegen.

Die Grundform der Antenne ist der von Marconi benutzte einfache, senkrecht emporgeführte Strahldraht. Als man eingesehen hatte, daß seine Kapazität zu gering war, schritt man zunächst zu einer Vervielfachung. Es entstanden die Harfen- oder Fächerantennen, die aus zahlreichen Einzeldrähten zusammengesetzt sind. Eine solche Strahlanordnung besitzt heute noch der Eiffelturm. Die an seinem Fuß erbaute französische Hauptstation kann wegen der außerordentlichen Stützhöhe, die umsonst zur Verfügung stand, noch jetzt mit einem so einfachen Gebilde auskommen. Die Kegelantenne, mit der früher Marconis Großsendestelle Poldhu ausgerüstet war, ist als vierfache Harfenanordnung aufzufassen.

Unter den ausschließlich für funktelegraphische Zwecke errichteten Bauten nehmen heute die Stützen der Antenne von Nauen den ersten Platz ein. Aber selbst ihre Spitzenhöhe von 260 Metern zwang bereits zur Ausbildung einer Antenne mit verstärkter Endkapazität. Diese Bauform ist charakteristisch für die heutige Zeit; die Strahldrähte aller Großsendestellen, mit Ausnahme der Pariser, haben augenblicklich eine beträchtliche Höhenentwicklung mit anschließender seitlicher Ausbreitung der Drähte.

Zu den Luftleitern solcher Art gehört die Schirmantenne, die ihren Namen erhielt, weil die Seitendrähte von dem höchsten Punkt der Zuleitung gleich den Stangen eines aufgeklappten

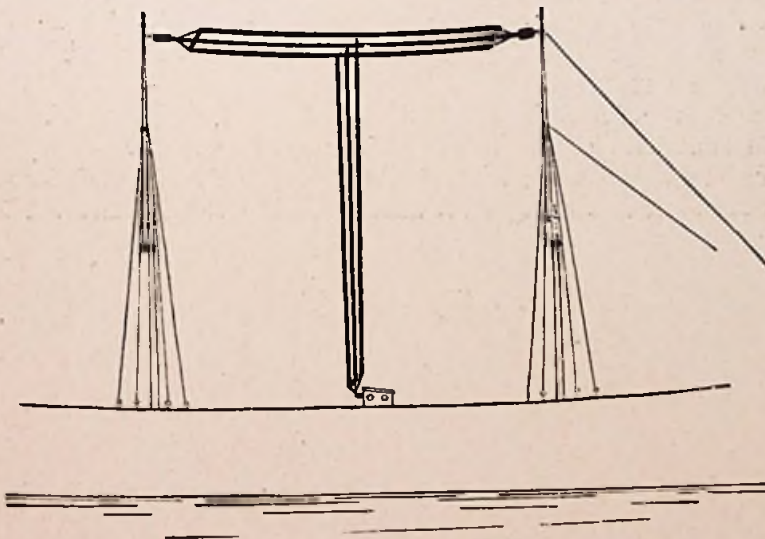


56. Schirmantenne

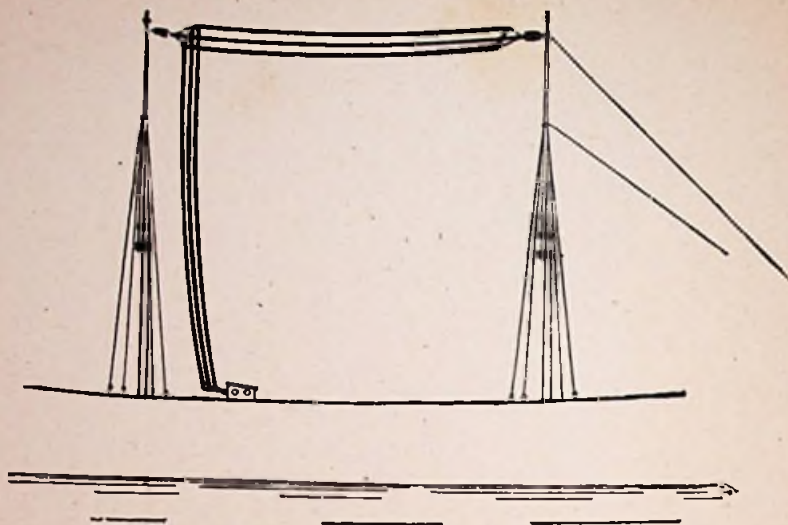
Schirms schräg hinabsteigen. Heute werden Schirmantennen besonders gern für ortsbewegliche Anlagen benutzt, da sie gestatten, mit einem einzigen hohen ausziehbaren Mast auszukommen, während für die weiteren Befestigungspunkte Holzpflocke genügen, die rasch in die Erde geschlagen werden können. Es wird aber meist angenommen, daß wagerecht geführte Endkapazitäten bessere Wirkung üben.

In Deutschland wird jetzt vielfach die T-Antenne verwendet. Sie wurde zuerst auf Schiffen gebraucht, wo die Aufhängung des Luftleiters zwischen zwei Masten von selbst zu dieser Form führte. Der senkrechte Balken des T wird durch die Zuführung von den Sendepartaten her gebildet. Die größte T-Antenne besitzt Nauen. Der Luftleiter erstreckt sich hier über fast $2\frac{1}{2}$ Kilometer bei 260 Metern Höhe; die Einzelheiten dieses Baus werden in Abschnitt 24 näher erörtert.

Hoffnungen besonderer Art erweckte vor $1\frac{1}{2}$ Jahrzehnten der von Marconi eingeführte geknickte Luftleiter, der auch L-Antenne



57. T-Antenne auf einem Schiff
(Aus Zenneck „Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie“)

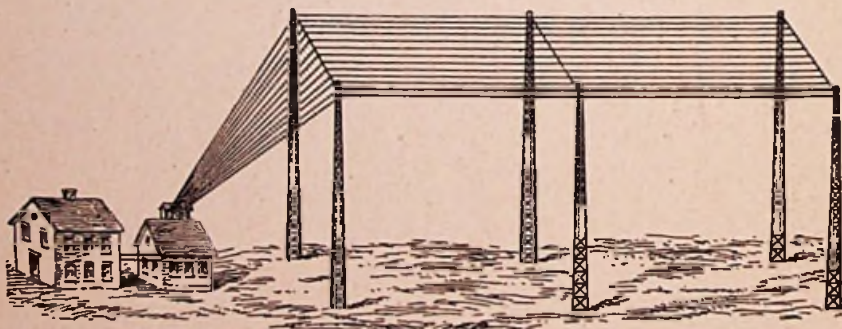


58. L-Antenne auf einem Schiff
(Aus Zenneck „Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie“)

genannt wird. Denkt man sich die auf Bild 58 gezeichnete Anlage um den wagerechten Teil herum gedreht, so tritt die Form des lateinischen L deutlich hervor.

Marconi behauptete damals, daß diese Antenne eine sehr starke Richtwirkung habe. Tatsächlich ist festzustellen, daß die Ausstrahlung über die Knickstelle hinweg, das ist dort wo die Zuführungsdrähte ansetzen, bei Anwendung kurzer Wellen besonders kräftig ist. Keineswegs kann jedoch davon die Rede sein, daß ein besonders großer Teil der Strahlungsenergie in der bezeichneten Richtung davon geht. Auch seitlich und vor dem anderen Ende sind noch sehr bedeutende Wirkungen im Äther wahrzunehmen. Die L-Antenne hat sich daher nicht Bahn brechen können.

Es ist sehr bedauerlich, daß bis zum heutigen Tag Sende-Antennen mit starker Richtwirkung nicht haben gebaut werden können. Wäre

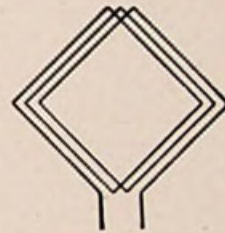


59. Marconis geknickte Antenne

es möglich, die ausgestrahlte Energie vollständig oder auch nur zum überwiegenden Teil über einen scharf umgrenzten Streifen zu senden, so würde die gleiche Reichweite mit sehr viel geringerer Energieaufwendung zu bestreiten sein. Es fiel eben der gewaltige Verlust durch die Wellenausbreitung nach allen Seiten fort, durch die Strahlung überall dorthin, wo sich kein Empfänger befindet. Es ist eine der wichtigsten Aufgaben der drahtlosen Technik, Sende-Antennen mit bevorzugter Strahlrichtung zu schaffen.

Auf der Empfangsseite ist das Entsprechende bereits gelungen. Das für Aufnahmewecke neu geschaffene Luftleitergebilde spricht besonders kräftig, ja nahezu ausschließlich auf Wellen an, die aus einer bestimmten Richtung kommen. Es ist deshalb der drahtlosen Technik besonders nützlich geworden. Eine Minderung der aufzuwendenden Sende-Energie ist damit jedoch nicht verbunden.

Bei Empfangsversuchen, die er im Jahre 1913 anstellte, entdeckte Ferdinand Braun in Straßburg, daß eine kleine, rahmenförmige Empfangs-Antenne dasselbe Ergebnis lieferte, wie eines der weitgedehnten, älteren Luftleitergebilde. Der Rahmen ist nichts anderes als eine große, vier-eckige, aus einer Anzahl von Windungen bestehende Spule. Sie hat meist quadratischen Querschnitt und wird so aufgehängt, daß eine Spitze zur Erde weist.



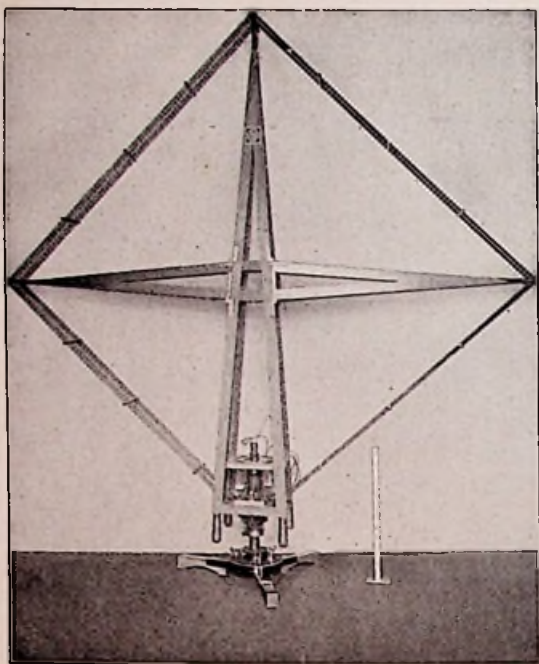
60. Rahmen-Antenne
Schematisch

Stellt man die Spule derart ein, daß eine Schmalseite der Sendestelle zugekehrt ist, so wird die Empfangslautstärke besonders groß. Denn jetzt kann das induzierende magnetische Feld, das senkrecht zur Richtung der elektrischen Strahlung liegt, kräftigste Wirkung üben, weil es senkrecht zur Spulenebene schwingt. Wenn der Rahmen um 90 Grad gedreht wird, also so steht, daß seine Fläche der Sendestelle zugewendet ist, dann ist ein Minimum der Empfangslautstärke festzustellen.

Hieraus ergeben sich zunächst drei hochwillkommene Wirkungen.

Beim Rahmenempfang lassen sich Störungen durch fremde Sender leicht abwehren, wenn die unwillkommenen elektrischen Erschütterer nicht in gleicher Richtung mit der befreundeten Sendestelle liegen. Man braucht dann nur den Rahmen auf diese letzte zu richten, und die anderen sind fast gänzlich verstummt, auch wenn sie mit der gleichen Wellenlänge senden.

Die Lage einer Station, die man arbeiten hört, ohne sie zu kennen, ist mittels des Rahmens wenigstens der geographischen Richtung nach unschwer zu ermitteln; die drahtlosen Apparate erhalten plötzlich einen neuen Arbeitsbereich, der sie zu Mitbewerbern des Kompasses macht. Welche außerordentlichen Möglichkeiten sich hieraus



61. Drehbare Rahmen-Antenne

erschließen, werden wir in Abschnitt 27 hören. Ferner gestattet der Rahmenempfang den Übergang zum Duplexbetrieb in der drahtlosen Telegraphie.

Seit langem schon ist es möglich, über Einen Leitungsdraht, der zwei Telegraphenstationen miteinander verbindet, zu gleicher Zeit in beiden Richtungen zu senden, ohne daß die entgegengesetzten Stromläufe einander stören. Dieser Gegensprecher- oder Duplexbetrieb im Draht wird in sehr eleganter Weise durch

verhältnismäßig einfache Schalteinrichtungen ermöglicht. Im drahtlosen Bezirk wünschte man längst in gleicher Weise arbeiten zu können.

Das war natürlich unmöglich, so lange jede Station nur eine einzige Antenne besaß, die durch einen Umschalter entweder an die Sende- oder an die Empfangsapparate gelegt wurde. Aber auch beim Vorhandensein von zwei gewöhnlichen Antennen, war an einen Duplexbetrieb nicht zu denken. Denn der eigene Empfänger würde die vom eigenen Sender hervorgerufenen Ätherschwingungen viel kräftiger aufgenommen haben als die von fernher kommenden.

Das wäre auch dann der Fall gewesen, wenn man in der einen Richtung mit ganz anderer Wellenlänge gearbeitet haben würde als in der anderen, und der eigene Empfänger für die Wellenlänge des fernen Senders abgestimmt gewesen wäre. Denn diese Abstimmung verursacht ja keine vollständige Beseitigung der Beeinflussung durch Ätherschwingungen mit abliegender Wellenlänge, sondern nur eine starke Bevorzugung der resonanzgebenden Wellen. Bei großen Entfernungen ist das Ausmaß der ankommenden Energie stets so klein, daß ein eng benachbarter Sender sie unter allen Umständen übertönt.

Der Rahmen aber, wenn er eine solche Lage hat, daß bei bester Stellung zum Fernsender zugleich ungünstigste Einstellung zum

eigenen Sender vorhanden ist, schwächt die aus der Nähe kommende Energie so stark, daß nur noch die von fernher hinübergestrahlte zur Wirkung kommt. Der eigene Sender kann nun das Äthermeer in der Nähe zu gewaltigen Wogen aufwühlen, es wird allein die zarte, vom Anderen verursachte Dünung wahrgenommen.

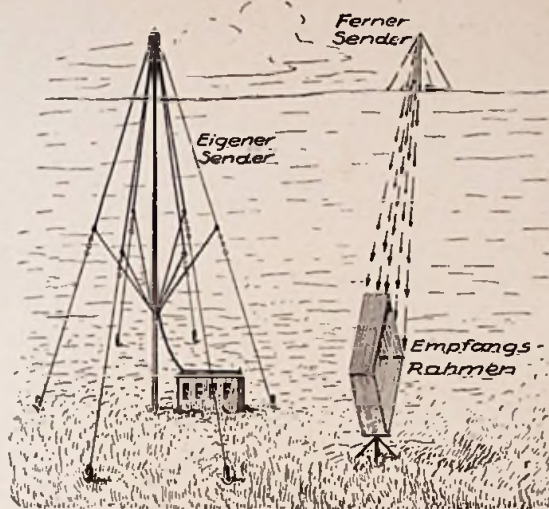
Zur Erzielung dieser Wirkung ist es immerhin nötig, die

Empfangsstelle um ein paar Kilometer von der Sendestation abzurücken, damit die Sende-Energie nicht unmittelbar, d. h. unter Umgehung der Antenne, auf die Empfangsapparate prallt. Sender und Empfänger können daher nicht mehr in einem Haus vereinigt bleiben.

Erst der Duplexbetrieb ermöglicht der drahtlosen Telegraphie wirtschaftliches Arbeiten. Die sehr teuren Sende-Anlagen der Großstationen können nun im Dauerbetrieb ausgenutzt werden; sie brauchen nicht mehr während der Empfangszeiten nutzlos dazustehen. Die beiden miteinander verkehrenden Stellen sind in ständiger Verbindung miteinander. Es kommt nicht mehr vor, daß der eine stundenlang sendet, während der andere durch irgendeine Störung am Empfang verhindert ist. In jedem Augenblick können jetzt Mitteilungen gemacht werden wie: „Meine Empfangseinrichtung ist gestört!“ „Ich verstehe Sie jetzt sehr schlecht!“ „Eine dritte Funkstelle stört mich, wählen Sie eine andere Welle!“

Ogleich Braun den Nutzen der Rahmenantenne schon 1913 erkannte, wird sie doch erst seit kurzem angewendet. Denn sie nimmt wegen ihrer geringen Ausdehnung nur einen kleinen Teil der aus weiter Entfernung einstrahlenden Energie auf, die ohne dies bereits sehr schwach ist. Erst seit es möglich ist, die Empfangsenergie gewaltig zu verstärken, konnte die Rahmenantenne ein wichtiges Gerät werden. Es wird von ihren nützlichen Sonderwirkungen noch öfters, besonders in Abschnitt 20, die Rede sein.

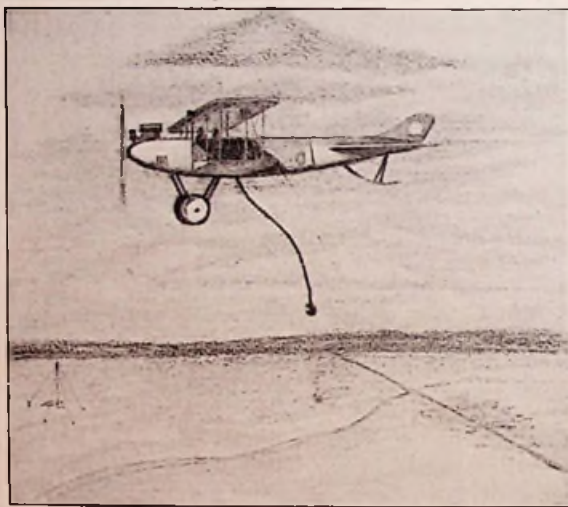
Einfache geradlinige Antennen der ursprünglichen Art sind auch heute noch nicht ganz außer Gebrauch. Sie werden für Sender



62. Duplexbetrieb mit Rahmen-Antenne
Nur der ferne Sender wird gehört, der eng benachbarte eigene Sender bleibt stumm

und Empfänger von Stationen verwendet, die in Luftfahrzeugen untergebracht sind. Der Luftleiter an Flugzeugen besteht aus einem etwa 40 Meter langen Draht, der frei hinabhängt und durch eine unten angebrachte Metallkugel straff gehalten wird. Vor dem Landen wird die Antenne auf einen Haspel aufgewickelt.

Als Seltsamkeit sei, nach Zenneck, noch berichtet, daß hier und da auch ein aufsteigender Wasserstrahl als Luftleiter benutzt worden ist. Infolge ihres starken Widerstands gegen den Durchgang der Elektrizität ergibt eine solche Antenne allerdings nicht dieselbe Reichweite wie ein gleich hoher Draht aus Kupfer oder Bronze.



63. Antenne am Flugzeug

In außergewöhnlichen Fällen aber, in einer Festung z. B. oder auf einem Kriegsschiff, kann eine solche mittels einer Pumpe immer neu herzurichtende Wasserstrahl-Antenne als Notsender oder -empfänger doch von Vorteil sein, wenn das feindliche Feuer den eigentlichen Luftleiter bereits zerstört hat.

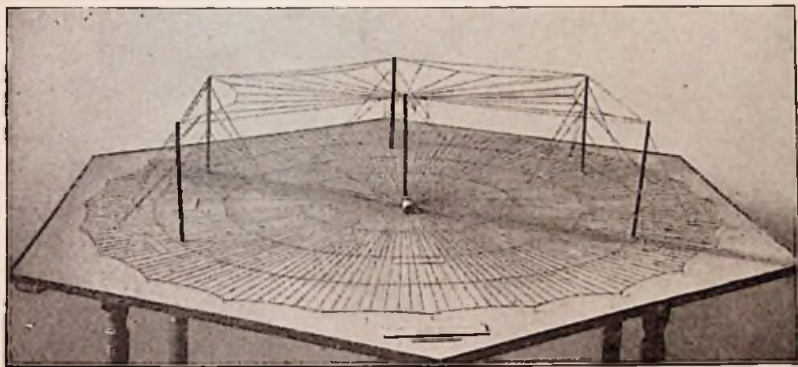
In Amerika sind während des Kriegs

Versuche gemacht worden, Bäume als Empfangsantennen zu verwenden. Es gelang, wie die „Umschau“ berichtet, tatsächlich, Nachrichten von Nauen, Poldhu, Lyon und Paris damit aufzunehmen. Die Empfangsapparate wurden mittels eines Kupferstifts angeschaltet, der in etwa $\frac{2}{3}$ der Höhe in den Baum getrieben war. Die Bäume verhalten sich geradeso wie Metall-Antennen. Benachbarte Stämme beeinflussen die Empfangsstärke nicht; man erhält mit einem Baum, der mitten im Wald steht, dieselben Ergebnisse wie mit einem auf freier Ebene gewachsenen. Belaubte Bäume sind empfindlicher als kahle; abgestorbene Stämme können nicht verwendet werden.

Geradeso, wie wir es bei der ursprünglichen Marconi-Antenne gesehen haben, muß der Sendeluftdraht auch bei den verbesserten Schaltungen geerdet werden. Geschähe dies nicht, so würde sich die Koppelungsspule am Ende der Antenne befinden, was die Ausbildung ungünstiger elektrischer Verhältnisse zur Folge hätte. Eine

sorgfältige Erdung ist geradezu Grundbedingung für die gute Strahlungsfähigkeit des Luftdrahts. Es ist notwendig, ihn sehr innig mit einer gut leitenden Erdschicht zu verbinden. Das Einsenken einer einzelnen Platte, wie es z. B. beim Blitzableiter üblich ist, genügt hier keineswegs.

Am leichtesten und besten sind Anlagen auf Schiffen zu erten. Hierzu ist es nur notwendig, eine Drahtleitung zu dem eisernen Schiffskörper zu führen. Dieser berührt mit großer Fläche das Seewasser und damit die Erde im elektrischen Sinn. Großstationen werden, wenn irgend möglich, an Stellen angesiedelt, wo der Grundwasserstand hoch ist. Man braucht den Boden alsdann zur Herstellung der Erdverbindung nicht tief aufzuwühlen. Die Verbindung



64. Antenne und Strahlerde einer Großstation
Nach einem Modell

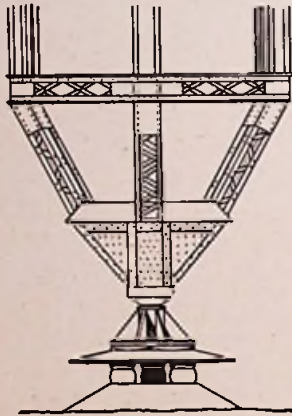
mit dem Grundwasser wird durch Einlegen eines großen, strahlenförmigen Netzes blanker Drähte hergestellt, das in den Boden eingepflügt wird und Strahlerde heißt.

Muß die Anlage an einer Stelle errichtet werden, wo der Boden felsig ist oder das Grundwasser nur in großer Tiefe erreicht werden könnte, dann ersetzt man die Erdung durch ein sogenanntes Gegengewicht. Es ist dies wiederum ein großes, aus einzelnen Strahlen gebildetes Drahtnetz, das eine ebenso große Kapazität haben muß wie die eigentliche Antenne. Das Netz wird isoliert auf Pfosten und in solcher Höhe angebracht, daß ein bequemer Verkehr darunter möglich ist. Bei Luftfahrzeugen, die ja gleichfalls keine Erdung haben können, werden alle Metallteile untereinander sowie mit dem Motor verbunden, und das Ganze wird als Gegengewicht benutzt.

Die Notwendigkeit, widerstandsfähige Stützen für Hochantennen mit möglichst geringen Kosten zu schaffen, hat Bauten eigentümlicher Art entstehen lassen. Es wäre falsch, diese Träger der Luftdrähte als Türme zu bezeichnen. Sie sind in Wirklichkeit nichts

anderes als Maste, wenn auch solche von höchst ungewöhnlicher Länge. Ein Turm steht frei aufragend auf seinem Fundament; der Mast hat einen einfacheren Unterbau, der allein nicht genügt, ihm ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen den Winddruck zu geben. Deshalb müssen zur Erhöhung der Standfestigkeit Halteseile angefügt werden.

Die Luftdrahtstützen setzen sich nun gleichfalls nicht breitbeinig auf den Unterbau auf, sondern sind mit diesem nur durch ein schmales Gelenk verbunden. Unten spitz zulaufend, stehen sie auf einer stählernen Kugel, und sie würden umfallen, wenn nicht zahl-



65. Fuß eines Antennenmastes
Kugelgelenk
und Porzellan-Isolatoren

reiche Halteseile, in der Sprache der Seeleute Pardunen genannt, angriffen.

Auf diese Art wird es möglich, den Masten einen sehr geringen Querschnitt zu geben. Der Hebelarm, an dem der Wind angreifen kann, reicht nicht von der Spitze bis zur Erde, sondern wird durch die Pardunen unterteilt. Das Kugelgelenk gestattet den Masten, bei harten Windstößen schadlos leichte Bewegungen auszuführen, wobei die immer etwas durchhängenden Pardunen ein wenig gestreckt werden. Die Wucht der Stöße ist hierdurch gemindert, die Konstruktion kann leichter gehalten werden als bei einem starren, nur unten verankerten Bau.

Meist wählt man dreieckigen Querschnitt,

weil hierdurch die Oberfläche, gegen die der Wind prallen kann, besonders klein wird. Ausführung des Mastes in weitmaschigem Gittergeflecht verringert die Angriffsfläche weiter.

Die Maste sind stets sehr sorgfältig gegen die Erde isoliert, indem die Platte, die das Kugelgelenk trägt, auf Porzellanfüße gesetzt wird. Zwischen Antenne und Mastspitze ist nochmals eine Isolierung eingelegt. Diese Trennkörper müssen sehr kräftig gehalten sein, da die elektrischen Spannungen, die in den Antennen von Großsendestellen auftreten, außerordentlich hoch sind. Die Ausbildung zahlreicher bemerkenswerter Einzelteile werden wir bei der Darstellung der Geschichte von Nauen und der heutigen Gestalt dieser Großstation in den Abschnitten 23 und 24 kennen lernen.

14. Die Einrichtungen einer Löschfunkenstation

Nach den Vorbereitungen durch die vorhergehenden Abschnitte sind wir nun imstande, die Einrichtungen einer Löschfunkenstation im einzelnen und in ihrem Zusammenwirken zu verstehen. Wir wollen deshalb einen Raum aufsuchen, in dem ein nach dem Löschfunken-System gebauter Sender sowie ein zugehöriger Empfänger aufgestellt sind, und uns darin umsehen.

Die von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie eingerichtete Station, die wir besichtigen, ist zur Ausrüstung von Schiffen mittlerer Größe und auch für kleine Landstationen geeignet. Außer der Hauptsendeeinrichtung besitzt sie noch einen Notsender, der auf Schiffen heute nicht mehr entbehrt werden kann. Diese Hilfeinrichtung hat die Aufgabe, noch sechs Stunden lang bereit zu sein, wenn die Stromlieferung durch die Hauptantriebsmaschine des Fahrzeugs versagt. Wo ein Notsender fehlt, muß die drahtlose Station gerade dann ihren Dienst einstellen, wenn sie am dringendsten gebraucht wird, nämlich bei der Überflutung des Schiffskörpers durch eindringendes Wasser. Der Notsender erlaubt Hilferufe abzusenden, bis das höchste Deck überspült wird.

Auch auf dem Land ist der Notsender willkommen, da ja auch hier einmal die Stromlieferung von außen her versagen kann.

Die Energieverhältnisse unserer Station sind durch die folgenden Angaben gekennzeichnet: dem Stoßkreis wird elektrische Energie in Höhe von 3 Kilowatt (KW) zugeführt, die in der Antenne eine Schwingungsenergie von 1,5 Kilowatt hervorruft. Der Wirkungsgrad der Anlage beträgt also 50%.

Kilowatt bedeutet 1000 Watt, denn in der griechischen Sprache heißt tausend *chilios*. Watt ist die Einheit für die Messung elektrischer Energie. Diese setzt sich aus zwei Faktoren zusammen: der Stromspannung, die in Volt gemessen wird, und der in jeder Sekunde durch die Leitung fließenden Strommenge, die wir in Ampère messen. Für Strommenge in der Sekunde sagt man auch Stromstärke. $1 \text{ Volt} \times \text{ein Ampère} = 1 \text{ Watt}$. Der Nichttechniker vermag sich unter dem Energiebegriff 1 Kilowatt nicht recht etwas vorzustellen; er ist gewöhnt, nach Pferdestärken zu rechnen. Es sei deshalb eine

Brücke zu dem vertrauten Begriff geschlagen. Zur Erzeugung von 1 Kilowatt elektrischer Energie ist die Aufwendung von rund $\frac{4}{3}$ Pferdestärken (PS) notwendig. Wo der Leser also in den weiteren Ausführungen dieses Buchs eine Kilowattzahl angegeben findet, kann er die hierdurch ausgedrückte Energie in Pferdestärken umrechnen, indem er ein Drittel hinzu addiert.

Unsere Station hat bei Anwendung einer Empfangseinrichtung der bisher geschilderten Art während des Tags und über die freie See eine Reichweite von 600 Kilometern, wenn zur Aufhängung der T-Antenne zwei Maste von je 35 Metern Höhe bei 50 bis 60 Metern Abstand zur Verfügung stehen. Über flaches Land ist die Reichweite im Hellen bei Verwendung einer Schirmantenne an 35 Meter hohem Mast 300 Kilometer, bei einer Masthöhe von 45 Metern 400 Kilometer. Auf See wächst die Reichweite bei Dunkelheit um 100 %, über Land steigt sie in der Nacht um etwas mehr als 50 % an.

Alle diese Zahlen beziehen sich auf das Senden mit den günstigsten Wellenlängen, die bei Schiffsstationen 600 bis 900 Meter, bei Landstationen 900 bis 1200 Meter betragen. Es sind ferner die normalen atmosphärischen Verhältnisse vorausgesetzt. Unter besonders günstigen Umständen steigt die Reichweite um das Drei- bis Vierfache an.

Die Abstimmungsschärfe der Empfangsapparate ist so groß, daß eine gleichzeitig sendende dritte Stelle nicht mehr stört, wenn sie bei gleichem Abstand und gleicher Energie eine Welle benutzt, deren Länge nur um 5 % von der an der befreundeten Sendestelle angewendeten Wellenlänge verschieden ist. Der helle, musikalische Ton, der während der Sendetätigkeit unserer Station durch 1000 sekundliche Funken ihrer Löschfunkenstrecken im fernen Empfangstelephon erzeugt wird, ist noch einwandfrei aufzunehmen, wenn die Intensität der atmosphärischen Entladungen in die Empfangsantenne die Stärke der ankommenden Zeichen um das fünfzehnfache übertrifft.

Wir haben in der Hauptsendeanlage 5 Hauptstromkreise zu unterscheiden, von denen nur der erste mit Gleichstrom versorgt wird, während die anderen Wechselstrom führen. Ferner gehört dazu noch der Nebenkreis der Taste mit Gleichstromversorgung. Die Hauptkreise sind:

1. Der Speisestromkreis.
2. Der Niederspannungskreis.
3. Der Hochspannungskreis.
4. Der Hochfrequenzkreis, der den uns bekannten Stoßkreis darstellt.
5. Der Strahl- oder Antennenkreis.

Die vier ersten Kreise haben geschlossene Strombahnen, der fünfte ist offen.

Im folgenden werden nur die wichtigsten Teile der Station erörtert, alles Nebensächliche ist zur Erleichterung der Übersicht fortgelassen. Zur Unterstützung der Ausführungen dienen die Bilder auf der Klapptafel am Ende des Buchs. Hier sind das theoretische Schaltungsschema und eine Photographie des wirklichen Aufbaus nebeneinander gesetzt und die entsprechenden Teile stets mit gleicher Bezeichnung versehen. Die räumliche Anordnung im Schaltungsschema ist ohne Rücksicht auf die tatsächlichen Verhältnisse erfolgt, damit die Stromläufe möglichst einfach werden. Es liegen daher dort häufig Teile in großem Abstand voneinander, die in Wirklichkeit eng zusammen gehören.

Dieser Unterschied in den Anordnungen auf den beiden Teilbildern ist besonders groß bei der Darstellung der Primärmaschine, die aus einem Gleichstrommotor und einer Wechselstromdynamo besteht. Die beiden Maschinen sitzen, wie die Photographie zeigt, auf derselben Achse dicht nebeneinander. Das Schaltbild muß sie, ihren getrennten Aufgaben entsprechend, getrennt vorführen.

Dem Gleichstrommotor von 6 Pferdestärken, der die Antriebsmaschine der Station darstellt, wird Strom von einer im Hauptmaschinenraum des Schiffs aufgestellten Dynamo, von einer Landzentrale oder von einem Aggregat, bestehend aus Benzinmotor und Dynamo, zugeführt. Durch Schalteinrichtungen, die nicht gezeichnet sind, regelt man den Motor so ein, daß er etwa 1500 Umdrehungen in der Minute (Touren) macht. Der Anker der Wechselstrommaschine auf der gleichen Achse dreht sich alsdann ebenso geschwind.

Von der Betriebsstromzuführung gehen zwei weitere Zweige zu der Feldwicklung der Wechselstrommaschine. Hierdurch werden die feststehenden Feldmagnete erregt, deren Zahl in unserem Schaltungsschema 4 beträgt. (Der wirkliche Aufbau der Maschine ist völlig anders.) Es bildet sich um den kreisenden Anker das auf Seite 28 besprochene magnetische Feld, wodurch in den Wicklungen des Ankers ein Wechselstrom induziert wird. Die Zahl der Wechsel in der Sekunde hängt ab von der Umlaufgeschwindigkeit, die Spannung des erzeugten Wechselstroms von der Spannung des Gleichstroms, der den Feldmagneten zufließt. Von den Bürsten, die auf den beiden Kollektorringsen der Wechselstrommaschine schleifen, kann für gewöhnlich ein Wechselstrom von 500 Perioden = 1000 Wechseln in der Sekunde und 220 Volt Spannung abgenommen werden. Zur Feinregelung der Spannung dient ein Widerstand im Speisekreis, der aus später angeführten Gründen Tonschieber heißt.

Der Wechselstrom durchfließt den Niederspannungskreis, der eine Unterbrechungseinrichtung, nämlich das Tastrelais, ferner die Primärspule des Transformators und eine Drosselspule enthält. Es ist dies

eine Spule aus isoliertem Kupferdraht, in die zur Erhöhung der Selbstinduktion ein Eisenkern gelegt ist. Die Drossel ist mit einer Einstellungs-*vor*richtung versehen, die ein für allemal bei der Einrichtung der Station festgelegt wird. Diese Spule hat die Aufgabe, günstige Selbstinduktions-Verhältnisse im Niederspannungskreis zu schaffen.

Das Gleichstrom-Wechselstrom- oder Umformeraggregat wird stets außerhalb des Funkraums untergebracht, weil das Geräusch, das die laufenden Maschinen erzeugen, beim Hörempfang stören würde. Auf unserer Photographie ist das Aggregat nur deshalb unter dem Tisch stehend gezeigt, damit das Bild alle zur Station gehörigen Apparate vereinigt.

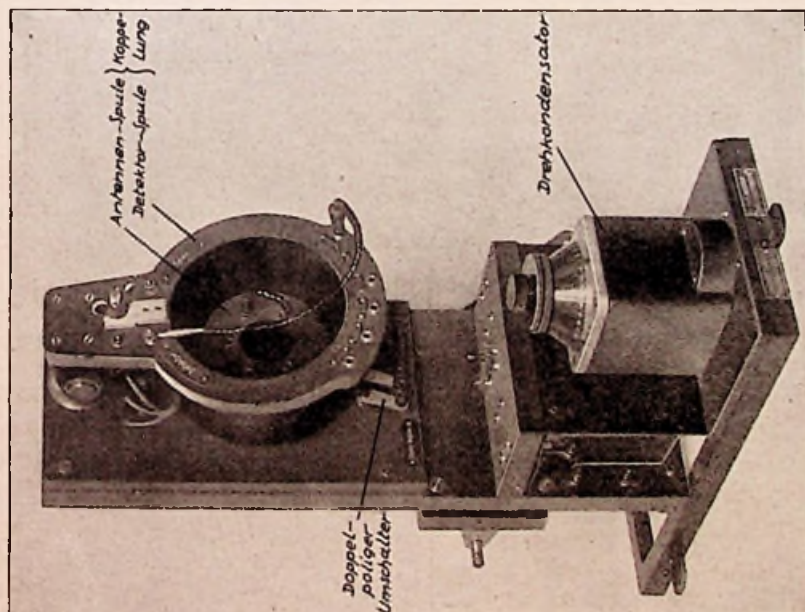
Der Niederspannungs-Wechselstrom von 220 Volt muß nun auf höhere Spannung gebracht werden, damit er imstande ist, die gesamten Funkenstrecken zu überschlagen. Diesem Zweck dient der Transformator. Seine Wirkung ist die gleiche, wie sie der Doppelspulenkörper des Induktoriums auf Bild 9 vollführt. Die linke zum Niederspannungskreis gehörige Spule des Transformators hat nur wenige Windungen, die rechte im Hochspannungskreis liegende Spule dagegen zahlreiche Windungen. Die Verbindung wird durch ein eisernes Joch hergestellt. Alle Feld- oder Kraftlinienschwankungen, die durch den primären Wechselstrom in dem linken senkrechten Pfeiler des Jochs hervorgerufen werden, treten auch im rechten Pfeiler auf. Die Sekundärspule des Transformators wird deshalb fortwährend von entstehenden und wieder verschwindenden Kraftlinien geschnitten, so daß sich auch in ihr ein Wechselstrom gleicher Periode ausbildet. Der sehr viel höheren Windungszahl der Sekundärspule entsprechend, hat er aber eine Spannung von 9000 Volt.

Die Sekundärspule des Transformators ist die Stromquelle für den Hochspannungskreis, in dem ein fester Kondensator liegt. Er besteht aus drei großen Leidener Flaschen, von denen auf der Photographie nur zwei sichtbar sind.

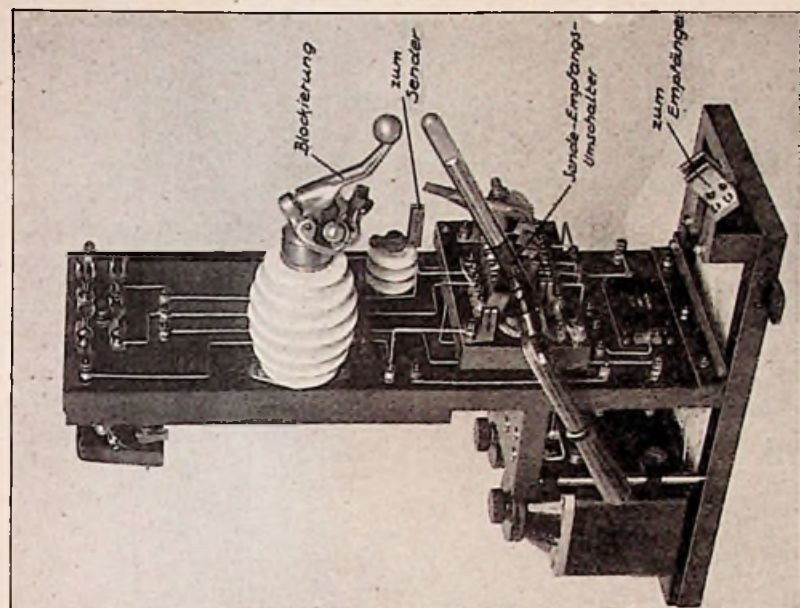
Der Kondensator wird von dem hochgespannten Wechselstrom fortwährend geladen und entladet sich in den Hochfrequenzkreis über die sieben Löschfunkenstrecken hinweg.

Der Hochfrequenz- oder Stoßkreis enthält außer diesen noch eine Spule mit veränderlicher Selbstinduktion, die aus flachem Kupferband gewickelt ist. Sie wird von hochfrequenten Schwingungen durchzogen, da die Funkenstrecken ja jede einzelne Kondensator-entladung in zahlreichen Schwingungen abklingen lassen.

An dieselbe Spule ist der Antennenkreis gelegt, so daß also die beiden Kreise galvanisch gekoppelt sind. Der Koppelungsgrad ist einstellbar, indem sowohl der Stoßkreis wie der Antennenkreis durch Klemmstöpsel an jeder beliebigen Stelle der Koppelungsspule angelegt werden können.



66 a. Empfänger zur Löschfunkstation
Ansicht von vorn



66 b. Empfänger zur Löschfunkstation
Ansicht von hinten

Wenn wir den von der Koppelungsspule aufsteigenden Ast der Antenne verfolgen, so gelangen wir zunächst zu einem eingefügten Kondensator, der aus zwei kleinen, schlanken Leidener Flaschen besteht. Diese Kapazität kann durch einen Kurzschließer — einen leicht drehbaren Messingstreifen — überbrückt werden, so daß an ihre Stelle ein glattes Leitungsstück tritt. Der Kondensator dient bei geöffneter Brücke zur elektrischen Kürzung der Antenne, falls mit besonders kurzer Welle gesendet werden soll. Eine solche Kürzung der Antenne tritt aus physikalischen Gründen, in deren Erörterung wir nicht eintreten wollen, stets ein, wenn ein Kondensator in den Luftdraht geschaltet wird, der selbst Kondensatorwirkung übt. Ein im Nebenzweig an die Antenne gelegter, also parallel geschalteter Kondensator wirkt jedoch verlängernd, indem er die Oberfläche des vorher vorhandenen Kondensators vergrößert.

Es folgt jetzt das Variometer, die recht umfangreiche Einrichtung zur Abstimmung der Antenne auf Resonanz mit dem Stoßkreis. Dieses Variometer wird von drei hintereinander geschalteten Flachbandspulen gebildet; die beiden äußeren sind fest, die mittlere kann nach rechts und links geschwenkt werden.

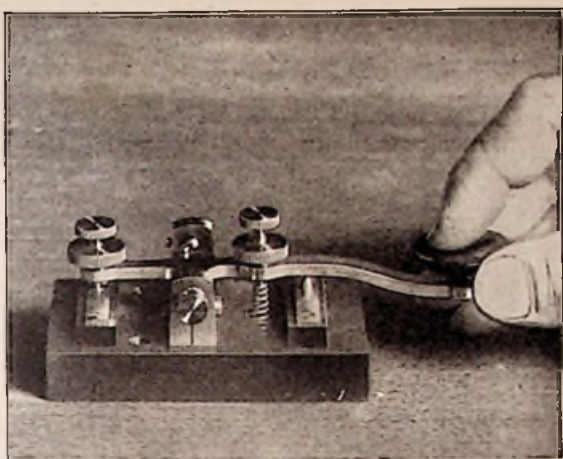
Bevor die Antenne über kräftige Isolatoren hinweg den Funkraum verläßt, um zu einer hochaufgehängten Endkapazität aufzusteigen, ist noch eine Umschaltvorrichtung eingefügt. In der einen Stellung dieses Schalters sind die Sendeapparate, in der anderen die Empfangseinrichtungen an die Antenne gelegt. Die Vorrichtung ist an der Rückwand des Empfängers angebracht und durch den rechts an diesem sichtbaren Handgriff zu bedienen.

Die Bilder 66 zeigen den Sende-Empfangs-Umschalter besonders deutlich. Bei der Stellung auf Empfang befindet sich die hornförmige Blockierungseinrichtung in ihrer tiefsten Stellung. Der Niederspannungskreis bleibt alsdann unter allen Umständen unterbrochen. Hierdurch soll verhütet werden, daß bei unwillkürlicher Berührung der Sendetaste während des Empfangs die hohe Intensität des eigenen Senders auf die sehr feinen Empfangseinrichtungen einwirkt, wodurch diese leicht zerstört werden könnten.

Im unteren Zweig des Luftdrahts liegen ein Ampèremeter, das zur Feststellung des besten Abstimmungsgrads der Antenne für das Senden dient, und eine Schleife, die als eine Spule mit einer einzigen Windung aufzufassen ist. Diese Schleife wird zur induktiven Koppelung von Wellenmesser und Tonprüfer benutzt. Der Zweck des zweitgenannten Apparats soll alsbald, die andere Vorrichtung in Abschnitt 22 besprochen werden.

Die Antenne läuft hierauf zur Erde, d. h. auf Schiffen zu einer Verbindung mit dem eisernen Körper.

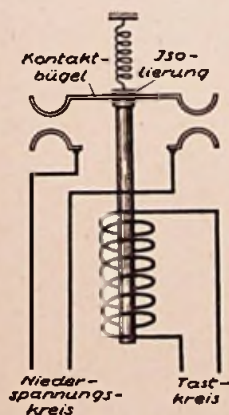
Es sei noch der Erdschlußhebel erwähnt, der nur auf der Photographie rechts unter dem Tisch zu sehen ist. Durch ihn kann die Antenne von einer Stelle an, die unmittelbar hinter ihrem Eintritt in den Funkraum liegt, bevor sie also noch einen der darin aufgestellten Apparate durchläuft, unmittelbar



67. Handtaste

an Erde gelegt werden. Dies geschieht, wenn ein Gewitter in der Nähe niedergeht. Zur gefahrlosen Ableitung unerwarteter atmosphärischer Entladungen dient eine hier nicht dargestellte, selbsttätig wirkende Blitzschutzeinrichtung.

Die Unterbrechung des Stroms zur Herstellung der Morse-Zeichen erfolgt im Niederspannungskreis. Die Handtaste ist jedoch nicht unmittelbar in diesen gelegt, weil das Schalten beträchtlicher Energie durch ein so kleines Gerät nicht angängig ist. Die Taste muß leicht sein, damit der Telegraphist geschwind arbeiten kann. Die starken Funken, die sich beim Öffnen des Stromkreises bilden, würden jedoch seine Kontakte rasch verbrennen. Gleichzeitig käme die Hand des bedienenden Beamten blanken Eisenteilen ganz nahe, in denen sich eine immerhin nicht ungefährliche Spannung befindet. Die Taste unterbricht den Niederspannungskreis daher mittelbar mit Hilfe des Tastrelais.



68. Tastrelais

Wenn die Taste niedergedrückt ist, wird der gleichstromführende Tastkreis geschlossen. Die Spule darin erhält Strom und zieht den Eisenkern in sich hinein. (Siehe auch Bild 68.) Dadurch wird zugleich ein isoliert angebrachter Kupferbügel so weit angehoben oder gesenkt, daß er zwei Kontaktstellen berührt und hierdurch den Niederspannungskreis schließt. Sobald die Taste losgelassen wird, reißt eine Feder den Kontaktbügel wieder zurück, wodurch Unterbrechung des Niederspannungskreises eintritt und demzufolge die Funkenübergänge in den Funkenstrecken aufhören.

Die Stromquelle des Notsenders ist eine Akkumulatorenbatterie. Ein automatischer Schalter sorgt dafür, daß sie aus der speisenden Gleichstromzuleitung stets voll aufgeladen wird. Die Batterie vermag alsdann, wie schon gesagt, sechs Stunden lang Strom für das Senden abzugeben.

Was sie spendet, ist aber Gleichstrom niedriger Spannung. Dieser muß, um auf den Stoßkreis einwirken zu können, wiederum in hochgespannten Wechselstrom verwandelt werden. Man erzielt das durch Einschalten eines Induktoriums (Seite 30). Von den Klemmen der Sekundärspule des Induktoriums wird der hochgespannte Wechselstrom dem Kondensator im Stoßkreis zugeführt. Der eingeschaltete Widerstand dient zur Regelung der Spannung im Primärkreis des Notsenders. Es ist wiederum ein Tonschieber. Die Taste ist hier unmittelbar eingesetzt, da der zu unterbrechende Strom ungefährlich ist.

Befindet sich der Antennenumschalter in der Stellung Empfang, so ist der Luftdraht unmittelbar an den doppelpoligen Umschalter am Empfänger gelegt. Dieser Umschalter dient zur Einstellung für das Aufnehmen kurzer oder langer Wellen, indem er in der Stellung links einen Drehkondensator in die Antenne schaltet, während er dieselbe Kapazität bei der Stellung rechts in den Nebenschluß legt.

Bei der im Schaltschema gezeichneten Stellung „kurz“ gelangen wir bei Verfolgung des Stromlaufs hinter dem doppelpoligen Umschalter alsbald zur Antennenkoppelungsspule, von der nach Bedarf mehr oder weniger Windungen durch Einsetzen eines Stöpsels in verschiedene Löcher eingeschaltet werden können. Von dem Ende der Stöpselschnur führt ein Draht zum Drehkondensator und von dort zur Erde.

Die Bauart dieses Drehkondensators ist auf Seite 62 erörtert worden. Die Platten befinden sich hier in einem mit Öl gefüllten Gefäß. Durch Drehen an dem auf den Bildern 66 sichtbaren Knopf ist die Kapazität einzustellen. Erhöhung der Kapazität durch Eindrehen der beweglichen Platten wirkt bei der Schaltung „kurz“ weniger kürzend, während die gleiche Verschiebung bei der Schaltung „lang“ die Antenne weiter verlängert.

Bei der gestrichelt angedeuteten Stellung des doppelpoligen Umschalters ist nämlich der Punkt A eine Verzweigungsstelle. Jetzt ist die Antenne sowohl über die Koppelungsspule wie über den Drehkondensator geerdet.

Während die Antennenspule feststeht, ist die zum Detektorkreis gehörige Koppelungsspule, kürzer Detektorspule genannt, beweglich. Sie kann um ein wagerechtes Scharnier gedreht werden, so daß der Koppelungsgrad leicht zu verändern ist.

Auch ander Detektorspule können verschiedene Selbstinduktionsgrade durch Stöpseln verschiedener Löcher eingeschaltet werden. Das Ende der Stöpselschnur führt zu dem einen Fußpunkt des Detektors, von dessen anderem Fußpunkt geht es über den Kondensator wieder zur Detektorspule zurück. Das Telephon ist genau so angelegt, wie auf Bild 50, Seite 83, wo wir den gleichen Empfangskreis wiederfinden.

Die Einstellung der Anordnung für das Senden geschieht auf folgende Weise.

Nachdem das Umformeraggregat durch Anlassen des Gleichstrommotors in Tätigkeit gesetzt und auf die richtige Umdrehungszahl eingestellt ist, wird der Antennenschalter durch Niederdrücken des Handgriffs am Empfänger auf Senden gelegt. Hierauf stellt der Telegraphist an der Stoßkreisspule über den Leidener Flaschen durch richtiges Anfügen des Stöpsels die gewünschte Wellenlänge für den Stoßkreis ein. Entsprechend wird der Antennenstöpsel an die gleiche Spule gesetzt.

Wenn der Beamte hierauf die Taste drückt, beginnen die Funkenstrecken zu arbeiten. Der Telegraphist bewegt hierauf die drehbare Spule des Antennen-Variometers hin und her, bis das in die Antenne geschaltete Ampèremeter den höchsten Ausschlag zeigt. Dies ist das Zeichen dafür, daß Antennenkreis und Stoßkreis in Resonanz stehen, also der Höchststrom durch die Antenne fließt. Hierauf wird die bewegliche Variometerspule in der gefundenen Stellung festgeklemt.

Es findet nun die Prüfung auf Tonreinheit statt. Mit Hilfe eines kleinen Hilfsempfängers, des Tonprüfers, der auf der Photographie an der Wand steht, noch deutlicher aber auf Bild 69 sichtbar ist, kann der Telegraphist, wenn er das ans Ohr gelegte Telephon daran stöpselt, bei gedrückter Taste den Ton des eigenen Senders vernehmen. Der Tonprüfer besteht aus einem aperiodischen, d. h. stark gedämpften Schwingungskreis, der nur aus einer in Ebonit gebetteten Flachspule und einem Detektor gebildet wird. Es ist kaum nötig, die Spule nahe an die Antennenschleife zu rücken, um die Schallplatte des angestöpselten Telephons zum Schwingen zu bringen.

Klingt der abgehörte Ton nicht musikalisch rein, so ist dies ein Zeichen, daß die Entladungen in den Funkenstrecken nicht in gewünschter Weise vor sich gehen. Sie sollen, wie wir wissen, stets nur dann stattfinden, wenn der im Nieder- und Hochspannungskreis schwingende Wechselstrom seine Höchstamplitude im Positiven oder Negativen erreicht hat, dann aber auch mit Sicherheit ausgelöst werden. Ist die Spannung zu gering, dann bleiben Funkenübergänge aus, ist sie zu hoch, so können auch Entladungen bei ge-

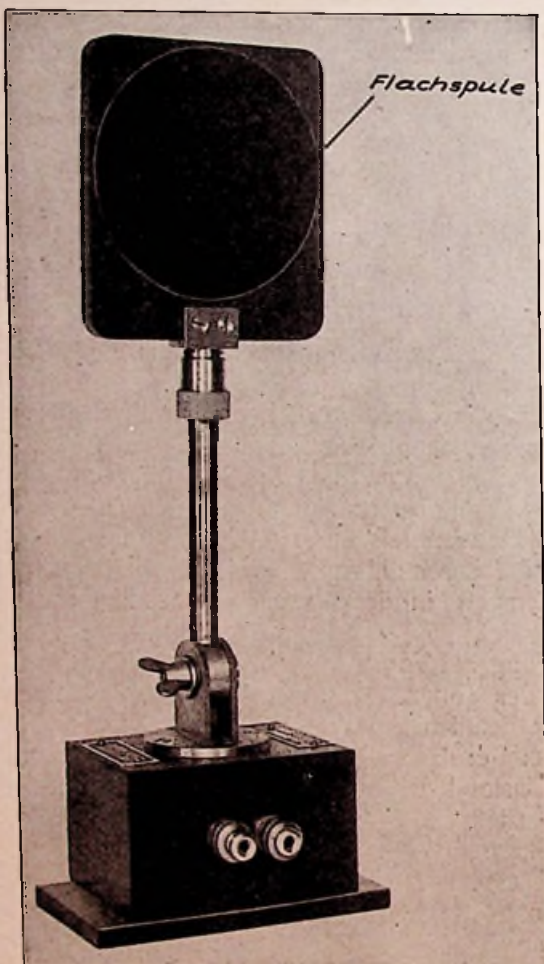
ringerer Amplitude stattfinden. In beiden Fällen beträgt die Funkenfolge nicht genau 1000 in der Sekunde.

Diese aber kann durch Änderung des Widerstands im Speisestromkreis herbeigeführt werden. Der Telegraphist rückt daher den

Schleifkontakt der Vorrichtung so lange hin und her, bis der Ton im Telefon hell und rein ist. Wir wissen jetzt, weshalb dieser Widerstand Tonschieber heißt.

Die Gesamtanordnung ist hierauf zum Senden bereit, der Telegraphist kann das Anrufen der Station, mit der er verkehren will, beginnen.

Soll empfangen werden, so ist der Antennen-Umschalter in die entsprechende Lage zu bringen, wodurch zugleich der Sender blockiert, d. h. die Möglichkeit der Stromgebung aus dem weiterlaufenden Umformeraggregat unmöglich gemacht wird. Wenn die Länge der ankommenden Welle bekannt ist, so werden die Stöpsel an der festen Antennen- und der beweglichen Detektor-



69. Tonprüfer

spule in die entsprechend gekennzeichneten Löcher gesteckt, und hierauf wird bei angelegtem Telefon der stärkste Ton gesucht. Ein federnder Bügel, der über den Kopf gelegt wird, hält indes das Telefon am Ohr fest.

Der Telegraphist bewegt die Detektorspule in verschiedene Kopplungsgrade und dreht den beweglichen Kondensator so lange, bis er zufrieden ist. Er hört sehr deutlich, wenn der günstigste

Koppelungsgrad und die beste Resonanzstellung seiner Empfangseinrichtung zu dem fernen Sender erreicht sind. Kann ein genügend lauter Ton bei der Stellung des doppelpoligen Umschalters auf lange Wellen nicht erreicht werden, so muß auf kurze Wellen umgeschaltet und noch einmal wie eben geschildert verfahren werden.

Falls dem Beamten die Länge der ankommenden Wellen unbekannt ist, muß er die verschiedenen Stöpselstellungen durchgehen, und bei jeder Stöpselung mit der Detektorspule und dem Drehkondensator die beste Stellung suchen. Zur Vergrößerung des aufnehmbaren Wellenbereichs ist die Antennenspule auswechselbar. Es können Selbstinduktionen verschiedener Länge eingesetzt werden.

Wenn starke Störungen durch fremde Sender auftreten, so kann ein zur Stationseinrichtung gehöriger Zwischenkreis zwischen die Antennen- und die Detektorspule geschaltet werden, der die vom befreundeten Sender kommenden Zeichen noch gründlicher aussondert. Der geschlossene Zwischenkreis wird sowohl mit dem Antennen- wie mit dem Detektorkreis gekoppelt und ist durch einen eigenen Drehkondensator auf Resonanz einzustellen.

15. Die ungedämpften Wellen

Alle bisher besprochenen Einrichtungen dienen dem Betrieb mit gedämpften Schwingungen.

Der Hertzsche Strahler, der Marconi-, der Braun- und der Wien-Sender, sie alle benutzen zur Umwandlung der ihnen zugeführten niederfrequenten Energie in hochfrequente die Kondensator-Entladung über Funkenstrecken. Diese vermag ihrer ganzen Art nach nur getrennte Schwingungsserien entstehen zu lassen, wobei jeder Serienteil abklingende Amplituden zeigt. Die Schwingung setzt immer von neuem mit hoher Amplitude ein, die alsbald auf Null abgesunken ist. Dann folgt eine Pause, worauf wieder mit hoher Anfangsamplitude begonnen wird. Solange die Entladung dauert, kann neue Energie dem Schwingungskreis nicht zugeführt werden, da die tätige Funkenstrecke einen Leiter bildet, über den hinweg die Spannung der primären Stromquelle sich ohne weiteres ausgleicht.

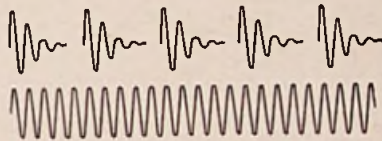
Es ist leicht einzusehen, daß Energie, die in solcher Gestalt zu den Empfangsapparaten gestrahlt wird, nicht die beste Form hat, um diese zu betätigen. Der Antrieb der Empfänger, wenn man so sagen darf, erfolgt unregelmäßig, ruckweis; es kann auf diese Art keine so günstige Einwirkung erzielt werden, wie sie durch gleichmäßige Kraftzufuhr zu gewinnen ist. Die drahtlose Technik hat sich denn auch von Beginn an bemüht, Erzeuger für ungedämpfte Hochfrequenzschwingungen herzustellen. Die Aufgabe blieb lange ungelöst, da man durch Jahrzehnte nicht ohne den Funken als Frequenzsteigerer auszukommen vermochte.

Heute sind die Funkenstrecken aus den Sende-Einrichtungen der Großstationen gänzlich verschwunden. Die kleineren Sendestellen, insbesondere die Schiffsstationen, arbeiten noch mit ihnen, doch kann man die Zeit absehen, in der überall das neue Geschlecht der Schwingungserzeuger eingezogen sein wird.

Der Funke ist heute bereits für die wichtigsten Bereiche der drahtlosen Telegraphie tot, aus ihren Palästen entfernt und zu Grabe getragen. Darum dürfte eigentlich die Bezeichnung Funktelegraphie für die Gesamtheit dieses Zweigs der Technik nicht mehr angewendet werden. Sie ist jedoch eingebürgert und wegen ihrer Hand-

lichkeit kaum noch aus dem deutschen Wörterbuch zu entfernen. Es schadet auch nichts, wenn das Schlagwort dem technischen Aufbau der Einrichtung nicht ganz genau entspricht. Heute von einer Funktelegraphie zu sprechen, ist sicher nicht falscher als früher von einer Funktelegraphie; denn seit dem Verschwinden des Fritters haben die drahtlosen Apparate nicht mehr ferngeschrieben, wie es nach der genauen Bedeutung des Worts Telegraphie eigentlich hätte geschehen müssen.

Die gedämpften und die ungedämpften Schwingungen, die hier noch einmal bildlich dargestellt sind, verhalten sich zueinander wie die Töne, die von einem Klavier und von einer Orgel erzeugt werden. Der Klavierhammer stößt die Stahlsaite an, die hierauf gedämpft abklingt; mit der Orgeltaste aber wird ein Ventil geöffnet, das ständig Druckluft gleicher Pressung in die Pfeife treten läßt. Die beiden Wellenarten können auch mit einem frei ausschwingenden und einem Uhrpendel verglichen werden. Dort einmalige Kraftzufuhr durch Anheben des Pendels, hier stetige Ersetzung der von der Dämpfung geraubten Energie durch die Einwirkung des Gewichts oder der Feder.



70. Gedämpfte und ungedämpfte Ätherwellen

Die gedämpften Schwingungen lassen der Antenne Energie immer nur abschnittsweise zuströmen, die ungedämpften kennen keine Pausen, sondern üben ununterbrochene Zufuhr. Der Energieumsatz der Antennen in der Zeiteinheit ist daher bei ihrer Anwendung größer, die teuren Anlagen werden besser ausgenutzt. Günstig wirkt ferner die immer gleichmäßige Schwingungshöhe, die überkräftige Einsatzstöße ebenso vermeidet wie Endamplituden von wirkungsloser Kleinheit. Freilich ist der Bau der Sender neuerer Art längst nicht so einfach wie die Konstruktion der älteren, und das ist auch der Grund, weshalb sie später entstanden sind.

Die gedämpften Schwingungen haben zwei Kennzeichnungen: die Schwingungszahl oder Frequenz und die Funkenfolge oder Serienzahl in der Sekunde. Die Letzte allein ist es, durch die der Ton im Telephon des Empfängers erzeugt wird. Bei den ungedämpften Schwingungen fällt nun aber die zweite Kennzeichnung fort. Sie besitzen nur noch Charakterisierung durch die Schwingungszahl. Deshalb ist keine der Empfangseinrichtungen, die wir kennengelernt haben, für sie zu benutzen.

Es entstanden nicht geringe Schwierigkeiten, die immer gleichmäßigen Schwingungen, deren Frequenz weit über der Hörbarkeitsgrenze liegt, den menschlichen Sinnen wahrnehmbar zu machen. Wie so oft in der Technik waren aber gerade diese Schwierigkeiten

Anlaß zur Schaffung neuer Empfangsarten, die eine außerordentliche Verbesserung brachten. Die Wirkungsart dieser sehr geistreichen Konstruktionen ist der Leistungsfähigkeit der älteren so weit überlegen wie etwa die Riechkraft eines Spürhunds dem menschlichen Geruchssinn. Gleichzeitig haben die Empfänger für ungedämpfte Schwingungen eine sehr bedeutende Steigerung der Störungsabwehr gebracht. Sie sind weit genauer abzustimmen und dadurch gegen die Einflüsse fremder Sender gründlicher gefeit.

Einen besonderen Ehrenplatz im Reich der Fernmeldetechnik haben sich die ungedämpften Schwingungen dadurch erworben, daß sie es gewesen sind, die eine allergroßartigste Form der Nachrichtenübermittlung erst ermöglicht haben, nämlich das drahtlose Fernsprechen. Die Erörterungen in Abschnitt 31 werden das klarlegen.

16. Der Lichtbogensender

Das Gefäß der Funktechnik ist mit Seltsamkeiten bis zum Rand gefüllt. Wir haben in den vorstehenden Abschnitten bereits so viele eigenartig gebaute Apparate kennengelernt, daß wir gegen Überraschungswirkungen abgestumpft zu sein glauben. Dennoch müssen wir jetzt wiederum einen Augenblick staunend stillstehen.

Die älteste in der Praxis angewendete Vorrichtung zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen, welche die drahtlose Technik besitzt, ist eine Lampe. Ein Gerät, das lange der Menschheit ruhig geleuchtet hat, erhielt plötzlich einen neuen Lebensinhalt. Es ist, als ob ein Mann, der jahrzehntelang friedlich seine Scholle bebaute, jäh entdeckt, daß er sich vorzüglich zum politischen Agitator eigne. Wie ein solcher Mann, weit über die Grenzen seines Güтчens hinaus-schreitend, den Boden der Menschheit zu beackern beginnt, so sah sich unser Apparat, der bisher freundliches Licht über einen engen Umkreis strahlte, eines Tags instand gesetzt, Ätherbewegungen über Tausende von Kilometern hinweg anzuregen.

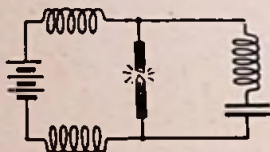
Es geschah zum erstenmal im Jahre 1821, daß der elektrische Strom zur Lichterzeugung gezwungen wurde. Der englische Forscher Humphrey Davy entdeckte damals, daß eine hellstrahlende Erscheinung entstand, wenn er zwei Kohlenstücke, die im Stromkreis einer großen Voltaschen Säule lagen und einander berührten, ein kurzes Stück voneinander entfernte. In dem Luftspalt, der den Strom eigentlich hätte unterbrechen müssen, ging die Elektrizität in Form eines Licht- oder Flammenbogens über. Es war die Geburtsstunde des Bogenlichts, das noch heute unter allen irdischen Leuchterscheinungen die höchste Strahlkraft besitzt.

Lange Zeit mußte vergehen, bis auf Grund von Davys Entdeckung ein allgemein benutzbarer Leuchtapparat gebaut werden konnte. Denn die Kohlen, zwischen denen der Bogen übergeht, werden durch die hierbei auftretende außerordentlich große Hitze verzehrt, und es ist notwendig, den Abstand durch selbsttätige Nachregelung stets auf gleicher Größe zu halten. Erst durch die Bemühungen von Hefner-Alteneck und Werner Siemens gelangte die Menschheit in den Besitz der Bogenlampe, die lange im Gebiet der elek-

trischen Beleuchtung allein herrschend war, bis die Glühlampe sich ihr beigesellte. Heute ist die technisch wie wirtschaftlich bewundernswert ausgebildete Glühlichtbeleuchtung im Begriff, die Bogenlampe abzutöten.

Im Jahre 1899 fand der Amerikaner Duddell, daß die Bogenlampe durch Anbringen einer Zusatzeinrichtung zum Schwingungserzeuger gemacht werden könne. Die von ihm geschaffene Anordnung zeigt Bild 71.

Die beiden Kohlenstäbe, die hier keine selbsttätige Nachstellvorrichtung haben, sind über zwei Spulen hinweg mit den Polen einer Gleichstromquelle verbunden. Wir wollen annehmen, daß ihre Spitzen vorläufig noch so weit voneinander entfernt sind, daß der Lichtbogen sich nicht auszubilden vermag. Parallel zu den Kohlen ist ein Leitungszweig mit Kondensator und Selbstinduktionsspule angeschaltet. Durch diesen Zweig kann der Gleichstrom nicht fließen, weil der Kondensator ihn abriegelt.



71. Duddells Anordnung zur Erzeugung von Schwingungen mittels Bogenlampe

Der Strom ist zunächst nur imstande, den Kondensator ein einziges Mal bis zu seiner Höchstspannung aufzuladen. Alsdann tritt elektrische Ruhe in dem System ein, solange der Bogen noch nicht entzündet ist. Die Spannung des Gleichstroms möge 440 Volt betragen. Ebenso groß ist alsdann die Spannung zwischen den beiden Kondensatorplatten

und zwischen den Spitzen der noch nicht durch einen Lichtbogen verbundenen Kohlen.

Nun wird der Bogen gezündet, indem die Kohlen bis zur Berührung genähert und gleich darauf ein kurzes Stück voneinander entfernt werden. Der Übergang der Elektrizität durch die Luft wird hier, gerade wie in der Funkenstrecke, durch Ionisation der Luftteilchen zwischen den Kohlespitzen möglich (Seite 68). Der Bogen ist aber an sich eine ruhende, elektrisch träge Erscheinung. In ihm treten, wenn er allein angeschaltet ist, keine Schwingungserscheinungen auf wie im Funken, weil die Spannung des speisenden Stroms überreichlich groß ist, um einen ständigen Übergang der Elektrizität zu unterhalten.

In dem Augenblick, in welchem der Bogen gezündet wurde, hat jedoch eine Veränderung der Spannung zwischen den beiden Kohlespitzen stattgefunden. Während diese bisher unter dem Druck des Gleichstroms, der keinen Übergang fand, 440 Volt betrug, ist sie jetzt stark gesunken. Denn der ruhende Lichtbogen oder, besser gesagt, seine ionisierte Bahn ist ein Leiter mit bestimmtem Widerstand. Die Spannung zwischen den Kohlespitzen muß sich diesem Widerstand entsprechend niedriger einstellen.

Wir wissen aber, daß zwischen den beiden Kondensatorplatten im angeschalteten Zweig eine Spannung von 440 Volt besteht. Diese muß sich nun über den Schließungskreis des Kondensators, der durch den gezündeten, leitungsfähigen Bogen entstanden ist, ebenfalls erniedrigen.

Wenn dieser Ausgleich stattfindet, wird die Selbstinduktionsspule im Kondensatorzweig von einem Strom durchflossen, und sie ist durch ihre stromverlängernde Wirkung (Seite 50) Ursache, daß sich der Kondensator bis auf Nullspannung entladet, ja sogar darüber hinaus zur entgegengesetzten Spannung gelangt.

Ein dauernder Schwingungsvorgang wird, hieran anschließend, durch ein eigenartiges Verhalten des Lichtbogens herbeigeführt.

Dieser Leiter von besonderer Gestalt hat nämlich die Eigenschaft, daß sein Widerstand sinkt, wenn die Stärke des durch ihn hindurchgehenden Stroms zunimmt. Nun hat sich ja während der Entladung des Kondensators dem bogenspeisenden Gleichstrom der Kondensatorstrom zugesellt, der ebenfalls durch den Bogen geht. Die Spannung zwischen den Kohlespitzen hat daher stark abgenommen.

Sobald der Kondensator entladen ist, hört der zusätzliche Strom auf. Unter dem alleinigen Einfluß der Gleichstromquelle tritt zwischen den Kohlespitzen wieder eine höhere Spannung auf. Jetzt erhält der ja weit darunter entladene Kondensator eine neue Ladung. Diese schießt wieder im anderen Sinn über das Ziel hinaus, da die Induktionsspule von neuem stromverlängernd wirkt. Darauf findet in dem Kreis, der Kondensator, Selbstinduktionsspule und Kohlestäbe enthält, ein neuer Entladungsvorgang statt. Durch Verringerung des Bogenwiderstands bringt er die Spannung zwischen den Kohlespitzen wieder unter die Normalhöhe. Es bilden sich also in dem eben bezeichneten Kreis Schwingungen aus, deren Frequenz allein von der Kapazität und Selbstinduktion dieses Kreises abhängig ist.

Im Gegensatz zu den Schwingungen, die bei der Funkenentladung auftreten, sind die hier entstehenden ungedämpft, weil der Kondensator nach der Entladung stets sofort wieder angefüllt wird. Entladungs- und Ladungsstrom folgen immer wieder unmittelbar, pausenlos aufeinander, und jeder dieser Doppelvorgänge bildet eine Schwingung.

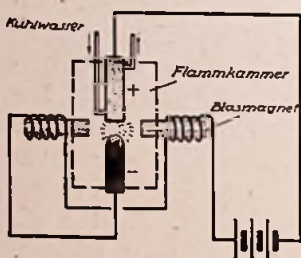
Durch Koppeln einer Antenne mit der Selbstinduktionsspule im Kondensatorkreis können die von der Bogenlampen-Anordnung erzeugten ungedämpften Schwingungen, gerade wie vorher die gedämpften, auf einen offenen Strahlkreis übertragen werden.

Die Einschaltung der beiden Spulen in den Speisekreis auf Bild 71 ist notwendig, damit die Schwingungen nicht den Weg über die Stromquelle nehmen. Sie haben ja Wechselstromcharakter, so daß

die Selbstinduktion der beiden Spulen für sie eine Sperre ist, die sie zwingt, im Lichtbogenkreis zu bleiben.

In der Anordnung, die Duddell geschaffen hat, gehen die Schwingungen nur verhältnismäßig langsam vor sich. Der Kondensator wird, je nach der Größe der Selbstinduktion im Kreis, 10000 bis 15000 mal in der Sekunde entladen. Ebenso häufig ändert sich der Widerstand des Bogens, womit eine Schwankung der Bogenwärme verbunden ist. Die im Bogen befindliche Luft ändert ihre Wärme mit diesem. Es treten also während des Schwingungsvorgangs Verdünnungen und Verdichtungen der Luft auf, die unser Ohr als Schallschwingungen empfindet.

Auf diese Art entsteht die singende Bogenlampe, die zur Zeit ihres ersten Erscheinens die Aufmerksamkeit weiter Kreise auf sich lenkte. Man kann die Lampe im Duddellkreis beliebige Töne singen lassen, wenn man etwa durch Druck auf Tasten Spulen verschiedener Selbstinduktion wechselnd einschaltet. Das hat Slaby in seinen Vorlesungen an der Technischen Hochschule in Berlin oft getan. Die Hoffnung, daß auf diese Weise eine Orgel mit Fernwirkung gebaut werden könne, hat sich jedoch nicht erfüllt, da die Bogenlampe keine reinen Töne gibt.



72. Bogenlampensender nach Poulsen

Für die Zwecke der drahtlosen Telegraphie ist aber eine Schwingung mit der Höchsthäufigkeit 15000 und auch noch weit darüber hinaus nicht geeignet. Hier müssen weit mehr Schwingungen in der Sekunde vor sich gehen, damit eine brauchbare Wellenlänge entsteht. Der Ausbau der ursprünglichen Bogenlampen-Anordnung in dieser Richtung gelang 1902 dem Dänen Valdemar Poulsen (sprich Paulsen). Er erkannte, daß die Änderung des Widerstands im Lichtbogen, auf die es ja ankommt, sehr rasch vor sich gehen würde, wenn der Bogen Gelegenheit hätte, die zusätzliche Wärme, die er während der Kondensator-Entladung erhält, nach dem Aufhören des Kondensatorstroms geschwind nach außen abzugeben.

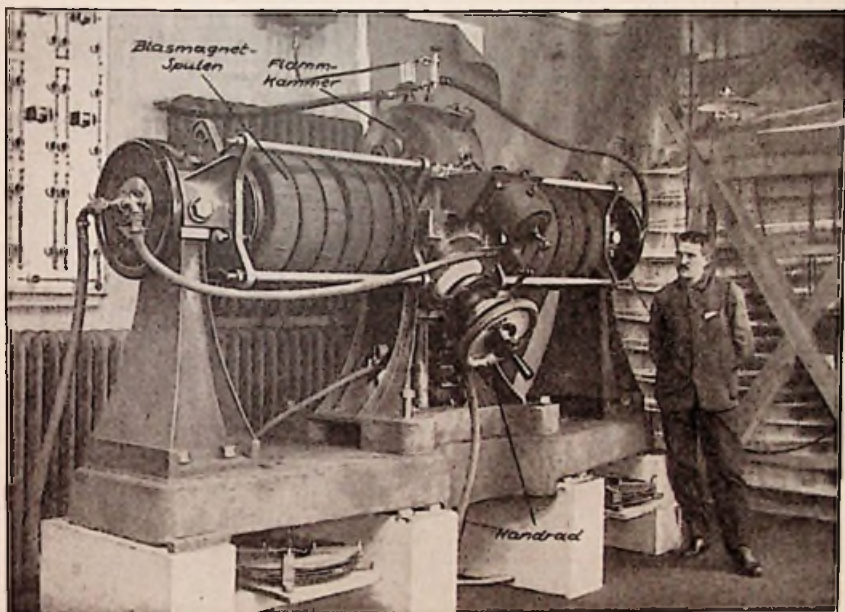
Diese Wirkung führt Poulsen auf dreierlei Art herbei.

Er läßt den Bogen nicht mehr offen brennen, sondern bringt ihn in ein geschlossenes eisernes Gehäuse, die Flammkammer, in die Spiritus in langsamem Tropfenfall eingeführt wird. Um den heißen Bogen bildet sich alsdann durch Zerspaltung des Spiritusdampfes eine Atmosphäre von Wasserstoff; dieses Gas ist der beste uns bekannte Wärmeleiter.

Damit die Wärmeabführung noch verstärkt wird, verlängert Poulsen den Bogen so weit wie möglich. In die beiden Drosselspulen sind

zu diesem Zweck Eisenkerne gesetzt, die bei durchfließendem Strom zu starken Magneten werden. Ihr Feld wirkt auf das gleichgerichtete Feld, das der Lichtbogen als Leiter im gleichen Stromkreis um sich hat. Es findet Abstoßung statt, die den leicht beweglichen Bogen zwingt, in hochgeschwungener Linie statt auf dem kürzesten Weg zwischen den Kohlespitzen überzugehen. Die Oberfläche des Bogens ist hierdurch bedeutend vergrößert, so daß ein rascherer Wärmeabfluß stattfindet.

Zu dritt bildet Poulsen die positive Elektrode nicht aus Kohle, sondern als ein ausgehöhltes Kupfergefäß, durch dessen Inneres

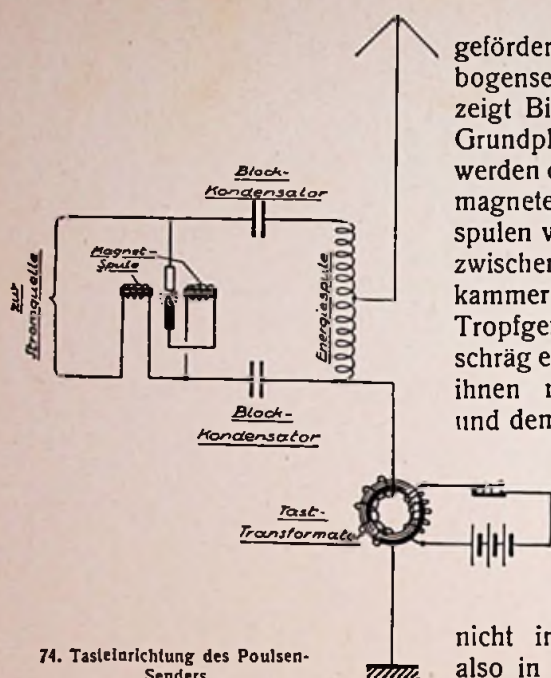


73. Poulsen-Sender in der Bauart der Firma C. Lorenz

fließendes Wasser geleitet wird. Das Ende der positiven Elektrode ist die heißeste Stelle in der gewöhnlichen Bogenlampe; die Temperatur steigt hier über 4000 Grad hinaus. Deshalb wirkt Kühlung an dieser Stelle besonders günstig.

Der Kohlestab, der nach wie vor die negative Elektrode bildet, wird ständig um seine Längsachse gedreht, damit der Bogen seine Länge nicht durch Ausbrennen einer Vertiefung ändern kann. Hierdurch würde die Konstanz der erzeugten Schwingungen ungünstig beeinflußt werden. Der Vorschub der abbrennenden Kohle geschieht in vorsichtiger Weise von Hand.

Der praktische Ausbau der Poulsen-Sender ist bei uns durch die Bemühungen der C. Lorenz-Aktiengesellschaft in Berlin bedeutend



74. Tasterichtung des Poulsen-Senders

gefördert worden. Einen Lichtbogensender der Lorenz-Bauart zeigt Bild 73. Von vier auf der Grundplatte befestigten Stützen werden die beiden mächtigen Blasmagnete getragen, deren Erregerspulen vielfach unterteilt sind. Dazwischen befindet sich die Flammkammer mit aufgesetztem Spiritus-Tropfgefäß. Die Elektroden treten schräg ein; wir sehen nur eine von ihnen mit der Drehvorrichtung und dem Handrad, das zum Nachstellen dient.

Das Tasten der Schwingungsenergie, welche die mit dem Poulsen-Sender gekoppelte Antenne ausstrahlt, kann nicht im Speisekreis geschehen, also in dem Kreis, der von der Gleichstromquelle und der Bogen-

lampe gebildet wird. Denn beim Unterbrechen dieses Kreises würde ja der Bogen jedesmal erlöschen und müßte immer wieder neu gezündet werden. Hierdurch würde die Gleichmäßigkeit der ungedämpften Strahlung gestört werden, auch wenn das Zünden über die stark ionisierte Bogenstrecke noch so rasch vor sich ginge. Die Taste wird darum beim Poulsen-Sender in den Antennenkreis gelegt.

Das Verfahren beruht darauf, daß in einem Eisenring, wenn die darum gewickelte Spule von Wechselstrom durchflossen wird, Wirbelströme entstehen, die auf die Spule zurückwirken, und in ihr einen scheinbaren Widerstand erwecken, der keinen Strom mehr durchgehen läßt. Bei offener Taste ist daher die Antenne am Tasttransformator auf Bild 74 elektrisch unterbrochen. Sie gibt keine Strahlung ab. Die Schwingungen bleiben in dem Kreis, den der Lichtbogen, der obere Block-Kondensator, die Energie-Spule und der untere Block-Kondensator bilden und strahlen nicht hinaus. Wird jedoch die Taste niedergedrückt, so fließt durch die zweite Wicklung auf dem Tasttransformator-Ring ein Gleichstrom von genau bestimmter Stärke, der den Eisenring auf die höchst mögliche Magnetisierung bringt. Er verhält sich jetzt gegenüber dem Antennenstrom so, als bestünde er aus unmagnetischem Stoff. Der scheinbare Widerstand der Antennenspule am Tasttransformator fällt

fort, der Luftdraht schickt ungehindert die ungedämpften Strahlungen aus, die er vom Bogenlampenkreis her erhält.

Zugleich ist jetzt die Selbstinduktion der Energie-Spule, die störend wirken könnte, aufgehoben. Denn die Schwingungsenergie durchläuft die Hälften der Energie-Spule gleichzeitig in entgegengesetztem Sinn. Sie strömt einmal durch den Luftdraht und den unteren Teil der Energie-Spule zur Erde, das andere Mal über Luftdraht, oberen Teil der Energie-Spule, oberen Block-Kondensator, Lichtbogen und unteren Block-Kondensator gleichfalls zur Erde.

Die deutsche Marine hat den Poulsen-Sender mit Vorliebe benutzt, augenblicklich wird er besonders in Amerika viel verwendet, wo auch Einheiten bis zu 500 Kilowatt Primärenergie ausgebildet worden sind.

17. Die Hochfrequenzmaschinen

Es war von Beginn an der Traum der Funkingenieure, ungedämpfte Schwingungen von genügend hoher Periodenzahl mit der Maschine erzeugen zu können. Sie wünschten von Herzen, in der Lage zu sein, die zum Betreiben ihrer Einrichtungen nötige Energie auf dieselbe bewährte Art zu bereiten, wie sie im Bereich der älteren Elektrotechnik seit langem üblich war.

Der Gedanke lag nahe genug, denn die Wechselstromdynamos in den Kraftwerken waren und sind ja nichts anderes als Erzeuger elektrischer Schwingungen. Auch der Wechselstrom gewöhnlicher Art ist eine Schwingung, freilich eine sehr langsame. Er pendelt nur 50 mal in der Sekunde über Wellenberg und Wellental. Es gelang noch ziemlich rasch und bequem, die Periodenzahl für die Ansprüche des Löschfunken-Senders auf 500 zu steigern. Eine Hochfrequenzmaschine aber, die nicht eine schwingungsvermehrnde Funkenstrecke zur Erzeugung gedämpfter Schwingungen zu speisen, sondern ihre ungedämpften Wellen direkt in die Antenne zu senden hatte, sollte 100 000 Schwingungen in der Sekunde liefern, weil man damals glaubte, daß Wellenlängen von 3000 Metern am besten verwendbar wären. Zur Gewinnung so hoher Frequenzen mußte ein Sprung über eine weite Kluft getan werden, zu dem man sich lange nicht entschließen konnte.

Es erstand der drahtlosen Welt aber schließlich doch ein Tapferer, der über den Abgrund setzte. Er fürchtete sich nicht davor, Maschinenteile nahezu mit Geschosßgeschwindigkeit durch den Raum sausen zu lassen.

Daß der sich drehende Teil einer Hochfrequenzmaschine für 100 000 Perioden äußerst schnell laufen muß, sagt uns eine einfache Überlegung an Hand der grundsätzlichen Darstellung auf Bild 7, Seite 28.

Wenn wir eine solche Einrichtung unverändert zur Erzeugung der hohen Frequenz benutzen wollten, müßte die Drahtschleife sich 100 000 mal in der Sekunde herumdrehen. Das ist nun freilich unmöglich, da es keinen Stoff gibt, der die bei so rasendem Umschwingung auftretenden Fliehkräfte auszuhalten vermöchte. Selbst der beste Stahl würde wie eine venezianische Glasträne zerspringen.

Wir können uns aber dadurch helfen, daß wir, wie bereits einmal erwähnt wurde, an die Stelle des Einen Erregermagnetpaares deren viele um den Drehraum der Drahtschleife setzen.

Haben wir z. B. zehn Magnetpaare dort angebracht, so braucht die Schleife zur Erzeugung von 100 000 Perioden nur noch 10 000 mal in der Sekunde umzulaufen. Aber auch das ist noch viel zu viel. Erst wenn wir 333 Magnetpaare verwenden, kommen wir auf die Umlaufzahl 333 in der Sekunde, das sind rund 20 000 Umdrehungen in der Minute. Diese sind gerade noch zulässig, wenn auch nicht für eine geschmeidige Drahtschleife. Die richtige Form für den schnell umlaufenden Drehkörper zu finden macht jedoch keine Schwierigkeiten, wie wir alsbald sehen werden.

Der Hochfrequenz-Erzeuger mit 20 000 minutlichen Umdrehungen war kaum geschaffen, als man einsah, daß dieser streng geradeaus gerichtete direkte Weg zur Hervorbringung der Hochfrequenz-Periodenzahl mittels Maschinen doch nicht der beste sei. Der mechanische Aufbau der Vorrichtungen dieser Art bietet sehr große Schwierigkeiten und macht sie recht teuer. Es fand sich ein Nebenweg, der auf bequemere Art zu dem gleichen Ergebnis führte. Außerdem war die Erfahrung gewonnen worden, daß auch Wellenlängen von 10 000 bis 15 000 Metern mit Frequenzen von 30 000 bis 20 000 insbesondere für Großstationen sehr gut brauchbar seien.

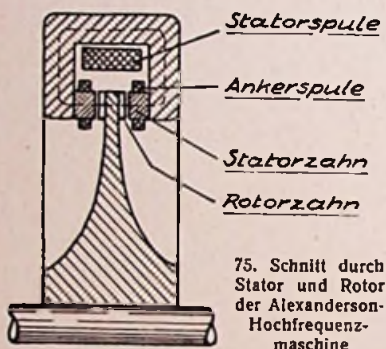
Fortab konnten Hochfrequenzmaschinen mit weit geringerer Drehzahl für den umlaufenden Körper gebaut werden. Sie bringen unmittelbar nur 6000 bis 8000 Perioden hervor, die nachträglich auf höhere Frequenz gebracht werden. Diese Steigerung der Schwingungszahl geschieht entweder in der Maschine selbst oder außerhalb dieser in ruhenden Apparaten.

Es befinden sich heute Hochfrequenzmaschinen aller drei Gattungen im Betrieb, solche also, welche die Hochfrequenz unmittelbar hervorbringen, andere, welche die niedrigere Grundfrequenz im Innern der Maschine erhöhen, und endlich solche, die sie draußen steigern. Diese Maschinen sind im Augenblick die Herrscher in den Großstationen. Wo eine Riesenantenne aufgerichtet ist, um über viele tausend Kilometer hinweg Zeichen zu senden, da wird sie allermeist von einer Hochfrequenzmaschine gespeist. Die größte und leistungsfähigste aller Hochfrequenzmaschinen befindet sich in Nauen, und es darf gesagt werden, daß sie die beste ihrer Art ist.

Das Geburtsjahr der maschinellen Schwingungserzeuger von praktisch brauchbarer Form ist 1906. Damals schuf der Amerikaner Fessenden ein Gerät dieser Art, das freilich nur 2,5 Kilowatt abzugeben vermochte. Nach denselben Grundsätzen hat dann Alexanderson größere Maschinen zur unmittelbaren Erzeugung von 100 000 Perioden gebaut.

Wenn der Leser den Querschnitt durch die Alexanderson-Maschine auf Bild 75 mit der Anordnung auf Bild 7 vergleicht, so wird er zunächst finden, daß die beiden dargestellten Gegenstände einander nicht mehr gleichen als etwa ein Kachelofen und ein Zentralheizungskörper; und doch sind sie gleich jenen eng verwandt.

Damit elektrische Schwingungen in einer Maschine entstehen, ist es notwendig, daß eine Drahtschleife oder Spule in das Kraftlinienfeld eines Magneten eindringt, um es sofort wieder zu verlassen. Ob dieses Eindringen der Spule dadurch geschieht, daß sie selbst sich gegen den Magneten bewegt oder durch Bewegung des Magneten gegenüber der Spule, ist gleichgültig. Es kommt nur darauf an, daß Magnet und Spule eine Relativbewegung zueinander ausführen.



75. Schnitt durch Stator und Rotor der Alexanderson-Hochfrequenzmaschine

Nun hat es sich gezeigt, daß es für den Bau sowohl der Wechselstrommaschinen zur Erzeugung niederfrequenten Starkstroms wie der Hochfrequenzmaschinen günstiger ist, die vervielfachte Drahtspule, die Wicklung, stillstehen zu lassen, und die Erregermagnete zu bewegen. Man gewinnt bei zwei Gattungen der Hochfrequenzmaschinen hierdurch die Möglichkeit, den in jedem Fall sehr rasch sich bewegenden Rotor — das ist der umlaufende Teil — aus einem

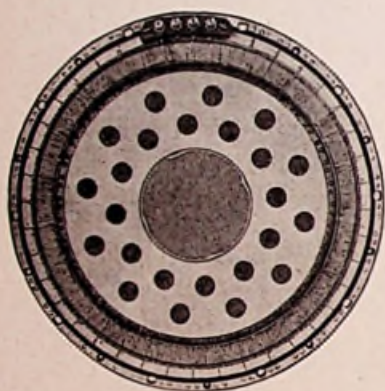
einzigem Stück Stahlguß herzustellen und ohne Stromzuleitungen zu lassen. Die Unzahl der Drahtwindungen, die bei rascher Drehung schwer zu befestigen sind, befinden sich dann auf dem stillstehenden Teil, dem Stator. Dieser ist jetzt der Anker der Maschine.

Der Rotor der Alexanderson-Maschine (Bild 75), der Träger der Erregermagnete, ist eine schmale Scheibe aus Stahlguß, die in der Mitte einen kräftigen Wulst zur Durchführung der Welle trägt. Der Rand ist verdickt und durch Einfräsen von Nuten mit 333 radial stehenden Zähnen auf jeder Seite versehen. Ebenso viele Zähne von gleicher Breite befinden sich zweimal auf dem Stator. Die Zahnvorsprünge des Rotors können sich zwischen den Zahnvorsprüngen des Stators mit äußerst schmalen Abstand hindurchdrehen.

Wie unser Bild zeigt, hat der aus Gußeisen gefertigte Statorring im Querschnitt die Form eines Jochs; dieses ist nur im unteren Teil durch einen Schlitz unterbrochen, in dem der Rotor mit seinen seitlichen Zähnen läuft. Auf jeden Statorzahn ist eine Spule aus isoliertem Kupferdraht geschoben, die nichts anderes darstellt, als eine Vervielfachung der Drahtschleife auf Bild 7. Die sämtlichen Ankerspulen einer Maschinenseite sind hintereinander ge-

Der wallende Magnetismus in ihren Kernen ruft in den Ankerspulen einen auf- und abwallenden Strom, eine Schwingung, hervor. Die Amplitude schwillt in ihnen allen gleichzeitig auf und ab, die Gesamtheit der am ganzen Umfang der Maschine erzeugten schwingenden Energie kann an den Endklemmen der Maschine abgenommen und der Koppelungsspule für die Antenne zugeführt werden.

Da die Zahl der Zähne an Rotor und Stator 333 beträgt, bei einer Umdrehung der Rotorscheibe also der Magnetismus in den Ankerspulen ebenso oft vom Maximum zum Minimum geht, so wird bei jeder Umdrehung die Frequenz 333 hervorgerufen. Die Zahl der sekundlichen Umdrehungen der Rotorscheibe beträgt 333, so daß eine Periodenzahl von $333 \text{ mal } 333 = \text{rund } 100\,000$ entsteht.



77. Alexanderson-Hochfrequenzmaschine
von der Seite gesehen,
mit offenem Stator und Rotor

Die Schwingungen sind ungedämpft, weil sie ja unausgesetzt in gleicher Stärke entstehen.

Um die sehr hohe Umdrehungszahl der ersten Alexanderson-Maschine hervorzurufen, muß zwischen den treibenden Elektromotor, obgleich dieser seiner Natur entsprechend schon recht geschwind läuft, und den schwingungerzeugenden Rotor noch ein steigerndes Zahnradgetriebe gesetzt werden. Das ist eine sehr unangenehme, kraftverzehrende Beigabe. Änderung der Periodenzahl ist nur durch Änderung der Umlaufgeschwindigkeit möglich, wobei die

Leistung der Maschine sinkt. Die Lagerung der Rotorwelle muß äußerst genau ausgeführt werden, da der schmale Spalt zwischen den Statorzähnen und den Rotorzähnen jede Verschiebung in der Achsrichtung verbietet. Der fortwährende, äußerst schnelle Wechsel der Magnetisierungsstärke im Statoreisen ruft in diesem eine sehr starke Erwärmung hervor, die ungünstig wirkt.

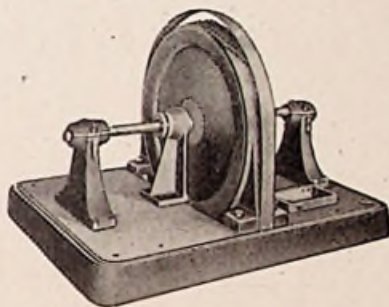
Die Alexanderson-Maschine für 100 000 Perioden konnte nur für kleine Leistungen gebaut werden. Seit man aber mit dem dritten oder sogar fünften Teil dieser Frequenzziffer zufrieden ist, sind auch Großkonstruktionen dieser Art entstanden. Sie werden in Amerika viel verwendet, obgleich das Zahnradzwischengetriebe immer noch nicht entbehrt werden kann.

Eine ähnliche Bauart hat die Hochfrequenzmaschine des Franzosen Latour, die von der Compagnie Générale Radioélectrique gebaut wird. Auch sie erzeugt die hochfrequenten Schwingungen unmittelbar. Der Hauptunterschied gegen die Alexanderson-Maschine ist,

daß Latour auf dem Rotor dreimal so viel Zähne unterbringt, wie sie der Stator besitzt, wodurch er zu geringerer Umlaufgeschwindigkeit gelangt. Beiden Maschinen ist als Vorzug anzurechnen, daß zwischen ihren Endklemmen und der Koppelungsspule für die Antenne keine Umformung der Schwingungen vorgenommen zu werden braucht, die immer einen Energieverlust mit sich bringt.

In Deutschland wurde die erste Hochfrequenzmaschine im Jahre 1911 von Professor Goldschmidt geschaffen. Der ihr zugrunde liegende Gedanke ist überaus geistreich, die Gesamtanordnung eine prächtige elektromagnetische Symphonie in vier Sätzen über ein einfaches klangvolles Thema. Obgleich diese Maschine sich in jahrelangem Dauerbetrieb bewährt hat, konnte sie bisher doch nicht die Welt erobern, da ihr symphonischer Aufbau vielerlei allzu schwierige Passagen einschließt.

Der Generator von Goldschmidt erzeugt die hochfrequenten Schwingungen bei verhältnismäßig langsam laufendem Rotor auf indirektem Weg. Die Steigerung der ursprünglichen Frequenz erfolgt innerhalb der Maschine.



78. Ansicht der betriebsfertigen Alexanderson-Hochfrequenzmaschine

Der Rotor hat wie bei allen Dynamomaschinen walzenförmige Gestalt und ist nach einem Verfahren, das gleichfalls in der Starkstromtechnik viel angewendet wird, aus dünnen Blechen geschichtet. Er trägt 150 Elektromagnete, ist also im Gegensatz zu den Drehkörpern aller anderen Hochfrequenzmaschinen mit Wicklungen versehen.

Der Stator besitzt gleichfalls 150 Elektromagnete, die von außen her mit Gleichstrom gespeist werden. Da der Rotor 4500 mal in der Minute oder 75 mal in der Sekunde umläuft, so wird in ihm zunächst ein Wechselstrom mit der Frequenz 75 mal 150 erzeugt. Erster Satz: 10 000 Perioden (in abgerundeter Zahl).

Nach den Ausführungen über die Rückwirkung der Antenne auf den Erregerkreis im Braunschen Sender auf Seite 64 ist es selbstverständlich, daß dieser Wechselstrom im Rotor eine Rückwirkung auf den eng benachbarten Stator üben muß. Das geschieht tatsächlich auch in allen gewöhnlichen Wechselstrommaschinen. Dort wird der Rückwirkung so weit wie möglich entgegengetreten, weil sie schädlich ist, Goldschmidt aber benutzt sie zur Frequenzsteigerung.

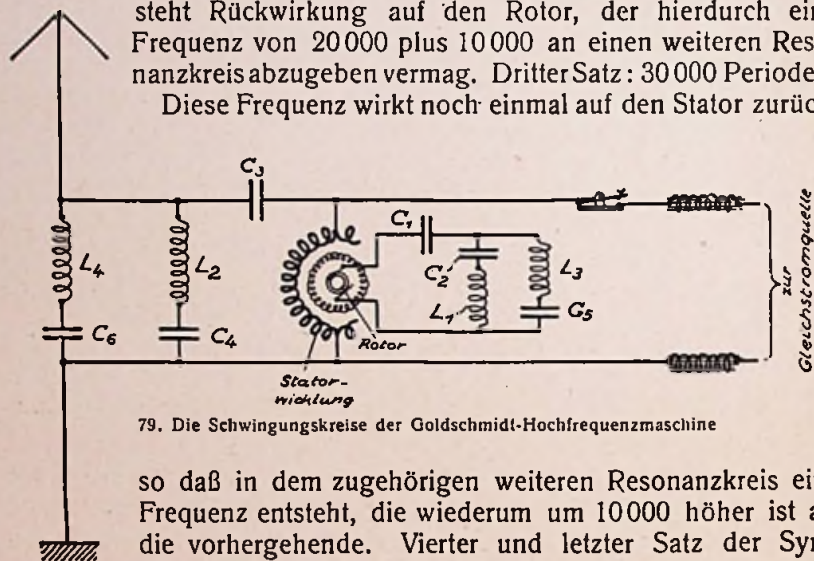
Der Wechselstrom im Rotor seiner Maschine arbeitet nicht auf ein Netz, sondern ist kurz geschlossen, und zwar durch einen Kreis mit Kapazität und Selbstinduktion, der für diesen Wechselstrom

genau abgestimmt wird. Durch die Bildung dieses Resonanzkreises wird die Rückwirkung auf den Stator sehr hoch gesteigert.

Befände sich der Stator in einem ruhenden Wechselfeld, so würde in ihm jetzt auch nur eine Frequenz von 10000 erregt werden. Da aber das vom Rotor erzeugte Wechselfeld sich mit diesem dreht und zwar mit einer Geschwindigkeit, welche die Frequenz anscheinend verdoppelt, so entsteht im Stator nun ein Wechselstrom von doppelter Frequenz. Zweiter Satz: 20000 Perioden.

Für diese Periodenzahl ist wiederum ein Resonanzkreis mit Kapazität und Selbstinduktion, diesmal am Stator, geschaffen. Es entsteht Rückwirkung auf den Rotor, der hierdurch eine Frequenz von 20000 plus 10000 an einen weiteren Resonanzkreis abzugeben vermag. Dritter Satz: 30000 Perioden.

Diese Frequenz wirkt noch einmal auf den Stator zurück,



79. Die Schwingungskreise der Goldschmidt-Hochfrequenzmaschine

so daß in dem zugehörigen weiteren Resonanzkreis eine Frequenz entsteht, die wiederum um 10000 höher ist als die vorhergehende. Vierter und letzter Satz der Symphonie: 40000 Perioden.

Diese werden in die Antenne geschickt, indem die Selbstinduktionsspule des letzten Resonanzkreises als Koppelungsspule benutzt wird. Der Luftdraht strahlt nunmehr eine Welle von 7500 Metern Länge aus.

Die Auslese der verschiedenen Frequenzen, die ja zum Teil durch die gleichen Leitungen gehen, ist möglich, weil Wechselströme verschiedener Periodenzahl durcheinander schreiten können, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen. Es geht im Wechselstrombezirk nicht so zu wie auf einem Landweg, wo ein durchziehender Heereshaufen die wandernden Ameisen zertritt. Der Vorgang ist vielmehr den Geschehnissen in einem Sonnenstrahl zu vergleichen, in dem ja auch Ätherwellen verschiedener Frequenzen nebeneinander bestehen; das spektrumbildende Prisma zeigt uns das klar an.

Ein rein theoretisches Schaltungsschema der Goldschmidt-Maschine gibt Bild 79. Die Statorwicklung ist hier der Übersicht halber nicht

als voller Ring gezeichnet. Die Rotorströme werden durch zwei Kohlenbürsten von zwei kupfernen Schleifringen abgenommen, in denen die Rotorwicklung endet. Die Erregung der Statorwicklung erfolgt von einer Gleichstrommaschine her, in deren Zuführungsdrähte Drosselspulen gelegt sind, die dem Wechselstrom den Zutritt zur Gleichstrommaschine verschließen. Für den ersten Rotorstrom von 10000 Perioden ist der Kreis C_1 , C_2 und L_1 abgestimmt. Der erste Statorstrom von 20000 Perioden findet Resonanz in dem Kreis C_3 , L_2 und C_4 . Für den zweiten Rotorstrom von 30000 Perioden ist der Schluß über C_1 , L_3 und C_5 bereitet. Die Endfrequenz von 40000 Perioden im Stator endlich geht über C_3 , L_4 und C_6 . Mit diesem Kreis ist die Antenne gekoppelt.

Das Tasten erfolgt im Gleichstromkreis und kann durch eine sehr einfache und leichte Anordnung bewirkt werden, da nur ein schwacher Strom unterbrochen zu werden braucht.

Zwei Goldschmidt-Hochfrequenzmaschinen von je 200 Kilowatt Leistung arbeiten seit langem in der Großstation Eilvese bei Hannover. Bild 80 zeigt die beiden von den Bergmann-Werken hergestellten Schwingungserzeuger nebst den Antriebsmotoren. Die Spulen und die Kondensatoren für die Abstimmung der verschiedenen Kreise sind in einem Gerüst über den Maschinen angebracht. Da die Antenne auch an den dritten Resonanzkreis angeschlossen werden



80. Zwei Goldschmidt-Hochfrequenzmaschinen nebst Antriebsmotoren in der Station Eilvese
Über den Maschinen die Abstimmorgane

kann, so hat die Station die beiden Wellen von 7500 und 10000 Metern zur Verfügung.

Weil bei der Anordnung nach Goldschmidt die hohen Frequenzen in der Maschine selbst auftreten, werden auch hier die Eisenteile stark erhitzt. Für den Stator ist Kühlung mittels durchströmenden Wassers, für den Rotor Luftkühlung vorgesehen. Stator wie Rotor dürfen ferner — gerade wie der Stator der Alexanderson-Maschine — nicht gleichmäßig gebildete Eisenkörper sein, weil sich alsdann in ihnen schädliche Wirbelströme bilden würden. Es ist dafür zu sorgen, daß diese sich nicht im Eisen kurzschließen können, und deshalb müssen die beiden Maschinenteile lamelliert, d. h. aus vielen tausend Blechen oder Lamellen zusammengesetzt werden, die gegeneinander isoliert sind. Die Dicke der Bleche im Goldschmidt-Rotor beträgt $\frac{1}{3}$ Millimeter; es befinden sich dazwischen Papierscheiben, die mit einem Isoliermittel getränkt sind. Der Rotor besteht also zur Hälfte aus Papier. Da der einzelne Punkt an seinem Umfang immerhin noch einen Weg von 150 Metern in der Sekunde zurückzulegen hat, so ist es sehr schwer, den vielfach unterteilten Drehkörper so zu bauen, daß er genügende mechanische Festigkeit gegenüber den auftretenden Fliehkräften hat. Bei den langsamer umlaufenden Starkstrommaschinen, die gleichfalls lamelliert sind, ist die Aufgabe seit langem gelöst.

Es muß festgehalten werden, daß die Frequenzvermehrung in der Goldschmidt-Maschine additiv geschieht. Zu der vorhergehenden Periodenzahl addiert sich stets die Grundfrequenz hinzu. Die Maschine von Nauen aber, die nun schon viele Jahre lang ihre Stimme über die Erde schickt, hat multiplikative Frequenzvermehrung. Bei ihr wird in jeder Stufe die vorherige Periodenzahl verdoppelt. Das bedeutet ein sehr viel geschwinderes Wachsen der Frequenz, weshalb diese Maschine schon mit 1500 Umdrehungen in der Minute auskommt.

Der Rotor ist hier wieder als nicht unterteilter Stahlgußkörper gebildet, der keine Wicklungen trägt. Die Einrichtungen zur Periodensteigerung befinden sich außerhalb der Maschine, so daß in dieser überhaupt keine Schwingungen sehr hoher Frequenz stattfinden. Die von den Kühleinrichtungen abzuführende Wärme ist deshalb verhältnismäßig gering.

Hochfrequenzmaschinen des in Nauen angewendeten Systems Telefunken sind augenblicklich schon in Großstationen auf holländischem Boden, in Österreich, Java sowie in Argentinien tätig, und es ist zu erwarten, daß ihr Anwendungsbereich weiter wachsen wird.

Wie bei der Alexanderson-Maschine wird der Urwechselstrom durch das Zusammenarbeiten eines gezähnten Rotors mit einem Stator von gleicher Zähnezahzahl bewirkt. Jeder Statorzahn trägt wieder

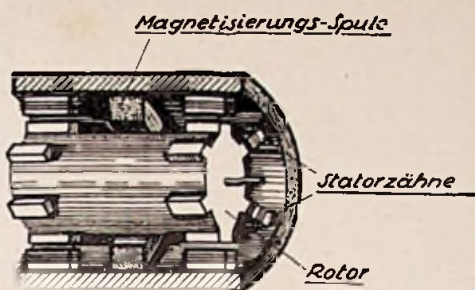
eine Ankerspule. Die Bauform ist jedoch ganz anders.

Der Rotor hat die Gestalt einer Walze. An beiden Enden sind 240 Nuten von 10 Zentimetern Länge parallel mit der Achsrichtung eingefräst, so daß ebenso viele Zähne entstehen. (Bild 81 gibt als Übersichtszeichnung nur wenige Zähne an.) Der Stator hat gleichfalls solche Nuten und Zähne. Die Luftspalte liegen hier nicht mehr wie bei der Alexanderson-Maschine senkrecht, sondern wagerecht; in weit bequemerer Weise als dort kann ein kühlender Luftstrom hindurchgeblasen werden. Inmitten des Stators befindet sich die mit Gleichstrom zu beschickende ringförmige Magnetisierungs-Spule, welche die Rotorzähne zu Magneten macht. Bei 1500 minutlichen oder 25 sekundlichen Umdrehungen ergibt sich bei 240 Zähnen eine Grundperiode von 25 mal 240 = 6000 Schwingungen.

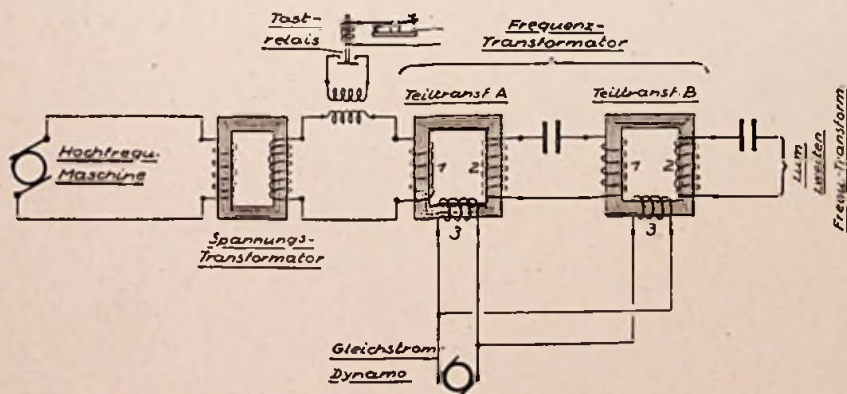
Sie werden aus der Maschine zunächst zu einem Transformator geführt, der die Spannung des Wechselstroms von 450 Volt auf 1900 Volt erhöht. Alsdann geht es über die Tasteinrichtung hinweg zu den Doppelungseinrichtungen.

Diesen liegt wiederum ein ausgezeichnete und bewundernswerter Gedanke zugrunde. Die Methode wurde zuerst von Epstein angegeben, später von Joly und Vallauri verbessert und ist vom Grafen Arco zur Verwendung in der drahtlosen Technik ausgebildet worden.

Bild 82 zeigt hinter dem Spannungs-Transformator zwei weitere Transformatoren, bestehend aus eisernen Jochen mit Wicklungen,



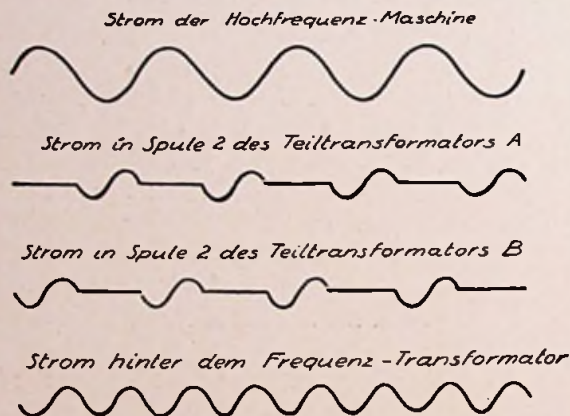
81. Stator und Rotor der Nauener Hochfrequenzmaschine in schematischer Darstellung



82. Frequenz-Transformierung der Nauener Hochfrequenzmaschine

die zusammen Einen Frequenztransformator bilden. Ihre Aufgabe ist es demgemäß nicht, die Spannung zu verändern, wie es die Transformatoren gewöhnlicher Art tun, sondern die Frequenz zu wandeln, in diesem Fall sie zu verdoppeln. Trotzdem unterscheiden sich die Vorrichtungen in ihrem Bau von den Spannungswandlern nur dadurch, daß sie statt zweier Spulen deren drei tragen. Zwei Spulen gleicher Windungszahl führen Wechselstrom, die dritte Gleichstrom.

Wird der Spule 1 des Teiltransformators A der Strom der Hochfrequenzmaschine mit seinen 6000 Perioden zugeführt, so ist, wenn die Spule 3 keinen Strom führt, aus der Spule 2 ein Wechselstrom von gleicher Spannung und gleicher Frequenz zu entnehmen, da



83. Verdopplung der Schwingungszahl durch einen Frequenz-Transformator der Nauener Hochfrequenzmaschine

ja die Spulen 1 und 2 gleiche Windungszahl haben. Es geschieht aber etwas sehr eigenartiges, wenn die Spule 3 Gleichstrom erhält, und zwar einen Strom von solcher Stärke, daß dieser das Transformatoreisen so stark magnetisiert, wie dies überhaupt möglich ist. Jeder eiserne Körper hat nämlich einen magnetischen Sättigungs-

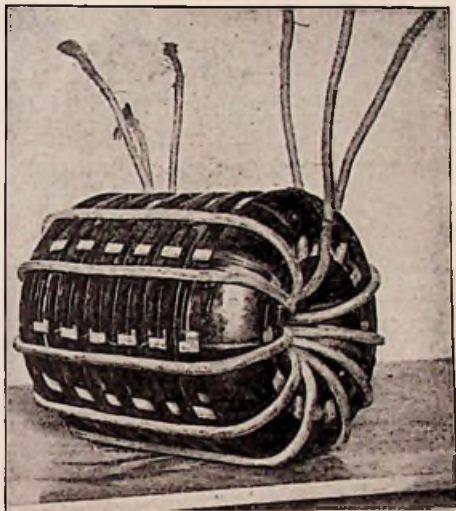
grad, über den hinaus seine Magnetisierung unter keinen Umständen getrieben werden kann.

Der Wechselstrom, der von der Hochfrequenzmaschine herkommt, soll in seiner ersten Halbperiode die gleiche Richtung haben, wie der Gleichstrom in Spule 3. Alsdann übt er auf Spule 2 überhaupt keine Wirkung, da er wegen der magnetischen Sättigung des Joch Eisens keine stromweckende Magnetisierungs-Änderung hervorzurufen vermag. Spule 2 gibt jetzt keinen Strom (Bild 83, zweite Zeile). In der nächsten Halbperiode aber, bei der die Richtung des Wechselstroms der des Gleichstroms in Spule 3 entgegengesetzt ist, geschieht nicht nur Eine Magnetisierungs-Änderung, wie das gewöhnlich der Fall ist, sondern es gehen deren zwei vor sich.

Während der Wechselstrom nämlich in dieser Halbperiode zu seinem Höchstwert anwächst, wird die Magnetisierung des Kerns geschwächt, was in Spule 2 einen Strom in der Einen Richtung hervorruft; während hierauf die Stromstärke des Wechselstroms

wieder auf Null absinkt, wächst unter dem Einfluß der Gleichstromspule 3 die Magnetisierung des Jochs von neuem zu ihrem alten Wert an, wodurch in Spule 2 ein Stromstoß in entgegengesetzter Richtung entsteht.

Die Gleichstromspulen an den beiden Teiltransformatoren *A* und *B* sind nun so geschaltet, daß der Strom durch sie in entgegengesetzter Richtung fließt. Die Folge ist, daß jede Halbperiode des Wechselstroms in dem einen Transformatorteil zwei Stromstöße erzeugt, während der andere tot bleibt. Bei der nächsten Halbperiode vollzieht sich das Umgekehrte. Aus den freien Enden der Spule 2 an dem Teiltransformator *B* erhält man also, während der ursprüngliche Wechselstrom einmal von Null zu Null schwingt, d. h. Eine Periode durchläuft, zwei Schwingungen von Null zu Null, da die Vorgänge in *A* durch *B* während dessen eigener Untätigkeit weitertransportiert werden. Die Frequenz des ursprünglichen Stroms ist verdoppelt.



84. Frequenztransformator

Der zweiteilige Frequenztransformator, der mit Strom von 6000 Perioden beschickt wurde, gibt 12000 Perioden ab. Dieser zweite Strom, in einen zweiten Frequenztransformator gleicher Bauart gesandt, erhält eine Steigerung seiner Periodenzahl auf 24000. Aus einem dritten Frequenzverdoppler können dann 48000 Perioden gewonnen werden.

Zur Steigerung des Wirkungsgrads sind alle von Wechselströmen durchflossenen Kreise mittels Kondensatoren sehr genau auf Resonanz abgestimmt. Durch besondere Schalteinrichtungen und Abstimmungsanordnungen ist es auch möglich, nach der Verdoppelung die Grundfrequenz additiv anzufügen, so daß auch Verdreifachung hervorgerufen werden kann. Auf diese Art vermag Nauen, ohne die Umdrehungszahl der Maschine zu ändern, mit vier verschiedenen Wellen zu arbeiten, die sich durch bloße Schaltungsänderungen in der Antenne ausbilden.

Die beiden in der folgenden Tabelle zuerst genannten Wellen werden nicht benutzt, weil sie zu lang sind.

Grundfrequenz der Maschine: 6000 Perioden = Welle von 50000 Metern.

Nach einmaliger Verdoppelung: 12000 Perioden = Welle von 25000 Metern.

Nach einmaliger Verdreifachung: 18000 Perioden = Welle von 16670 Metern.

Nach zweimaliger Verdoppelung: 24000 Perioden = Welle von 12500 Metern.

Nach einmaliger Verdoppelung plus einmaliger Verdreifachung: 36000 Perioden = Welle von 8835 Metern.

Nach dreimaliger Verdoppelung: 48000 Perioden = Welle von 6250 Metern.

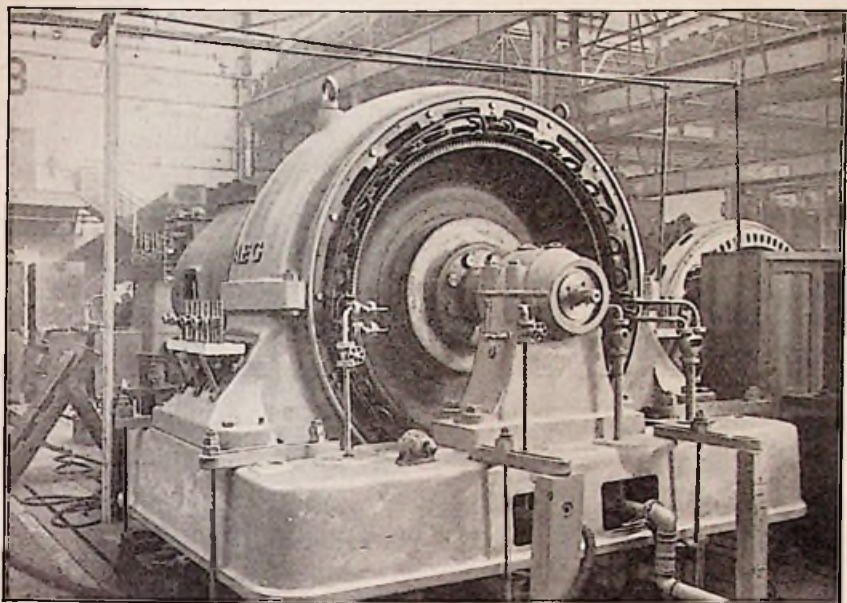
Das Tasten erfolgt in dem Kreis zwischen dem Spannungs- und dem ersten Frequenztransformator (Bild 82). In diesem Kreis liegt eine Spule mit so hoher Selbstinduktion, daß die Maschinenströme von ihr für gewöhnlich abgedrosselt werden; sie können dann nicht zu den Frequenztransformatoren gelangen. Es ist aber noch eine zweite Wicklung über die Drosselspule gelegt, die bei geschlossener Taste und damit bei geschlossenem Tastrelais von Gleichstrom durchflossen wird. Hierdurch ändert sich die Selbstinduktion der Tastspule so weit, daß ihre Drosselwirkung aufhört, daß sie die richtige Abstimmung für den Kreis besitzt, in dem sie liegt. Bei gedrückter Taste gehen also die von der Maschine erzeugten Schwingungen frei zu den Frequenztransformatoren hinüber und nach der Umformung dann weiter zur Antenne.

Wegen der vollkommenen Drosselwirkung der Tastspule geschieht das Tasten von voll auf leer, wodurch der Energieverbrauch stark hinabgesetzt wird.

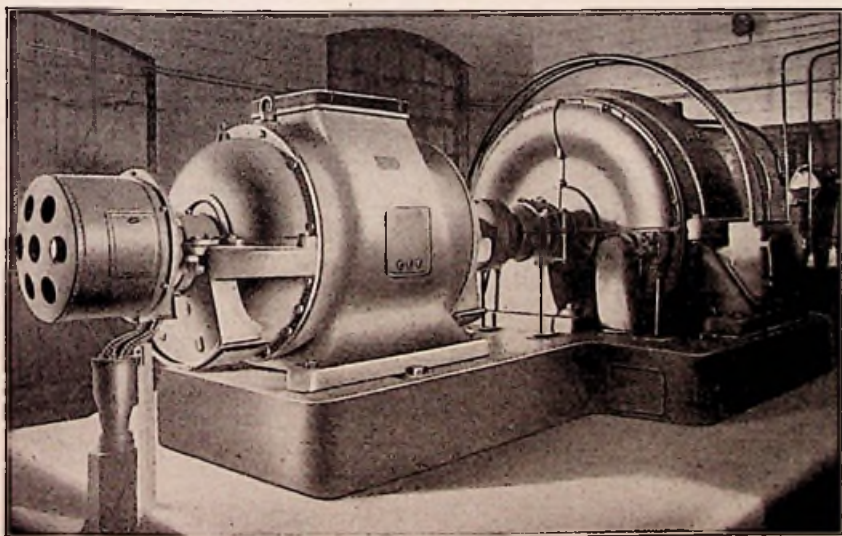
Die Energie, die das Tastrelais zu unterbrechen hat, ist gering. Es arbeitet ja in dem Nebenstromkreis, der nur den verhältnismäßig schwachen Gleichstrom zur Einstimmung der Tastspule führt. Es kann daher mit einem sehr kleinen, leichten Tastrelais gearbeitet werden, wodurch es möglich wird, die Geschwindigkeit der Zeichengebung sehr hoch zu steigern.

Die Konstanz der von der Antenne ausgestrahlten ungedämpften Wellen hängt natürlich von dem gleichmäßigen Lauf der Maschine ab. Es ist gelungen, in Nauen eine Umlaufsregulierung auszubilden, die über alles bisher Erreichte weit hinausgeht. Die sogenannte Phasensprung-Regulierung macht bereits Abweichungen um mehr als $\frac{1}{100}\%$ unmöglich.

Die Kühlung des Stators erfolgt mittels eingelegter Rohrschlangen, durch die Wasser fließt. Außerdem sind auf die Rotorachse Ventilatorflügel gesetzt, die einen kräftigen Luftstrom achsial durch die Maschine jagen.



85. Nauener Hochfrequenzmaschine von der Seite gesehen
Die Rotorzähne sind deutlich sichtbar



86. Nauener Hochfrequenzmaschine (rechts) mit Antriebsmotor (links)

Jede der beiden großen in Nauen arbeitenden Hochfrequenzmaschinen gibt eine Leistung von 736 Kilowatt her; davon kommen 410 Kilowatt in die Antenne.

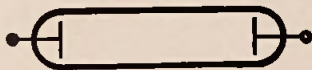
Der Hochfrequenzmaschine gehört die Gegenwart. Wie lange sie in der Zukunft herrschend bleiben wird, hängt von der Entwicklung einer dritten neuesten Senderart ab, die gleichfalls ungedämpfte Schwingungen und zwar mit ausgezeichneter Gleichmäßigkeit hervorbringt. Bevor wir in die Besprechung des Röhrensenders eintreten können, müssen wir die Geschichte und das Wesen seines Stamms, der Hochvakuumröhren, im allgemeinen betrachten.

18. Die Hochvakuumröhre

Die Luft ist der Elektrizität gegenüber für gewöhnlich ein vollkommener Isolator. Erst wenn die Spannung zwischen zwei ungleichnamigen Elektrizitätsmengen sehr hoch geworden ist, gelingt es ihnen, sich durch die Luft auszugleichen. Ist der Spalt, der überschlagen werden muß, auch nur 1 Zentimeter breit, so kann er erst bei einem Druck von 36 000 Volt durchdrungen werden.

Hat aber die Luft in der Zwischenstrecke nicht mehr die Dichte der Atmosphäre, ist der Elektrizität Gelegenheit gegeben, verdünnte Luft zu durchschreiten, dann findet der Ausgleich schon bei bedeutend geringerer Spannung statt.

Denken wir uns in ein kurzes Glasrohr zwei Elektroden, Metallstäbchen mit daran befestigten Platten, eingesetzt und diese mit einer Stromquelle verbunden, die eine Spannung von etwa 3000 Volt hervorruft, so findet ein Stromfluß durch die Röhre statt, wenn diese auf etwa den tausendsten Teil des Atmosphärendrucks ausgepumpt ist. Im kleinsten Bruchteil einer Sekunde ist alsdann eine leitende Brücke zwischen den beiden Elektroden geschlagen, über die der Strom hinwegschreiten kann.



87. Geißler-Rohr

Als Erbauerin der Brücke finden wir wieder die Ionisation, jene seltsame Umgestalterin des elektrischen Zustands der Luft, die uns auf Seite 23 bei der Erklärung der Tagesleitfähigkeit höherer, also gleichfalls dünner Luftschichten zuerst begegnete.

Wir hörten dort, daß die von der Sonne kommende ultraviolette Strahlung Teilchen negativer Ladung von den Luftmolekülen oder, genauer gesagt, von den Atomen der Luftbestandteile abspaltet, wodurch diese selbst geladen erscheinen. Dieselben ungemein winzigen Gebilde werden auch beim Stromdurchgang durch unsere Röhre frei.

Nach dem Weltbild der heutigen Physik besteht jeder kleinste Teil eines Körpers, das Atom, aus einem positiv geladenen Kern und negativ geladenen Teilchen, die um den Kern kreisen. Die Spannung, die an unsere Röhre gelegt ist, zersprengt die Atome. In dem Körper derjenigen Elektrode, die mit dem negativen Pol der Stromquelle verbunden ist, der Kathode, spaltet sie unausgesetzt

negativ geladene Teilchen ab, die sehr geschwind geradeaus davonfliegen. Durch den Anprall an die Luftmoleküle reißen sie von diesen wieder negativ geladene Teilchen ab, so daß sich in dem Raum zwischen der Kathode und der positiven Elektrode, die Anode heißt, eine geladene, d. h. ionisierte Luftschicht ausbildet. Die Gesamtheit der aus der Kathode und den zerschmetterten Luftmolekülen gewonnenen freien Teilchen führt den Strom hinüber.

Die Masse jedes einzelnen dieser Teilchen ist ganz außerordentlich klein, wie Berechnungen ergeben haben, die an geeignete Versuche angeschlossen wurden. Sie beträgt nur etwa den zweitausendsten Teil der Masse eines Wasserstoffatoms, des leichtesten, das wir kennen. Man glaubt sogar sagen zu können, daß die Teilchen überhaupt keine Masse haben, sondern eben nur die Träger negativer elektrischer Ladung sind. Sie werden daher als die Atome der negativen Elektrizität angesprochen. Die positive Elektrizität hat man bisher frei von Masse noch nicht antreffen können, sie erscheint vorläufig stets mit dem verhältnismäßig schweren Atomkern verbunden.

Die gelösten Elektrizitätsteilchen nennt man Elektronen. Ihre weitere physikalische Beobachtung dürfte uns die Möglichkeit geben, dereinst die wirkliche Natur der Elektrizität zu ergründen, die uns heute noch unbekannt ist.

Geißler war der erste, der Glasröhren die geeignete Form für Untersuchungen über den Durchgang der Elektrizität durch verdünnte Luft gab. Hittorf und Crookes haben zuerst Versuche damit angestellt. Die Vorrichtungen heißen daher Geißlersche, Hittorfsche oder Crookessche Röhren. Da die Hauptstrahlung von der Kathode ausgeht, so werden sie auch Kathodenröhren genannt. Beim Arbeiten mit ihnen entdeckte Röntgen die nach ihm benannten Strahlen. Sie nehmen dort ihren Ausgang, wo der Elektronenstrom die Glaswand trifft, über die er nicht hinauskannte.

Der Strom, der durch die Röhre mit verdünnter Luft geht, wird von den Elektronen selbst gebildet. Sie sind die Tröpfchen, die das Strombett ausfüllen. Dadurch daß sie von der Kathode zur Anode hinübergelangen, bildet sich der Strom zwischen den Polen der Quelle.

Um Elektronen aus der Kathode zu zwingen, ist für gewöhnlich die Anlegung einer Spannung von einigen tausend Volt notwendig. Die Verhältnisse werden aber viel günstiger, wenn die Kathode erhitzt wird. Alsdann zeigt sich, daß auch Wärme atomspaltend wirkt. Die Glühkathode stößt Elektronen aus. Eine geringe Spannung genügt dann bereits, um den Elektronenstrom durch die Röhre herzustellen.

In einem Rohr, aus dem die Luft bis auf den letzten Rest entfernt ist, kann bei kalter Kathode auch eine gewaltige Spannung

keinen Stromdurchgang hervorrufen, denn es fehlen die ionisierbaren Luftteilchen, die beim Bau der Strombrücke mithelfen. Die Glühkathode aber stellt eine genügend große Anzahl Elektronen im luftleeren Rohr zur Verfügung. Die geheizte negative Elektrode erst ermöglicht das Arbeiten mit Hochvakuumröhren, die ganz besondere Wichtigkeit erlangt haben.

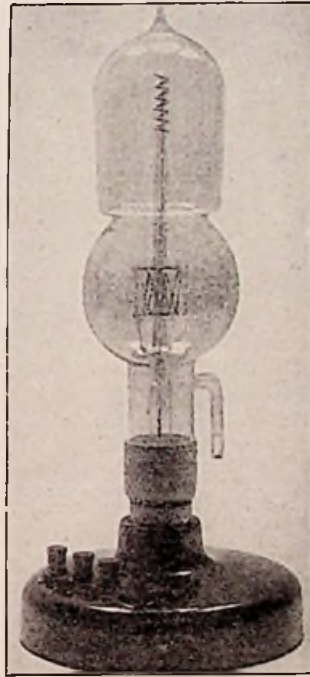
Der österreichische Ingenieur von Lieben war einer der ersten, die sich bemühten, die Kathodenröhre für die Technik nutzbar zu machen. Seine Arbeiten fallen in das Jahr 1906. Er dachte zunächst nicht an ihre Verwertung für die drahtlose Telegraphie, sondern bemühte sich mit Erfolg, ein Telephonrelais zu schaffen.

Wir wissen, daß das Relais eine Vorrichtung zur Verstärkung, besser Erneuerung von Stromkräften ist; es schaltet eine frischsprudelnde Quelle in den beinahe versiegten Fluß der Elektrizität ein. Im Bereich der Telegraphie — auch der drahtlosen, wie wir beim Frittererempfang gesehen haben — kann das leicht durch Bewegung von Elektromagnet-Ankern bewirkt werden. Die Schwingungen aber, die durch eine Fernsprechleitung fließen, stellen weit höhere Ansprüche an einen Verstärker.

Wenn die Sprache nicht verzerrt werden soll, muß der wirkende Teil im Fernsprechrelais die vom Mikrophon hervorgerufenen vieltausendfachen sekundlichen Schwingungen mitmachen.

Dazu ist kein Magnetanker, überhaupt keine körperliche Relaiszunge imstande. Aus Unmateriellem muß die „Zunge“ des Fernsprechverstärkers gebildet werden.

Die Lieben-Röhre ist ein Kathodenrohr, das im oberen Teil birnenförmig, im unteren kugelig gestaltet ist. Die Kathode besteht aus einem langen, hin- und hergehenden Platinband, das mit Kalziumoxyd bestrichen ist. Als Anode ist ein Platindraht spiralförmig um einen Glaskörper gewickelt. Dazwischen ist an der Stelle, wo Birne und Kugel einander treffen, ein siebartig durchbrochenes Blech eingesetzt. Sämtliche Stromzuführungsdrähte laufen durch den Sockel der Röhre in deren Inneres.



88. Lieben Röhre

Die zur Erläuterung des Folgenden gezeichneten Schaltbilder nehmen auf diese Anordnung keine Rücksicht, damit die Stromläufe deutlicher hervortreten.

Die Einfügung des durchlochten Blechs, einer dritten Elektrode, zwischen Kathode und Anode ist das äußere Kennzeichen eines großen, neuen Gedankens. Durch die Anwendung dieses Teils, der heute stets das Gitter genannt wird, wurde das Kathodenrohr zum Verstärker.

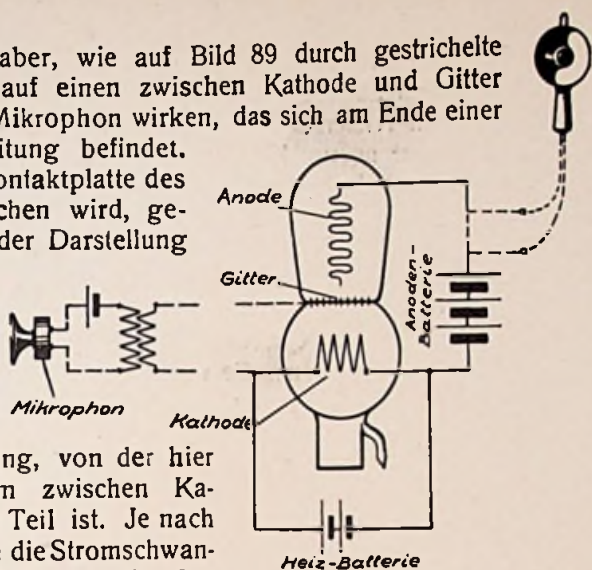
Wir erblicken auf Bild 89 zwei an die Röhre gelegte Stromkreise, die mit voll ausgezogenen Strichen gezeichnet sind. Die Heizbatterie ist an die beiden Enden des Platinbands angeschlossen, das die Kathode darstellt, und bringt dieses zur Rotglut. Eine zweite Batterie liegt in dem Verbindungsdraht von Kathode und Anode. Diese Stromquelle wird, da die Anode stets nur mit ihr verbunden ist, Anodenbatterie genannt.

Schaltet man in die Leitung zwischen Kathode und Anode ein Meßinstrument ein, so zeigt dieses bei genügender Heizung der Kathode und ausreichender Spannung der Anodenbatterie einen Strom an. Wir wissen also, daß Elektronen durch die Röhre fliegen.

Damit dies geschehen kann, muß beides da sein: die Heizung und die Anodenspannung. Glüht die Kathode nicht, so preßt die geringe Batteriespannung keine genügende Anzahl von Elektronen aus; ist die Anode spannungslos, so haben die austretenden Elektronen keine ausreichende Geschwindigkeit, um durch das Rohr zu gelangen. Die Anode ist stets mit dem positiven Pol der Batterie verbunden, also immer positiv geladen. Wir wissen, daß die Elektronen Träger negativer Ladung sind; deshalb werden sie von der Anode gewissermaßen angesaugt. Es wird verhütet, daß sie in der Nähe der Kathode verharren, um diese eine Wolke bilden, und das Austreten weiterer Elektronen durch deren Abstoßung verhindern. Die Größe des Stroms, der von dem Meßinstrument in dem Schließungsdraht zwischen Kathode und Anode angezeigt wird, ist abhängig von der Saugkraft der Anode, d. h. von der an sie gelegten Spannung.

Welche Rolle spielt bei alledem das Gitter? Es stellt vorläufig nichts anderes dar, als ein Hindernis für den Elektronenstrom. Nur diejenigen Elektronen gelangen zur Anode, die durch die Löcher des Gitters hindurchkommen. Die übrigen werden von dem Blech aufgefangen, das sich also negativ aufladen muß. Es übt dann eine doppelte Abschirmwirkung: zunächst die schon erwähnte mechanische, dann aber bremst es auch die Geschwindigkeit des Elektronenstroms durch seine negative Ladung, die der saugenden positiven Anodenladung entgegenwirkt.

Nun lassen wir aber, wie auf Bild 89 durch gestrichelte Linien dargestellt, auf einen zwischen Kathode und Gitter gelegten Kreis ein Mikrophon wirken, das sich am Ende einer sehr langen Fernleitung befindet. Sobald gegen die Kontaktplatte des Mikrophons gesprochen wird, gehen, wie wir aus der Darstellung auf Seite 77 wissen, Stromschwankungen durch den zugehörigen Leitungskreis und auch durch die angekoppelte Fernleitung, von der hier der Elektronenstrom zwischen Kathode und Gitter ein Teil ist. Je nach der Richtung, welche die Stromschwankungen haben, wird die negative Ladung des Gitters bald gestärkt, bald geschwächt.



89. Die Lieben-Röhre als Verstärker in einer Fernsprechanlage

Die Folge muß sein, daß der Elektronenstrom in der Röhre bald stärker, bald weniger stark gebremst wird. Es entstehen also im Anodenkreis genau dieselben Schwankungen wie im Mikrophonkreis, aber die Amplituden der Schwankungen im Anodenkreis sind sehr viel größer. Ist in diesen ein Telephon geschaltet, so wird dessen Schallplatte genau im Rhythmus der Stromschwankungen im Mikrophon kräftig bewegt, während der Mikrophonstrom bei direkter Einwirkung die Schallplatte nicht mehr hätte erschüttern können, weil er durch den hohen Widerstand der langen Leitung zu sehr geschwächt ist.

Wir haben also in der Kathodenröhre einen Stromerneuerer vor uns, der seine Wirkung ohne die Bewegung körperlicher Teile übt. Die Vorrichtung stellt ein masseloses Relais dar, das den schnellsten Schwingungen aufs genaueste zu folgen vermag.

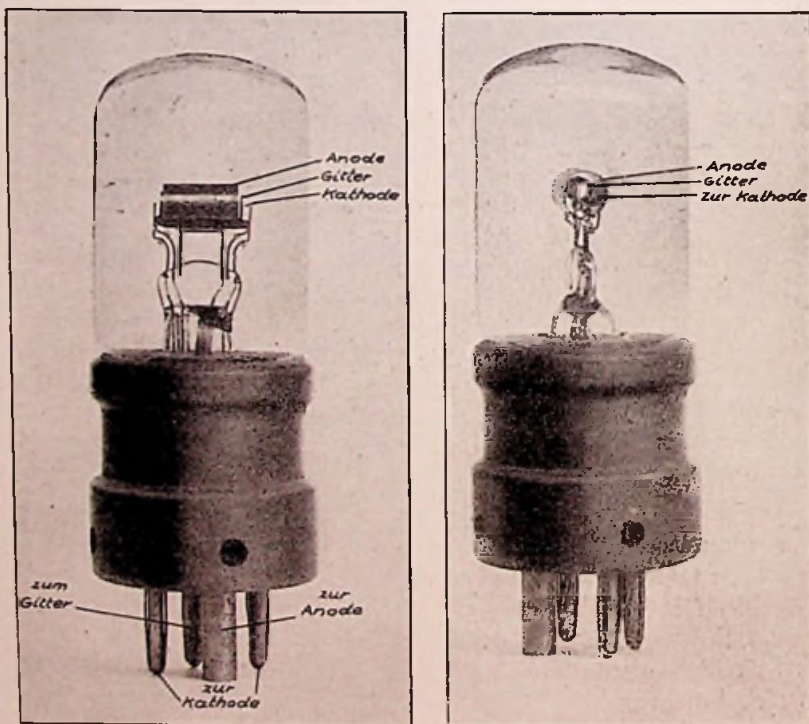
Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie erkannte, daß Liebens Telephonverstärker ein sehr nützliches Gerät für die drahtlose Telegraphie sein müßte, die ja das Telephon zum Abhören benutzt. Die Schwingungen in der Empfangsantenne mußten, auf den Gitterkreis wirkend, in gleicher Weise verstärkt werden, wie die Sprechschwankungen. Die Gesellschaft erwarb die Patente des Österreichers, um die Röhre als Empfangsverstärker auszubilden.

Tatsächlich wurde eine bedeutende Vergrößerung der Reichweite bewirkt, indem mit Hilfe der Lieben-Röhre noch Schwankungen hörbar gemacht werden konnten, die mit so geringer Amplitude in

der Empfangsantenne ankamen, daß sie ohne Verstärkung keine Wirkung mehr auf das Telephon hätten üben können.

Der Lieben-Verstärker erfüllte jedoch längst nicht alle in ihn gesetzten Erwartungen. Zur genauen Einstimmung der Empfangseinrichtungen auf ihn hätte er eine durchaus konstante Wirkung üben müssen. Das tat er jedoch nicht. Unter dem Einfluß der durchgehenden Ströme wuchs das Vakuum immer weiter an. Lieben versuchte, die Veränderlichkeit zu bannen, indem er in ein angeschmolzenes Röhrchen ein Stückchen Amalgam legte, das, von der Glühkathode erhitzt, Quecksilberdampf absonderte. Es blieb aber eine störende Inkonstanz, die noch dadurch vergrößert wurde, daß die Röhre sich von Temperaturschwankungen der Außenluft beeinflussen ließ.

Das Kathodenrohr begann seinen fast unvergleichlichen Siegeszug erst, nachdem man erkannt hatte, daß die Luft so weit wie irgend möglich daraus entfernt werden muß. Es wurden fortan nur noch Hochvakuumröhren hergestellt, in denen der Druck des auf keine Weise zu entfernenden Luftrestes nicht einmal mehr den milliardsten Teil des Atmosphärendrucks beträgt. Dies bedeutet,



90. Hochvakuumröhre

daß die Röhren praktisch als völlig luftleer anzusehen sind. Zugleich zeigte es sich als günstig, die Anode dicht an die Kathode heranzurücken und sowohl Gitter wie positive Elektrode so auszugestalten, daß sie die Kathode möglichst vollständig umschließen, damit der nach allen Seiten gehende Elektronenstrom gründlichst ausgenutzt werden kann.

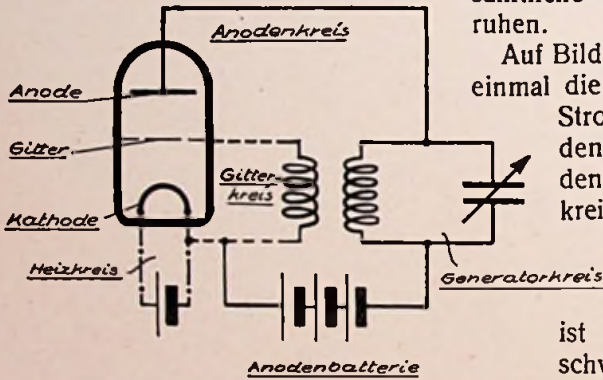
Das Kathodenrohr erhielt nun die auf Bild 90 dargestellte Form.

Die Kathode ist ein sehr dünner Faden aus dem seltenen und schwer schmelzenden Metall Wolfram, das auch in den neuesten Glühlampen verwendet wird. Das Gitter wird in Form einer Spirale darübergerlegt, und die Anode als kreisförmig gebogenes Blech gestaltet. Auf der Photographie verschwindet der feine Kathodenfaden; man muß ihn sich inmitten des Gitters von vorn nach hinten gehend denken. Es bedeutet keine grundsätzliche Änderung, wenn die drei Elektroden in Röhren größerer Form, die wir im nächsten Abschnitt antreffen werden, senkrecht gestellt und das Gitter auf einen besonderen Halter gewickelt ist.

Weit über seine Verstärkerwirkung hinaus ist das Hochvakuumrohr in der neuen Gestalt zum Universalwerkzeug der drahtlosen Telegraphie geworden. Es wirkt auch als Detektor, als Hilfswerkzeug für den Hörempfang und, was besonders merkwürdig ist, als Schwingungserzeuger. Von dem Röhrensender wollen wir nun zunächst sprechen, während die übrigen Anwendungsarten der Röhre im darauffolgenden Abschnitt erläutert werden sollen.

19. Der Röhrensender

Die Generator-(Erzeuger-)wirkung der Kathodenröhre ist nur auf Grund ihrer Verstärkereigenschaft zu verstehen. Es gelang Meißner im Jahre 1913 im Laboratorium der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie die Schaltungsanordnung zu schaffen, auf der sämtliche Röhrensender beruhen.

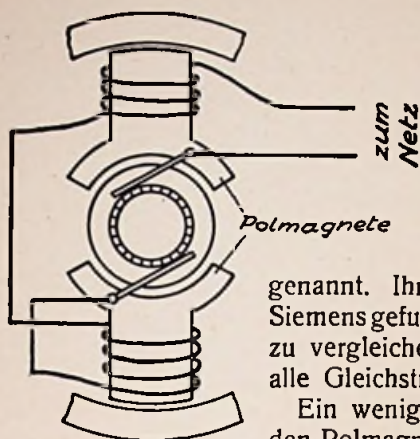


91. Hochvakuumröhre, als Schwingungserzeuger geschaltet

Auf Bild 91 sehen wir noch einmal die uns bekannten drei Stromkreise der Röhre: den Heizkreis, den Anodenkreis und den Gitterkreis. Dieser letzte ist hier über eine Spule geschlossen. In den Anodenkreis ist ein besonderes, schwingungsfähiges System mit einer Selbstinduktion und einem

Drehkondensator, der Generatorkreis, gelegt. Wird der Anodenkreis geschlossen, so bewirkt der Stromstoß, der nun den Generatorkreis durchheilt, daß in diesem Schwingungen auftreten. Diese würden sehr rasch auf Null abklingen, wenn Generatorkreis und Gitterkreis nicht in einen besonderen Zusammenhang gebracht, gekoppelt wären.

Über die Koppelung hinweg bewirken die Schwingungen im Generatorkreis Ladungsänderungen des Gitters. Wie wir wissen, werden durch solche Schwankungen im Gitterkreis Schwingungen im Anodenkreis von gleicher Frequenz aber von weit höherer Amplitude geweckt. Die Folge muß hier also sein, daß die Schwingungen im Generatorkreis nicht zum Abklingen kommen, sondern durch den Gitterkreis verstärkt werden. Das bewirkt wieder Vergrößerung der Schwankungen im Gitterkreis und damit verstärkte Ladungen und Entladungen des Gitters. Von neuem wird die Amplitude im Generatorkreis vergrößert, es findet ein Aufschaukeln



92. Prinzip der Gleichstrom-Dynamomaschine

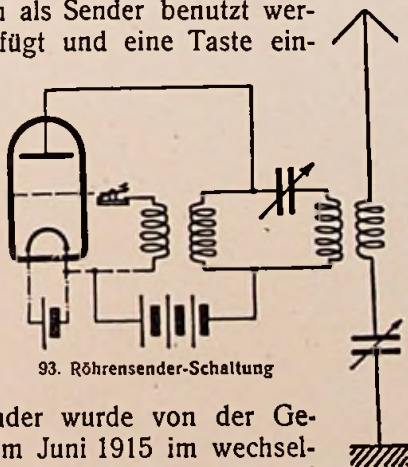
der Amplitude in diesem statt, bis ein Gleichgewichtszustand erreicht wird. Dieser ist durch den Energieinhalt des Anodenstroms bestimmt.

Diese Schaltung, deren Einfachheit in einem überraschenden Gegensatz zu der großartigen Wirkung steht, wird Rückkoppelung genannt. Ihre Wirkung ist mit dem von Werner Siemens gefundenen dynamo-elektrischen Prinzip zu vergleichen, auf Grund dessen noch heute alle Gleichstromdynamos gebaut werden.

Ein wenig zurückgebliebener Magnetismus in den Polmagneten einer solchen Maschine weckt einen geringen Strom in dem Anker, der z. B. durch eine Dampfmaschine gedreht wird. Der Ankerstrom wird durch die Wicklungen der Polmagnete geführt, deren magnetische Kraft er stärkt. Hierdurch wird wieder der Ankerstrom vergrößert, worauf die Erregerkraft der Polmagnete weiter angefangt wird. Der Anfangsmagnetismus entspricht dem Stromstoß beim Schließen des Anodenkreises, der Gitterkreis nimmt die Stelle der Erregermagnete ein, der Generatorkreis vertritt den Ankerstromkreis. Bei der Dynamomaschine findet das Aufschaukeln des ursprünglich ganz schwachen Ankerstroms an der magnetischen Sättigung des Eisens seine Grenze.

Bei unserer Röhre sind die ganz schwachen und gedämpften Urschwingungen im Generatorkreis auf diese Art in kräftige ungedämpfte Schwingungen verwandelt worden. Die Röhre ist ein Schwingungserzeuger, der vorzüglich als Sender benutzt werden kann, wenn eine Antenne angefügt und eine Taste eingeschaltet wird.

Wie das geschieht, zeigt uns Bild 93. Die Antenne ist mit dem Generatorkreis gekoppelt und kann auf diesen abgestimmt werden. Die Taste oder das Tastrelais liegen im Gitterkreis. Die Länge der ausgestrahlten Wellen wird allein durch Kapazität und Selbstinduktion des Generatorkreises bestimmt, ist also sehr leicht regelbar.



93. Röhrensender-Schaltung

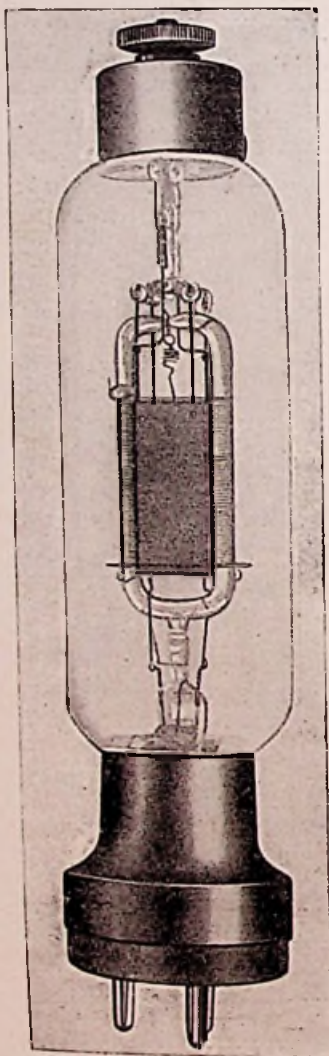
Der erste Hochvakuum-Röhrensender wurde von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie im Juni 1915 im wechselseitigen Verkehr zwischen Fürstenbrunn und Seefeld bei

Berlin, d. h. bei einem Abstand der Empfangsapparate von 15 Kilometern, vorgeführt. Die Antennen waren an Masten von 15 Metern Höhe aufgehängt. Heute werden Röhrender überall in der Welt für solche Zwecke angewendet, denen ihre Eigenschaften entsprechen.

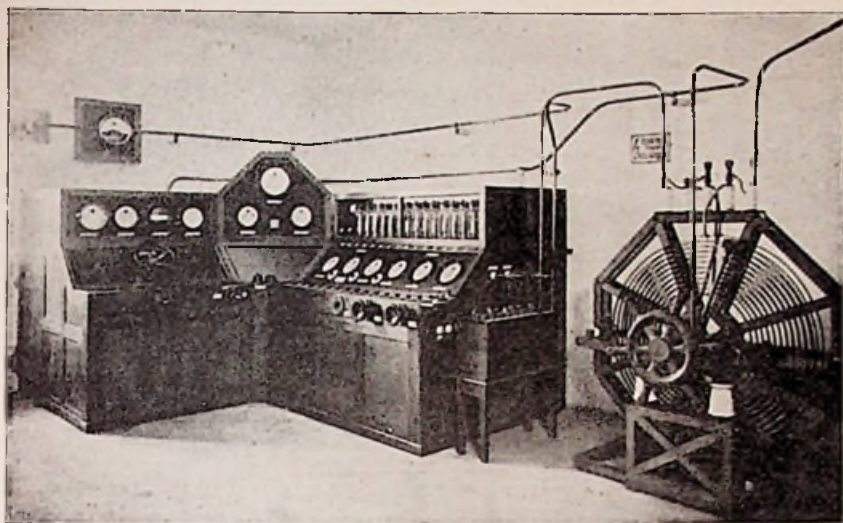
Die neue Sendergattung hat folgende Hauptvorzüge.

Frequenz und Amplitude der ungedämpften Strahlung sind so vollkommen gleichmäßig, daß die Erzeugnisse keiner anderen Sendergattung damit verglichen werden können. Die Empfangseinrichtungen können deshalb aufs genaueste für diese Schwingungen abgestimmt werden, man vermag die Resonanzwirkung gründlichst auszunutzen. Die feine Abstimmung bringt weiter eine Erhöhung der Störungsfreiheit. Es können viele Röhrendestellen auf geringem Raum arbeiten, ohne daß ungewünschte Beeinflussungen der ebenso zahlreichen Empfänger eintreten. Hierdurch allein ist es in den letzten Kriegsjahren möglich gewesen, so viele drahtlose Stationen eng benachbart an den Fronten arbeiten zu lassen. Der Postbetrieb, der die Funktelegraphie immer häufiger anwendet, wird künftig großen Nutzen aus der sehr hoch steigbaren Störungsfreiheit ziehen.

Bei gleichem Energieaufwand und gleicher Antennenhöhe sind mit dem Röhrender größere Entfernungen zu überbrücken als bei Anwendung des Lichtbogensenders oder der Hochfrequenzmaschine, weil die Resonanzwirkung in den Empfängern größer ist. Die Wellenskala des neuen Schwingungserzeugers reicht über ein fast unbegrenztes Gebiet. Es können Wellen von 40 oder 50 Kilometern Länge oder so kurze Ätherschwingungen hervorgerufen werden, daß man mit ihnen die Hertzschen Spiegelversuche zu wiederholen vermag. Die hohe Konstanz der vom Röhrender erzeugten Schwingungen macht ihn besonders fähig, der drahtlosen Telephonie zu dienen.



94. Röhrender



95. 10 Kilowatt-Röhrensender. Bauart Telefunken

Es ist freilich vorläufig noch nicht möglich, Röhrensender von hoher Leistung zu bauen. Man sieht im praktischen Betrieb noch davon ab, einzelne Röhren von höherer Leistung als 1—2 Kilowatt zu verwenden.

Die größte bisher geschaffene Senderöhre liefert eine Energie von 5 Kilowatt. Sie hat eine Höhe von einem Meter und infolge des Hochvakuum lastet auf ihrem Glas ein Druck von 10 000 Kilogramm. Ein solches Rohr ist sehr teuer und hat doch im besten Fall keinen längeren Bestand als 1000 Nutzhstunden. Alsdann ist der hoch erhitzte Wolframfaden der Kathode zerstört. Es besteht jedoch immer die Möglichkeit, daß er infolge zu hoher Heizbelastung oder durch einen Stoß bereits viel früher berstet.

Man zieht darum vor, eine gewünschte höhere Sendeleistung durch Parallelschalten mehrerer kleiner Röhren zu gewinnen. Die stärksten Röhrensenderanlagen, die bis heute im Betrieb sind, geben 10 Kilowatt aus 5 oder 10 Röhren her. Die Hochfrequenzmaschine mit ihren gewaltigen Leistungen hat daher im Augenblick den Wettbewerb des Röhrensenders noch nicht zu befürchten.

Der Bau der Senderöhre ist aus Bild 94 zu erkennen. Wieder finden wir hier die fadenförmige Kathode, die meist auf- und niedergehend in V-Form ausgespannt ist, das spiralige Gitter und das umhüllende Blech der Anode. Dem wechselnden Energiebedarf entsprechend werden die Vorrichtungen in vielen verschiedenen Größen hergestellt.

Die großen Senderöhren mit Leistungen von 1000 Watt und darüber hinaus fordern im Anodenkreis bereits wieder Hochspannung,

4000 bis 20000 Volt. Da es sich hier um Gleichstrom handelt, kann der Anodenstrom nicht einfach aus einer Maschine mit dahinter gesetztem Transformator genommen werden. Denn der nieder-voltige Gleichstrom, wie er aus der Maschine kommt, läßt sich nicht in einem ruhenden Apparat umformen. Man verwendet daher als Grundquelle eine Wechselstrommaschine, wie sie für den Lösch-funken-Sender gebraucht wird, steigert deren Spannung in einem Transformator und läßt die Schwingungen durch einen Gleichrichter gehen, einen gläsernen Apparat, der, wie sein Name sagt, nur Schwingungen Einer Richtung hindurchläßt. Er wandelt den hoch-gespannten Wechselstrom in hochgespannten Gleichstrom. Damit die erzeugten Wellen völlig konstant bleiben, muß der Kathoden-faden in der Röhre sehr gleichmäßig erwärmt werden. Dies wird am besten durch Beheizung mit Wechselstrom erzielt.

Nachdem wir nunmehr alle heute gebrauchten Senderarten besprochen haben, möge der Platz, der jedem von ihnen zukommt, durch eine Äußerung des Grafen Arco festgestellt sein, der als besonders sachverständiger Beurteiler bezeichnet werden darf:

„Für Großstationen, die sich durch Telegrammeinnahmen rentieren sollen, ist dasjenige Verfahren anzuwenden, das bei geringstem Strom-verbrauch die geringsten Betriebsstörungen und daher die größt-mögliche Ausnutzung für Schnelltelegraphie ermöglicht. Dies ist ohne jeden Zweifel die Maschine. Also wird die Maschine überall dort, wo es auf Schnelltelegraphie bei täglich über lange Zeiträume fortlaufendem Betrieb ankommt, und wo die Wellenlängen groß sind (größer als 3—4 km), die zweckmäßigste Erzeugungsmethode sein, d. h. für alle kommerziellen Zwecke bei Entfernungen von 3000 und mehr Kilometern. Die Bogenlampe wird die Maschine dann ersetzen, wenn geringere Forderungen an die Telegraphierleistungen gestellt werden, so daß häufige kurze Unterbrechungen, vorübergehende Wellenschwankungen und dergl. für die Rentabilität nicht ins Gewicht fallen.

„Für den Nachrichtenaustausch bei kleinen und mittleren Ent-fernungen, insbesondere mittelst Telephonie, beherrscht heute schon die Röhre fast ausschließlich das Feld. Aber auch für größere Ent-fernungen von einigen hundert bis zu 2000 und 3000 Kilometern erweist sich bei Telegraphie heute schon die Röhre wegen ihres störungsfreien Arbeitens und wegen der weitgehenden Ausnutzung ihrer ganz konstanten Strahlung durch die modernen Empfänger als den anderen Methoden überlegen. Der hiernach der Bogenlampe verbleibende Bereich zwischen Maschine und Röhre wird in dem Maße mehr der Bogenlampe reserviert sein, je geringer die Stations-dichte ist und je weniger hohe Wortleistungen gefordert werden.“

20. Die neuzeitlichen Empfangseinrichtungen

Die Gruppenfrequenz nicht die Hochfrequenz der Einzelschwingungen ist es, die in den Empfängern für gedämpfte Wellen im Telephon hörbar wird. In Abschnitt 12 ist dargelegt worden, daß die Detektoren aus jeder Kondensator-Entladung im Sender, also aus jeder durch die Dämpfung abgeteilten Schwingungsgruppe, einen Gleichstromstoß für das Telephon bereiten. Wenn im Sender, wie bei der Wien-Anordnung, 1000 Kondensator-Entladungen und damit 1000 Schwingungsgruppen in der Sekunde auftreten, so wird am Telephon der schöne musikalische Ton 1000 gehört.

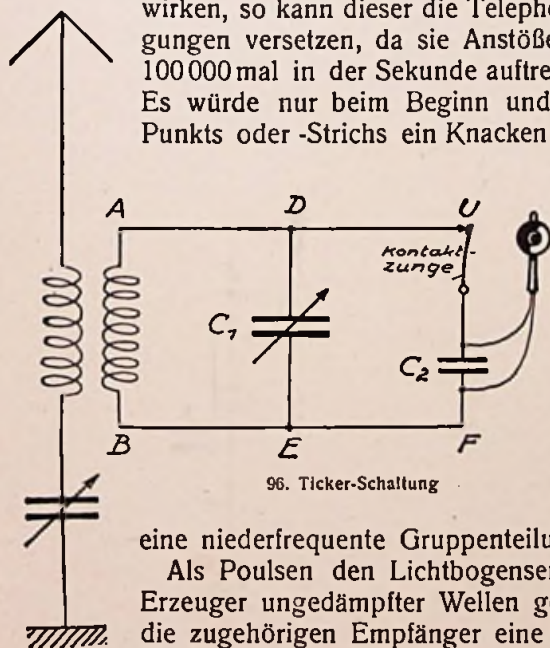
Die ungedämpften Wellen aber haben keine Gruppenfrequenz. Die Energie pendelt in ihnen ununterbrochen auf gleiche Art dahin. Läßt man die Ungedämpften ohne weiteres auf einen Detektorkreis

wirken, so kann dieser die Telephonmembran nicht in Schwingungen versetzen, da sie Anstößen, die 30 000, 60 000 oder 100 000 mal in der Sekunde auftreten, nicht zu folgen vermag. Es würde nur beim Beginn und beim Schluß jedes Morse-Punkts oder -Strichs ein Knacken gehört werden, aber keine wirkliche Zeichenangabe stattfinden.

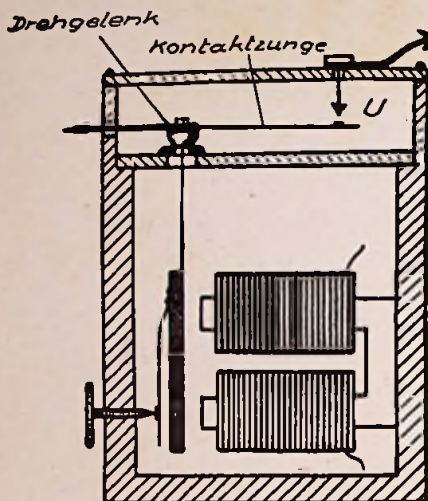
Sollen ungedämpfte Wellenzüge auf eine Art hörbar gemacht werden, die das Verstehen ermöglicht, so muß der Empfänger nachholen, was der Sender nicht leistet: die Empfangseinrichtungen müssen befähigt sein, der gleichmäßig fließenden Hochfrequenz

eine niederfrequente Gruppenteilung aufzuprägen.

Als Poulsen den Lichtbogensender und damit den ersten Erzeuger ungedämpfter Wellen geschaffen hatte, baute er in die zugehörigen Empfänger eine Vorrichtung ein, welche die Gruppenteilung auf elektromechanischem Weg herbeiführte.



96. Ticker-Schaltung



97. Elektromagnet- und Unterbrecher-System des Tickers

Der Ticker von Poulsen war nichts anderes als ein Unterbrecher, wie ihn auch das Induktorium besitzt (Seite 30). Er wurde an Stelle des Detektors in den uns schon bekannten Telephonkreis $DEFU$ (Bild 96) gesetzt.

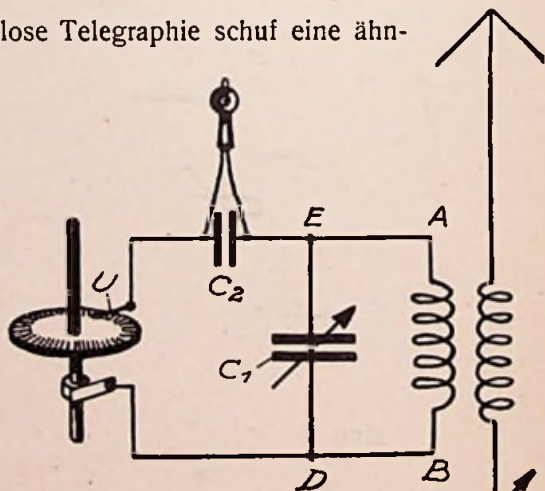
Die Zunge des Tickers, ein feines Band aus Federstahl, schlägt, durch eine elektromagnetische Einrichtung bewegt, unausgesetzt hin und her. Solange der Kontakt bei U geöffnet ist, laden die aus der Antenne kommenden Schwingungen den Drehkondensator C_1 in dem sorgfältig abgestimmten Kreis $ABED$ auf. Wenn die anschlagende Zunge den Kontakt U schließt, entladet sich C_1 auf C_2 .

Bei der nächsten Unterbrechung schickt C_2 seinen Entladestrom in das parallel angelegte Telephon. Dieses gibt also einen Ton, dessen Höhe den sekundlichen Tickerschlägen entspricht. Ein Detektor ist nicht notwendig, da die einzelne Entladung von C_2 ohnedies stoßartig vor sich geht.

Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie schuf eine ähnlich wirkende Einrichtung in Gestalt des Schleifers.

Auch dieser ist nichts anderes als ein Unterbrecher. Die Kontaktschlüsse werden jedoch hier auf rein mechanischem Weg bewirkt.

Ein Uhrwerk dreht eine metallene Achse; auf dieser sind ein Schleifring und eine Messingscheibe befestigt, die mit feinen, radial stehenden Riefelungen versehen ist. Der eine Leitungszweig des Telephonkreises endet in einer Kontaktbürste, die auf dem Schleifring liegt, der andere in einem geschmeidigen Platinfaden, der leicht auf der geriefelten Scheibe ruht (U). Wenn die Scheibe sich dreht, wird der Draht durch die Riefeln fortwährend emporgeschleudert, um sogleich



98. Schleifer-Schaltung

wieder hinunterzufallen. Hierdurch entsteht die Unterbrechung. Beim Stillstand der Scheibe ist Dauerkontakt vorhanden.

Da die Zahl der Kontaktöffnungen bei Ticker und Schleifer nicht sehr hoch getrieben werden kann — es finden kaum hundert sekundliche Unterbrechungen statt — so ist es nicht möglich, bei Empfangseinrichtungen dieser Art einen musikalischen Ton im Telefon zu erhalten. Man hört wegen der niedrigen Unterbrechungszahl und auch noch infolge anderer störender Ursachen ein krächzendes Geräusch, das sich von den Wirkungen der atmosphärischen Störungen wenig unterscheidet. Die Einführung ungedämpfter Wellen, die auf der Senderseite von Beginn an vorteilhaft war, brachte daher auf der Empfangsseite zunächst einen Rückgang gegenüber den durch Löschfunken gedämpft erzeugten Schwingungen. Denn diese liefern ja den musikalischen Ton 1000. Bald aber gelang es, Empfangsformen für ungedämpfte Wellen zu finden, die unvergleichlich viel feiner und wirkungsvoller sind als die Vorrichtungen im gedämpften Bezirk.



99. Der Schleifer
Vorn Griff zum Aufziehen des Uhrwerks. Die Glocke an der linken Seitenwand ertönt kurz vor Ablauf des Uhrwerks

Immer wieder mußte das Ziel sein, ein Zerhacken der gleichmäßigen Wellenzüge in Gruppen zu bewirken. Das geschieht nun neuerdings nicht mehr auf grobe mechanische Weise, sondern wird in zartester Form durch physikalische Umprägung der Wellenzüge bewirkt. Ticker und Schleifer sind längst veraltet; die Empfänger für gedämpfte Wellen verhalten sich zu den neuzeitlichen Empfangseinrichtungen für ungedämpfte Wellenzüge wie eine Sanduhr zu einem Glashütter Werk.

Um den Fruchtboden kennen zu lernen, aus dem die trefflichen Empfänger von heute entsprossen sind, machen wir wieder einmal einen Ausflug ins Akustische. Wir sehen, daß die drahtlose Technik stets von neuem ihre Kraft aus dem physikalischen Erdreich saugt, in dem sie fest verwurzelt ist.

Wenn in einem Raum zwei Stimmgabeln zum Ertönen gebracht werden, die auf verschiedene, aber nicht weit auseinander liegende Töne abgestimmt sind, dann tritt eine seltsame Erscheinung auf. Obgleich jede der beiden Stimmgabeln – abgesehen von der Dämpfung – gleichmäßige Schwingungen vollführt, vernimmt das Ohr einen fortgesetzt auf- und abschwellenden Ton. In regelmäßigen Abständen erreicht dieser eine erhebliche Lautstärke, um bald darauf zu verstummen und dann wieder zum Maximum anzuschwellen. Es ist ein Auf- und Abschaukeln der Klangstärke, ein rhythmisches Schweben des Tons, weshalb die Erscheinung den sehr bezeichnenden Namen Schwebung erhalten hat. Sie kommt auf folgende Art zustande.

Wir nehmen an, daß die eine der Stimmgabeln 800, die andere 808 Schwingungen in der Sekunde macht. Resonanz ist zwischen ihnen also nicht vorhanden. Dennoch ergeben sich immer wieder Übereinstimmungen der beiden Wellenbewegungen nach gleichmäßigen Zeitabständen.

Werden die Stimmgabeln zu gleicher Zeit angestoßen, dann ist nach Ablauf von $\frac{1}{8}$ Sekunde die eine gerade am Ende ihrer 100., die andere am Ende ihrer 101. Schwingung angelangt. Beide beginnen die nächste Schwingung zu gleicher Zeit, und infolge des geringen Unterschieds der Wellenlängen fallen die nächsten Wellenberge beinahe zusammen. Die von ihnen gemeinschaftlich bewirkten verhältnismäßig heftigen Lufterschütterungen gelangen gleichzeitig ans Ohr, das einen lauten Ton vernimmt. Immer wieder nach Ablauf von $\frac{2}{8}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{4}{8}$ Sekunde usw. tritt diese Gleichzeitigkeit des Schwingungsbeginns ein.

$\frac{1}{16}$ Sekunde nach dem Anstoß aber hat die eine Stimmgabel 50, die andere gerade $50\frac{1}{2}$ Schwingungen durchlaufen. Nun gelangen in der nächsten Folge Wellenberg und Wellental fast genau zur Deckung. Das Ergebnis ist eine starke Minderung der Amplitude, ein Hinabsetzen der Tonstärke. Wiederum vollzieht sich das gleiche nach $\frac{3}{16}$, $\frac{5}{16}$, $\frac{7}{16}$ Sekunde usw. Achtmal in der Sekunde hört man ein Anschwellen und ebenso oft ein Abschwellen des Tons. Diese Schwebungen sind die Ursache, daß manche Tonzusammenklänge angenehm und manche unangenehm für unser Ohr klingen.

Wir halten ganz allgemein fest: die Zahl der von zwei Schwingungen verschiedener Wellenlänge erzeugten Schwebungen ist stets gleich der Differenz der beiden Schwingungszahlen.

Eine völlig gleichartige Wirkung entsteht nun, wenn zwei Ätherschwingungen verschiedener Wellenlängen gleichzeitig auftreten. Gelangt in eine Empfangsantenne ein Wellenzug von 100 000 sekundlichen Schwingungen und gleichzeitig ein zweiter mit 101 000 sekundlichen Schwingungen, so bilden sich in der Antenne $101\,000 - 100\,000 = 1000$ Schwebungen in der Sekunde.

Weder die Frequenz 100000 noch die Frequenz 101000 hätte die Schallplatte des mit dem angekoppelten Detektorkreis verbundenen Telephons bewegen können. Die 1000 sekundlichen Schwebungen aber sind dazu imstande. Denn was jetzt aus der Antenne in den Detektorkreis gelangt, ist nichts anderes als ein Gruppenwellenzug mit der Frequenz 1000.

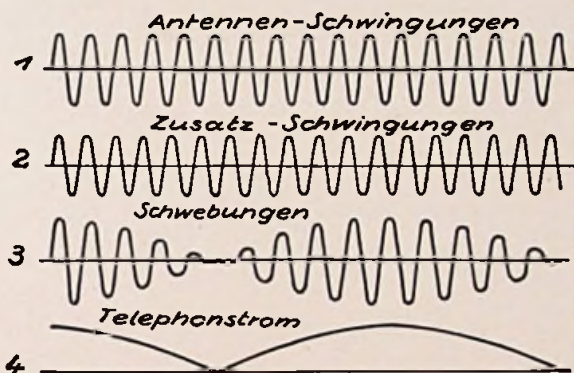
Wie die Reihe 3 auf Bild 100 zeigt, haben wir jetzt eine ähnliche Erscheinung vor uns, wie sie der Wien-Sender hervorruft; nur die Pausen zwischen den einzelnen Schwingungsgruppen sind fortgefallen, was unwesentlich ist. Der Detektor liefert ans Telephon wieder 1000 Stromstöße in der Sekunde, unter deren Einfluß die Schallplatte 1000 Bewegungen vollführt. Wiederum hört das angelegte Ohr den Ton 1000.

Es ist bewirkt, daß die unhörbare ungedämpfte Schwingung hörbar geworden ist, indem dem einen hochfrequenten Wellenzug ein zweiter ebenfalls hochfrequenter beigelegt wird.

In der funktelegraphischen Praxis ist die Grundschiwingung, welche in der Empfangsantenne ankommt, die Ätherbewegung, welche vom Lichtbogensender, der Hochfrequenzmaschine oder dem Röhrensender her stammt. Die Hilfsschiwingung wird am Empfangsort selbst erzeugt, indem man hier einen kleinen Sender mit der Antenne koppelt und so auf diese wirken läßt. Hierdurch entsteht die überraschende Möglichkeit, daß die Empfangsstelle den Ton, mit dem sie die Kundgebungen der Sendestelle vernehmen will, selbst einstellen kann.

Nehmen wir wieder an, daß von fernher mit der Frequenz 100000 gesendet wird, so ist durch Einstellung des kleinen Hilfssenders auf die Schwingungszahl 101000 der Ton 1000 zu erzielen. Stellt aber der Telegraphist den Drehkondensator am Hilfssender ein wenig anders ein, so gibt dieser, da die Kapazität in seinem Erzeugerkreis geändert ist, nun etwa 102000 Schwingungen her. Das Ergebnis ist, daß jetzt im Telephon der Ton 2000 erklingt.

Diese Veränderbarkeit der Tonhöhe ist sehr wichtig zur Ausschaltung von Störungen.



100. Wie die Schwebungen entstehen

Deren Angriffsbereich ist ohnedies stark verringert. Arbeitet der befreundete Sender mit einer Frequenz von 100000, und strahlt eine fremde Station gleichzeitig Wellen von 150000 sekundlichen Schwingungen mit gleicher Energie aus, so ergibt diese zweite Strahlung, gepaart mit den 101000 sekundlichen Schwingungen vom Hilssender, eine Schwebungszahl von 49000 in der Sekunde. Die Schallplatte des Telephons wird jetzt ebenso oft in der Sekunde angestoßen. Der Hörbereich unseres Ohrs reicht aber praktisch nur von 20 bis 10000 sekundlichen Schwingungen. Der Störer ist also ausgeschaltet, gänzlich stumm gemacht; es ist, als ob er überhaupt nicht das gleiche Äthermeer beeinflusste.

Verringert der Fremde seine Frequenz etwa auf 110000, so würde die Schwebungsfrequenz nur noch 9000 ausmachen, wodurch eine Störung entstünde. Mit einem kleinen Handgriff verstellt der Telegraphist alsdann den Kondensator an seinen Hilssender auf die Frequenz 99000. Dann verursacht der befreundete Sender nach wie vor 1000 Schwebungen, da es für die Bildung der arithmetischen Summe aus den beiden wirkenden Schwingungen gleichgültig ist, welche von ihnen um die Frequenz 1000 höher oder niedriger liegt als die andere. Der Fremde aber fällt nun mit der Schwebungszahl 11000 schon wieder aus dem Hörbereich. Bei noch geringeren Unterschieden in den Wellenlängen läßt sich eine weitere Störungsabwehr durch Verzicht auf den besten Schwebungston erreichen.

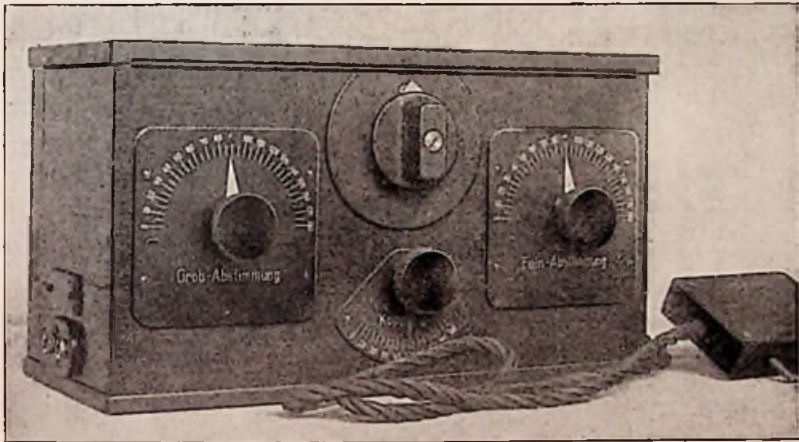
Es ist klar, daß, während der Hilssender am Empfangsort ständig arbeitet, ein Ertönen des Telephons nur eintritt, wenn Schwingungen vom Sendeort her ankommen. Denn wenn der Hilssender allein auf die Antenne wirkt, so gibt diese ja nur unwirksame Hochfrequenzschwingungen auf den Detektorkreis ab. So bleibt nach wie vor die Erzeugung der Morse-Zeichen in den Händen des Sendenden. Indem er die Grundschiwingung eine kurze oder lange Zeit abgehen läßt, entstehen die akustischen Punkte und Striche für das Ohr des Telegraphisten.

Man nennt das Hörbarmachen von Ätherwellen durch Hilfsschwingungen auch Überlagerungsempfang, weil die Hilfsschwingungen sich den Grundschiwingungen überlagern. Eine dritte Benennung lautet Interferenzempfang. Mit dem Wort Interferenz bezeichnet die Physik ganz allgemein das Zusammenwirken von Wellen verschiedener Länge. Die Erscheinung tritt wie im akustischen und elektrischen Bereich, auch in der Optik auf. Sie ist z. B. die Urheberin des „Regenbogens in der Pfütze“, der Farbenstrahlung äußerst dünner, auf einer Wasseroberfläche schwimmender Ölhäutchen.

Der Überlagerungsempfang wurde im Jahre 1907 von Fessenden in die drahtlose Technik eingeführt, ohne sogleich größere Anwen-

dung zu finden. Denn damals standen zur Erzeugung der Hilfschwingungen nur unvollkommene Vorrichtungen zur Verfügung. Erst die Kathodenröhre hat, wie so vieles andere, den Überlagerungsempfang zur rechten Geltung gebracht. Als Hilfsgenerator wird heute stets ein kleiner Röhrensender verwendet, der infolge der hohen Konstanz der von ihm hervorgebrachten Wellen, sowie wegen der Einfachheit seines Baus und der Bedienung geradezu als Idealgerät angesprochen werden kann.

Auch in den Hauptkreisen des Empfängers selbst bildet die Röhre heute den mächtigst wirkenden Teil. Ihr ungemein nutzvolles Arbeiten an dieser Stelle hat die Eroberung der Erde durch die drahtlose Telephonie erst möglich gemacht.



101. Röhrensender zur Erzeugung der Zusatzschwingungen für den Schwebungsempfang

Die Ätherwellen haben, wie wir aus Abschnitt 4 wissen, viele Feinde, die ihnen nachstellen. Wenn die energiehaltigen Schwingungen in ständigem Kampf mit ihren Widersachern einen Weg von mehreren tausend Kilometern zurückgelegt haben, dann sind sie abgehetzt und müde, durch Zerstreuung sehr stark verdünnt, ihre Kraft ist fast erloschen. Physikalisch ausgedrückt heißt das: an Empfangsstellen, die um einen Erdquadranten und mehr vom Sender entfernt liegen, kommt auch die mit noch so hoher Amplitude erzeugte Ätherbewegung nur noch mit äußerst geringer Schwingungshöhe an.

Es gelangt noch Energie in die Empfangsantenne, aber diese ist so schwach, daß sie, den Überlagerungsschwingungen beigesellt, nur noch sehr seichte Schwebungen hervorbringt. Die jetzt vom Detektor gesendeten kraftlosen Stromstöße können die immerhin gewichtige Telephonmembran nicht mehr zu wahrnehmbarem Tönen

veranlassen. Dem Ohr vor der Schallplatte geht es wie den Augen der Gebirgswanderer in der folgenden bekannten Anekdote:

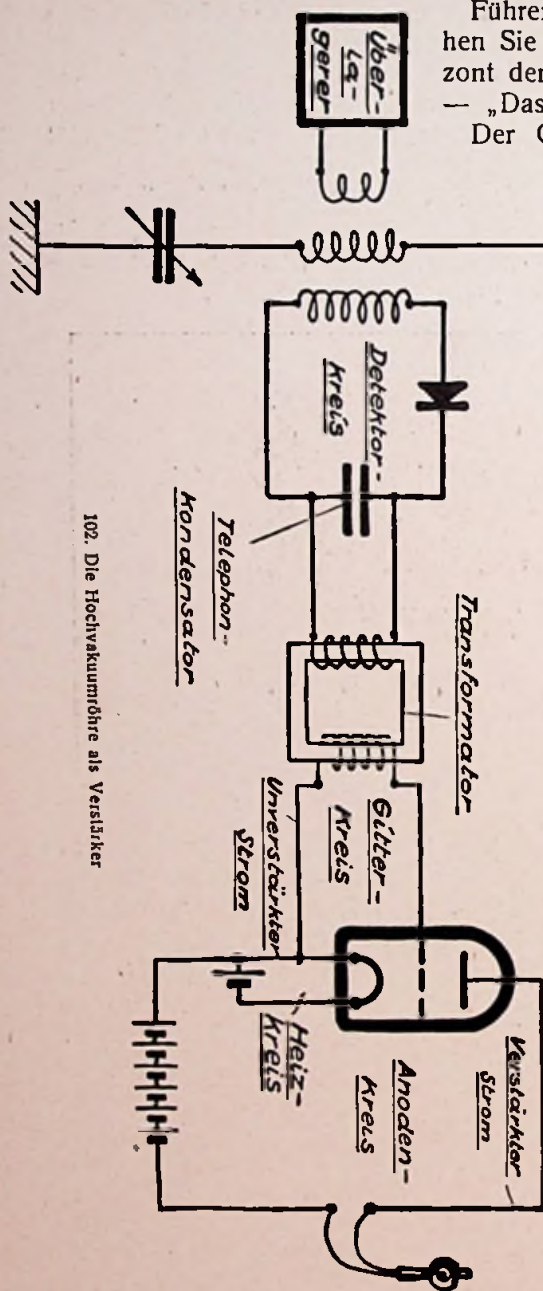
Führer: „Meine Herrschaften, sehen Sie dort ganz hinten am Horizont den hellen Punkt?“ — „Nein!“ — „Das ist das Matterhorn.“

Der Gipfel des Bergs liegt im freien Raum vor den Augen, aber die von ihm ausgehenden Ätherschwingungen — in

diesem Fall Lichtstrahlen — sind zu schwach, um die Netzhaut anregen zu können. Da aber bringt einer der Wanderer einen Feldstecher vors Auge und sieht nun sehr deutlich den „hellen Punkt“ am Horizont.

Gibt es auch für die elektrischen Ätherschwingungen einen solchen Feldstecher, eine Vorrichtung, die, wenn auch mit ganz anderen physikalischen Mitteln, das nicht mehr Wahrnehmbare wahrnehmbar machen kann, die, wie eine Kampfeinspritzung das kaum noch schlagende Herz zu neuer Tätigkeit anregt, die fast schon erstorbene Energie frisch anfacht? Die Antwort lautet Ja! Wir kennen dieses Mittel bereits: es ist die Hochvakuumröhre mit ihrer Verstärkerwirkung.

Wenn das luftleere Kathodenrohr als Verstärker für drahtlose Telephonie

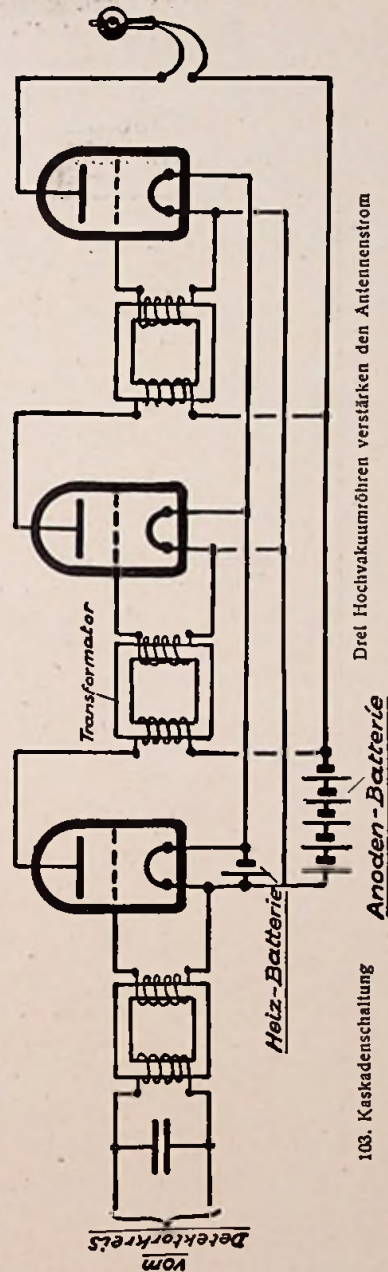


102. Die Hochvakuumröhre als Verstärker

verwendet werden soll, so ist es nach Bild 102 in den Empfänger einzufügen. Wir sehen auf dem Bild den uns wohl bekannten Detektorkreis mit Kondensator an die Antenne gekoppelt. Dort wo auf Bild 50, Seite 83, das Telefon angelegt ist, wird jetzt die Primärspule eines kleinen Transformators angeschaltet. Dessen Sekundärspule hat 20 mal so viel Windungen, so daß die Spannung der vom Kondensator kommenden Entladungsströme um das 20fache erhöht wird. Die Sekundärspule des Transformators bildet einen Teil des Gitterkreises, d. h. sie ist zwischen Gitter und Kathode geschaltet.

Die drei Stromkreise der Röhre treten deutlich hervor. Neben dem eben erwähnten Gitterkreis finden wir den Heizkreis mit der Heizbatterie, durch deren Einwirkung die Kathode zum Glühen gebracht wird, und den Anodenkreis mit der Anodenbatterie. In diesen Kreis ist das Telefon geschaltet. Gelangen Schwingungen mit ganz schwacher Amplitude in den Detektorkreis, so ändern die von diesem ausgehenden Stromstöße über den Transformator hinweg die Gitterspannung, und der Anodenstrom macht Schwankungen gleicher Frequenz, aber mit sehr viel höherer Amplitude.

Genügt die so gesteigerte Energie auch noch nicht, um das Telefon zu genügend lautem Ansprechen zu bringen, so können mehrere Röhren hintereinander geschaltet werden. Auf Bild 103 ist gezeigt, daß für drei Röhren, die in einem Kästchen vereinigt werden, Eine Heiz- und Anodenbatterie genügen. Die Koppelung zwischen Anodenkreis der vorhergehenden und Gitterkreis der folgenden Röhre erfolgt immer wieder durch einen Transformator. Denn die



Drei Hochvakuumröhren verstärken den Antennenstrom

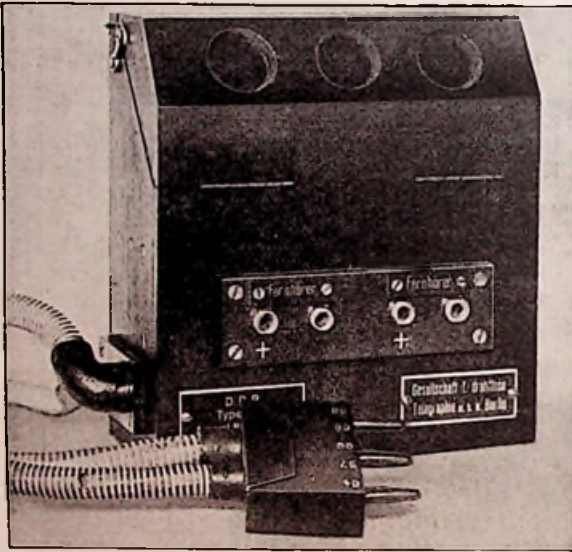
103. Kaskadenschaltung

Röhre mit dem Detektorkreis, bewirkte Spannungserhöhung wird nicht weiter getragen, da die Sekundärspule ja im Gitterkreis, nicht im Anodenkreis liegt.

Jede Röhre verstärkt die ihr zugeführte Amplitude zehnfach. Wir hätten also hinter der zweiten Röhre eine $10 \text{ mal } 10 = 100$ fache, hinter der dritten 1000fache und hinter einer weiter anzusetzenden vierten Röhre 10000fache Verstärkung, wenn die Verluste in den Transformatoren nicht wären. Durch diese wird die kaskadenartig

anschwellende Verstärkung auf das 6000fache hinabgedrückt. Aber auch das ist gewiß eine gewaltige Leistung der Kaskadenschaltung von Hochvakuumröhren.

Der Kontakt-detektor ist stets ein Drosseler der Energie. Er verbraucht durch den Übergangswiderstand an seiner Kontaktstelle eine gewisse Energie, deren Betrag von der zur Ladung des Kondensators dann noch zur Verfügung stehenden Energie abzuziehen ist. Es kann bei sehr großen Entfernungen zwischen Sender und Empfänger daher vorkommen, daß wohl in der Antenne noch ein Hauch von elektrischer Bewegung vorhanden, daß aber hinter dem Detektor jede Spur von



104. Dreiröhren-Verstärker. Oben geschlossen, unten offen

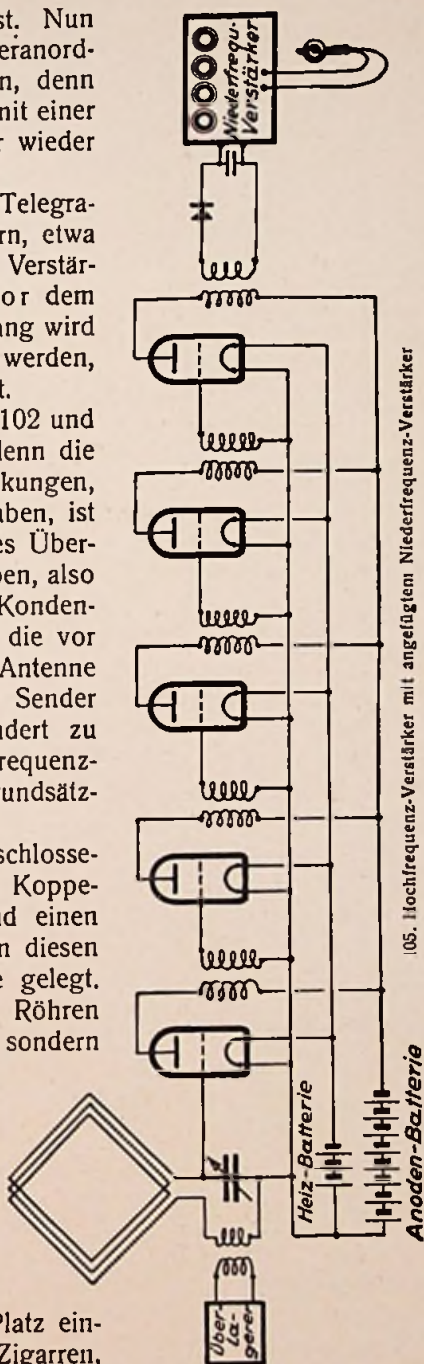
Schwingungsenergie verschwunden ist. Nun können auch die besten Verstärkeranordnungen keinen Nutzen mehr bringen, denn die Multiplikation des Faktors Null mit einer noch so großen Zahl ergibt immer wieder Null.

Deshalb ist es notwendig, beim Telegraphieren über Tausende von Kilometern, etwa zwischen Nauen und Amerika, eine Verstärkungsanordnung anzuwenden, die vor dem Detektor angreift. Bei solchem Empfang wird aus Gründen, die bald angegeben werden, stets eine Rahmenantenne verwendet.

Die Anordnungen auf den Bildern 102 und 103 sind Niederfrequenzverstärker, denn die sekundliche Zahl der Stromschwankungen, deren Amplitude sie zu erhöhen haben, ist gering. Es sind ja die mit Hilfe des Überlagerers erzeugten Schwingungsgruppen, also meist 1000 Stromstöße aus dem Kondensator, die ihnen zufließen. Röhren, die vor dem Detektor unmittelbar an die Antenne geschaltet werden, haben die vom Sender herkommende Schwingung unverändert zu verarbeiten. Sie sind also Hochfrequenzverstärker. Ihre Bauart ist jedoch grundsätzlich die gleiche.

Auf Bild 105 sehen wir in den geschlossenen Kreis der Rahmenantenne eine Kopplungsspule für den Überlagerer und einen Abstimmkondensator eingesetzt. An diesen ist der Gitterkreis der ersten Röhre gelegt. Die Verbindung zu den nächsten Röhren wird nicht durch Transformatoren, sondern durch einfache Spulen ohne Eisenkerne hergestellt. Es folgt darauf der Detektorkreis, und, wenn es nötig ist, kann nun noch einmal Niederfrequenzverstärkung durch weitere Röhren angefügt werden.

Die Wirkung dieser Anordnung, die, von der Stromquelle abgesehen, auf dem Empfangstisch nicht mehr Platz einnimmt als eine Kiste für hundert Zigarren,



ist gewaltig. Die Hochfrequenzkaskade verstärkt um das 20000fache, die Niederfrequenz-Röhrenggruppe noch einmal 8000fach. Im ganzen wird also die in der Antenne ankommende Energie um das 160millionenfache verstärkt. Es ist sogar unschwer möglich zu billionenfacher Verstärkung zu gelangen.

Ein mit besonderer Sorgfalt gebautes Telephon gibt noch deutliche Töne, wenn eine Energie von nur ein zehnmilliardtel Watt darauf einwirkt. Bei der Verstärkung nach Bild 105 würde es also zur Aufnahme von Zeichen noch genügen, wenn in der Empfangsantenne eine Energie von etwa 1 Trilliontel Watt schwingt.

Durch die Zauberwirkung der Röhre ist es leicht, die letzten müden Ausläufer der Ätherbewegung so stark auf das Telephon einwirken zu lassen, daß die tönenden Morse-Rhythmen im größten aller Säle überall zu vernehmen sind. Die Verstärkerröhren bilden das Sturm-bataillon, das augenblicklich dem drahtlosen Heer im Kampf um den ersten Platz im Reich der Fernmeldetechnik vorauszieht. Das bei diesem Vormarsch bereits Erreichte ist besonders deshalb bewundernswert, weil der Stoßtrupp erst vor verhältnismäßig ganz kurzer Zeit gebildet worden ist. Von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie wurden Hochvakuum-Verstärkerröhren zum erstenmal im Frühjahr 1914 im Betrieb vorgeführt. In allen Ländern fällt die schwierige Entwicklung dieser Vorrichtungen in die Kriegsjahre. Die Anforderungen der Heeresverwaltungen haben freilich in hohem Maß befruchtend gewirkt.

Fleming in Amerika beobachtete bereits im Jahre 1905, daß ein ausgepumptes Rohr mit nur zwei Elektroden, einer geheizten und einer kalten, Detektorwirkung übt. Läßt man nämlich die Antennenschwingungen auf den Röhrenkreis wirken (Bild 106), so ist bei der Einen Fließrichtung des aus der Koppelungsspule quellenden Wechselstroms die geheizte Elektrode Kathode, während im nächsten Augenblick, wenn der Wechselstrom die entgegengesetzte Fließrichtung hat, die ungeheizte Elektrode Kathode ist. Ein Strom kann jedoch durch das in den Röhrenkreis gelegte Telephon nur im ersten Fall fließen. Denn nur wenn die glühende Elektrode Kathode ist, findet Stromdurchgang durch die Röhre statt, weil alsdann die aus dem Glühfaden austretenden negativ geladenen Elektronen beschleunigt werden. Sowie die Stromrichtung umkehrt, wird der Elektronenstrom durch die nun negativ aufgeladene kalte Elektrode abgebremst und zurückgeworfen. Es findet kein Stromdurchgang durch die Röhre statt, das Telephon bleibt stromlos.

Die Fleming-Röhre ist also ein Ventil, das nur Ströme Einer Richtung durchläßt, und diese Gleichrichterwirkung ist ja, wie wir wissen, die Aufgabe des Detektors. Die Lautstärke des Telefons im Ventildetektorkreis wird bedeutend erhöht, wenn man in den

Leitungszweig zwischen den beiden Elektroden noch eine Gleichstrombatterie fügt. (Zuführung einer Schwingung mit niedriger Gruppenfrequenz ist selbstverständliche Voraussetzung hierfür und für das folgende.)

Lee de Forest schuf eine weitgreifende Verbesserung, indem er die Fleming-Röhre mit einer dritten Elektrode, dem Gitter, versah und eine neuartige Schaltungsanordnung angab. Er nannte die Vorrichtung Audion, und dieses Audion ist heute der weitaus beste aller Detektoren.

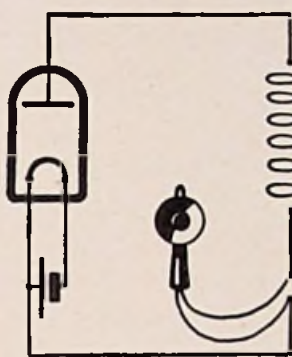
Er hat die niedrigste Reizschwelle, d. h. er läßt noch bei Antennenschwingungen mit sehr niedrigen Amplituden Gleichstromstöße zum Telephon gelangen und übt gleichzeitig Verstärkerwirkung. Bei der Anordnung nach Bild 105 läßt man daher heute den Kreis mit Kontaktdetektor fort. Die letzte Hochfrequenz-Verstärkerröhre wird als Audion geschaltet, so daß sie, ohne ihre Verstärkereigenschaft zu verlieren, den Detektor ersetzt.

Bild 107 stellt die Audionschaltung dar, deren Tätigkeit nicht ganz leicht aufzufassen ist. Wir wollen, um uns das Verständnis zu erleichtern, zunächst annehmen, daß der Sender gedämpfte Schwingungen in die Antenne schickt. Dann ist es Aufgabe des Audions, jede Schwingungsgruppe als einen einzigen Stromstoß ans Telephon gelangen zu lassen.

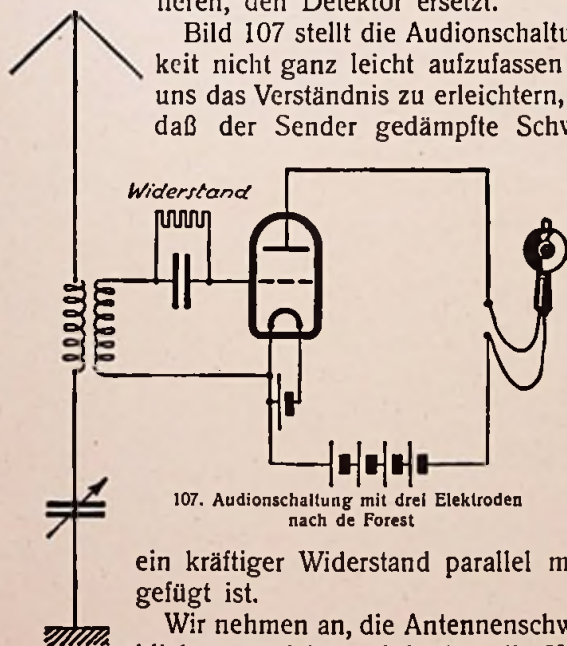
Die Verstärkerschaltung von Bild 102 ist nur dadurch abgeändert, daß der Kondensator aus dem fortfallenden Kontaktdetektorkreis in den Gitterkreis des Audions gesetzt und

ein kräftiger Widerstand parallel mit diesem Kondensator angefügt ist.

Wir nehmen an, die Antennenschwingung sei in einem Augenblick so gerichtet, daß über die Koppelung hinweg die linke



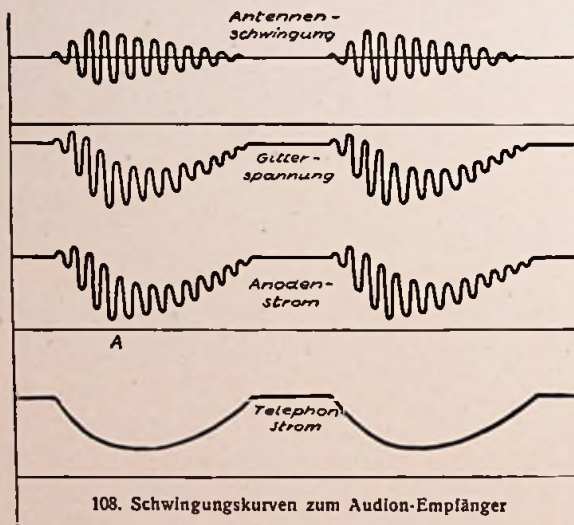
106. Audionschaltung mit zwei Elektroden nach Fleming



107. Audionschaltung mit drei Elektroden nach de Forest

Kondensatorbelegung positive Ladung erhält. Alsdann ladet sich die rechte Kondensatorbelegung durch Influenz negativ auf; die darin enthaltene positive Elektrizität wird abgestoßen und wandert möglichst weit weg, also auf das Gitter. Dadurch wird die Gitterspannung weniger negativ, als sie bis dahin gewesen und läßt mehr Elektronen durchgehen. Dies bedeutet ein Anwachsen des Anodenstroms. Zugleich nimmt das Gitter selbst wieder negative Elektronen auf, so daß der Anodenstrom bald wieder abzusinken beginnt.

Als bald pendelt die Antennenschwingung durch Null. Der Kondensator ist gleichzeitig entladen, und die positive Elektrizität, die



108. Schwingungskurven zum Audion-Empfänger

vorhin nach dem Gitter abgestoßen wurde, hat dieses verlassen. Deshalb übt jetzt die erhöhte Zahl der negativen Elektronen auf dem Gitter ihren vollen Einfluß und mindert den Anodenstrom weiter.

Nach kürzester Zeit hat die Antennenschwingung die entgegengesetzte Richtung, so daß jetzt die linke Kondensatorbelegung

negative Ladung erhält, wodurch in der rechten Belegung positive Elektrizität gebunden und negative nach dem Gitter abgestoßen wird. Infolge dieser neuen Verstärkung der negativen Ladung des Gitters nimmt der Anodenstrom noch weiter ab. Wenn hierauf die Antennenschwingung erneut durch Null pendelt, und der Kondensator entladen ist, wandert die eben ausgetretene negative Elektrizitätsmenge vom Gitter zum Kondensator zurück. Die negative Ladung des Gitters ist jetzt so groß wie am Ende des ersten Wechsels, d. h. zu der Zeit, als der Kondensator das vorige Mal ladungsfrei war.

Das Spiel geht in gleicher Weise weiter. Aber mit jeder Antennenschwingung steigt die negative Ladung des Gitters an, weil der positive Zuwachs jedesmal durch die größere Menge der aus der Glühkathode gesaugten Elektronen ausgeglichen wird, der negative Zuwachs aber nicht. Es bleibt also nach jeder Schwingung ein Rest der negativen Höherladung im Gitter übrig. Die Folge ist,

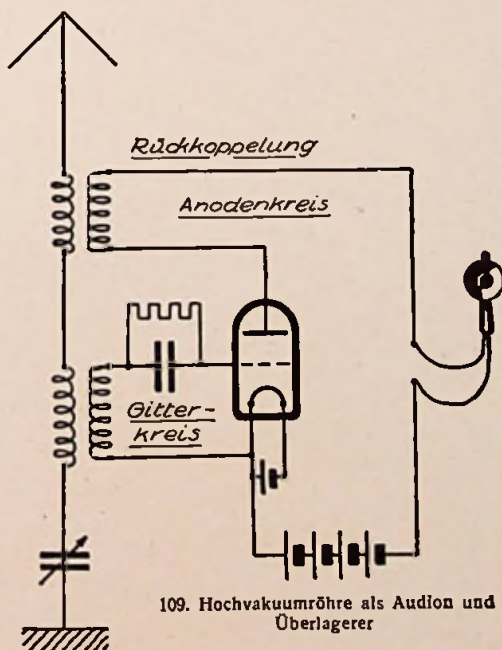
daß der Anodenstrom, wenn auch schwingend, immer geringer wird, in der Art, wie es die dritte Zeile des Bildes 108 bis zum Punkt A zeigt.

Nun aber kommt die Zeit, in der die Amplitude der Antennenschwingung infolge der Dämpfung immer geringer wird. Die positiven Aufladungen des Gitters sind jetzt so gering, daß die Zahl der angesaugten Elektronen klein ist und immer kleiner wird. Die negative Überladung des Gitters hat vom Beginn des ganzen Vorgangs an Gelegenheit, über den Widerstand, der den Kondensator überbrückt, abzufließen. Aber nur während des Abklingens kann mehr negative Ladung abfließen, als dem Gitter in gleicher Zeit zugeführt wird. Die Folge ist jetzt ein allmähliches Absinken der negativen Gitterladung und damit ein Zunehmen des Anodenstroms. Wenn der Wellenzug sein Ende erreicht hat, ist der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt.

Da der Anodenstrom die Gitterschwankungen gesteigert wiedergibt, so wirkt auch das Audion als Verstärker. Das Telephon faßt wieder jede Schwingungsgruppe als einen einzigen Gleichstromstoß auf, es gibt also wieder, wenn 1000 Schwingungsgruppen in der Sekunde zur Antenne gelangen, den Ton 1000. Daß die Kurve des Telephonstroms in Zeile 4 auf Bild 108 jetzt nach unten geneigt ist, während sie auf den Bildern 48 und 100 nach oben ausbiegt, macht für die Telephonwirkung keinen Unterschied, denn es ist für das Ohr gleichgültig, ob die Schallplatte 1000 Mal in der Sekunde vom Telephonmagneten abgestoßen oder angezogen wird.

Beim Empfangen ungedämpfter Schwingungen, zu denen die Überlagerungsschwingungen gesellt werden, arbeitet das Audion gleichfalls in der eben dargestellten Weise. Denn auch dann haben wir ja einzelne abgeteilte Schwingungsgruppen in der Antenne; wenn wir den Überlagerer entsprechend eingestellt haben, ebenfalls 1000 in der Sekunde.

Es ist nun eine besonders hübsche Wirkung der



109. Hochvakuumröhre als Audion und Überlagerer

als Audion geschalteten Röhre, daß sie gleichzeitig mit ihrer Detektor- und Verstärkerwirkung auch die Überlagerungsschwingungen selbst erzeugen kann. Man braucht bei der Audionschaltung gar keinen besonderen Überlagerungssender am Empfangsort aufzustellen, wenn man die Audionschaltung nach Bild 109 ausgestaltet.

Die Abänderung ist gering. Es wurde nur in den Anodenkreis eine neue Koppelungsspule gefügt, die einer zweiten Spule in der Antenne nahesteht. Es ist jetzt eine Rückkoppelung ausgebildet, genau von der Art, wie der Röhrensender sie besitzt (Bild 93, Seite 141). Das Audion ist zugleich Sender, der, wenn die elektrischen Abmessungen der Rückkoppelung entsprechend ausgeführt sind, trefflich brauchbare Überlagerungsschwingungen liefert. Die Röhre arbeitet hier als ein Universalgerät von unvergleichlicher Gesamtwirkung.

Die Schaltungsanordnung nach Bild 109 ist heute bei Anwendung von Röhren im Empfänger allgemein üblich. Die letzte Hochfrequenzverstärkerröhre ist stets Audion und Überlagerer zugleich, der gesonderte Überlagerungssender fällt fort. Braucht man die Hochfrequenzverstärkung nicht, so wird die erste Niederfrequenzverstärkerröhre entsprechend geschaltet.

In einfacheren Empfangseinrichtungen, die ohne Verstärkung arbeiten, wird der Kontaktdetektor nach wie vor verwendet, obgleich sein Wirkungsgrad geringer ist als der des Audions. Denn dieses fordert das Bereithalten einer Heiz- und einer Anodenbatterie, die beim Betrieb mit Kontaktdetektor nicht notwendig sind. Da aber Empfänger ohne Verstärkung bald der Vergangenheit angehören werden, so sind auch die Tage des Kontaktdetektors gezählt. Die undankbare Technik nimmt keinen Anstand, auch dieser Vorrichtung, die bei ihrem Erscheinen so freudig empfangen wurde, den Eselstritt zu versetzen.

Die Empfangseinrichtungen mit Verstärkern benutzen als Luftdraht stets die Rahmenantenne. Die Abmessungen dieser spulenförmigen Gebilde von quadratischem Querschnitt gehen heute kaum noch über wenige Meter hinaus, so daß die Raumansprüche der Empfangsanlagen außerordentlich weit hinter den Gelände-Anforderungen zurückstehen, die von den Sendestellen mit ihren kilometerlangen offenen Luftleitern gestellt werden.

Die neuzeitlichen Empfänger müssen den Rahmen benutzen! Er ist für sie ganz unentbehrlich, da er mit den Verstärkern in einem gegenseitigen Meistbegünstigungsverhältnis steht.

Wir hörten bereits in Abschnitt 13, daß die Aufnahmefähigkeit einer Rahmenantenne für Ätherbewegungen geringer ist als die gleiche Fähigkeit eines großen offenen Luftleiters. Deshalb konnten die ungemein förderbaren Eigenschaften des Rahmens nicht früher

ausgenutzt werden, als bis Kräftigungseinrichtungen für die stets nur schwache in ihm schwingende Energie zur Verfügung standen. Der Verstärker gehört zum Rahmen wie das Licht der hochkerzigen Lampe zum kinematographischen Aufnahmeapparat oder die Vorspannlokomotive zum bergauffahrenden Zug.

Die vieltausendfache Verstärkung ist andererseits hinter dem großen offenen Luftleiter nicht anwendbar, weil dieser auch alle Ätherbewegungen, die in den benachbarten atmosphärischen Schichten vor sich gehen, mit offenen Armen aufnimmt. Diese störenden, zeichenverwirrenden Schwingungen würden von den Röhren ebenfalls vervielfacht werden.

Die luftelektrischen Vorgänge gehen in die Antenne ein, indem fortwährend geladene, ionisierte, Teilchen auf diese prallen und aufgesaugt werden. Es ist klar, daß ein großes Luftnetz in jeder Sekunde von einer viel größeren Zahl dieser elektrischen Feingeschosse getroffen werden muß als der kleine Rahmen. Dieser kann sogar ohne allzu große Minderung seiner Aufnahmefähigkeit in einem geschlossenen Raum aufgestellt werden; Dach und Wände wehren alsdann die Ionen, die ja körperliche Teilchen sind, kräftig ab, die körperlosen Ätherschwingungen aber lassen sie durch.

Während die Sendeantenne stets einen offenen Kreis bildet, entsteht bei Anwendung des Rahmens ein geschlossener Empfangskreis, der keinen Erddraht nötig hat. Bei Betrachtung von Bild 105 sehen wir deutlich, daß der von Rahmenspule und Drehkondensator gebildete Empfängerteil nichts anderes ist, als ein gewöhnliches schwingungsfähiges Kreissystem, bei dem nur die Selbstinduktion stark vergrößert ist. Ein solcher Kreis ermöglicht die feinste Abstimmung, so daß also die Empfänger mit Rahmen durch den Drehkondensator aufs genaueste in Resonanz mit den ankommenden Wellen zu bringen sind.

Da ein Zwischenkreis und weitere Siebkreise (Seite 84) angesichts der nahezu unbegrenzten Verstärkungsmöglichkeit in jeder gewünschten Zahl dahintergesetzt werden können, so ist ein solcher Empfänger gegen jeden fremden Sender, der mit einer nur ein wenig größeren oder kleineren Wellenlänge arbeitet, vollständig unempfindlich zu machen.

Mit fünf oder sechs Rahmen, die im gleichen Raum untergebracht sind, kann man gleichzeitig von ebenso vielen verschiedenen Sendern empfangen, ohne daß Verwirrung der Zeichen eintritt. Liegen die Sendestellen in verschiedenen Richtungen vom Empfangsort, so dürfen sie sogar mit gleicher Wellenlänge senden, da jeder Rahmen nur Zeichen aufnimmt, die aus der Richtung senkrecht zu seiner Ebene kommen. Über diese Richtungsempfind-

lichkeit wurde bereits auf Seite 91 gesprochen, und im Anschluß daran auch die hieraus entstehende Möglichkeit des Duplexbetriebs, des gleichzeitigen Sendens und Empfangens zwischen zwei Stationen, erörtert.

Neuestens ist es sogar gelungen, einseitige Richtungsempfindlichkeit des Rahmens hervorzubringen. Bisher wirkten auf ihn, wenn er z. B. westöstlich eingestellt war, zwei Stationen mit gleicher Stärke ein, von denen die eine genau im Westen, die andere genau im Osten lag. Durch eine besondere Schaltungsanordnung kann nun nach Belieben einer der beiden Wellenzüge stumm gemacht werden,

so daß nur noch aus einer einzigen, ganz bestimmten Richtung empfangen wird. Das ist ganz besonders wichtig für die Benutzung des Rahmens bei der Schiffslenkung.

Das Rahmenquadrat wird stets so aufgestellt, daß eine Spitze zur Erde gekehrt ist. Wenn nämlich eine Kante wagerecht läge, so würden die Spulenfläche und die Erde einen Kondensator mit der Luft als Zwischenschicht bilden, wodurch die Schärfe der Abstimmbarkeit litte. Die kleinen Rahmen werden drehbar aufgehängt. Man erhält hierdurch die Mög-



110. Tragbares Rahmen-Empfangsgerät

lichkeit, von verschiedenen Stationen zu empfangen, da bei Bedarf die Richtung der maximalen Empfindlichkeit gewechselt werden kann.

Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie begann im Jahre 1915 Versuche mit Rahmenantennen von noch recht großen Abmessungen. Ende März 1918 gelang es aber schon, mit einer Rahmenantenne von nur einem Quadratmeter Fläche die amerikanischen Stationen im Innern von Gebäuden aufzunehmen. Heute hört man auf diese Art sehr deutlich Sendestellen auf Java, deren Entfernung 12000 Kilometer, also mehr als die Länge eines Erdquadranten, beträgt. Zur Aufnahme von Zeichen des Eiffelturms oder der englischen Großsendestellen genügt im Herzen von Deutschland ein Rähmchen von 10 Zentimetern Höhe.

Das ganze Empfangsgerät, das hierzu gebraucht wird, ist so klein, daß es bequem von einem Mann getragen werden kann. Der Spaziergänger auf Bild 110 führt die zusammenlegbare Rahmenantenne, einen Kasten mit den Verstärkerröhren, einen zweiten mit der Heiz- und Anodenbatterie, sowie das Telephon mit sich. In wenigen Minuten ist daraus eine fein abstimmbare Empfangsanlage zusammengestellt, so daß bequem an jedem Ort gehört werden kann, was die europäischen, ja sogar was die amerikanischen Großstationen senden. Wenn der Verkauf solcher niedlichen Empfangseinrichtungen an Private nicht von der Postbehörde verboten wäre, bestünde die Gefahr, daß man auf Feldern und Wiesen bald mehr Nachrichtenjäger als richtige Weidmänner anträfe.

21. Schnelltelegraphie

Seit die Großsendestellen aus Versuchslaboratorien zu Telegraphenämtern geworden sind, müssen ihre Vorsteher, gerade wie die leitenden Männer in allen anderen gewerblichen Unternehmungen, sich bemühen, den Umsatz nach Möglichkeit zu steigern. Sie haben dafür zu sorgen, daß die kostbaren Maschinen gut ausgenutzt werden, daß sie vor allem die zu ihrem Antrieb erforderliche Energie niemals umsonst verbrauchen. Wir hörten bereits in Abschnitt 13, daß das früher übliche Leerlaufen der Maschinen während der Empfangszeit durch die Einführung des Duplexbetriebs beseitigt worden ist. Die Güte des Nutzungsfaktors der Anlagen aber hängt von der Telegraphiergeschwindigkeit ab.

Den meisten Großstationen fließen heute die Telegramme in so reicher Zahl zu, daß eine genügend rasche Absendung mit den bis vor kurzem üblichen Tastmitteln nicht mehr möglich ist. Es beginnen dann Stauungen einzutreten, die einzelnen Depeschen müssen zu lange auf Abfertigung warten.

Wenn die Zahl der Kunden in einer bestimmten Abteilung eines Warenhauses sich stark vermehrt, so wird dort eine größere Zahl von Verkäufern eingestellt. Das drahtlose Telegraphenamt vermag dem Zudrang auf diese Weise nicht zu entsprechen. Denn der Ladentisch sozusagen, über den die begehrte Ware hinausgereicht werden kann, ist bei ihm nur ganz schmal und kann nicht verbreitert werden.

Zur Abgabe telegraphischer Sendungen nach einer bestimmten Gegenstation ist immer nur ein einziges Tastorgan zur Verfügung. Soll mit diesem der Umsatz entsprechend der Nachfrage gesteigert werden, so muß die Abfertigungsmethode nicht nach der Breite, sondern in die Tiefe entwickelt werden. Es bleibt nur übrig, dafür zu sorgen, daß das Abtelegraphieren jedes einzelnen Worts eine möglichst geringe Zeit erfordert, daß die Sendegeschwindigkeit erhöht wird. Im Drahtverkehr ist die Schnelltelegraphie längst üblich, sie hat nun auch ihren Einzug in den drahtlosen Bereich gehalten.

Die Funktechnik hatte, um die Gesamtapparatur der einzelnen Großstationen für die neue Arbeitsform fähig zu machen, eine drei-

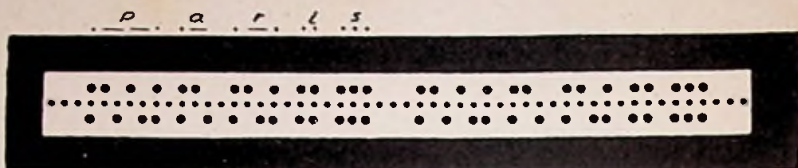
fache Aufgabe zu lösen: es mußte dafür gesorgt werden, daß die Sende-Impulse bei äußerster Genauigkeit der Zeichenabgabe sehr rasch aufeinander folgen können, daß die Tastrelais mit genügender Geschwindigkeit zu arbeiten vermögen, und daß die raschen Zeichen sicher und verständlich an der Empfangsstelle aufgenommen werden können.

Selbst der geübteste Telegraphist ist nicht imstande, mehr als 150 Buchstaben der Morse-Schrift in der Minute zu tasten. Da jedes Wort im Durchschnitt 6 Buchstaben umfaßt, kommt man also an der Handtaste nicht über eine Sendegeschwindigkeit von 25 Wörtern in der Minute hinaus. Schon bei diesem Tempo beginnen die Zeichen unklar zu werden, da die Genauigkeit der Abstände schwindet.

Damit Morse-Zeichen deutlich gelesen oder abgehört werden können, ist es notwendig, daß die schmalen Räume zwischen den einzelnen Punkten und Strichen, die einen Buchstaben bilden, die größeren zwischen den einzelnen Buchstaben und die noch weiteren Abstände zwischen den Wörtern in ihrer Verschiedenheit ausgeprägt werden, daß aber die Zwischenräume jeder einzelnen Art immer gleich bleiben. Bei gesteigerter Telegraphiergeschwindigkeit, bei einer Leistung von etwa 600 Buchstaben oder 100 Wörtern in der Minute, ist das nur durch Maschinensender zu erreichen. Bei der Schnelltelegraphie tritt an die Stelle des Handtastens die mechanische Zeichenabgabe.

Benutzt wird hierzu ein bereits im Jahre 1858 von Wheatstone in die Drahttelegraphie eingeführtes und dort auch heute noch allgemein benutztes Gerät: der Lochstreifen. Dies ist ein schmales Band aus kräftigem Papier, in das Löcher gestanzt sind. Treibt man den gelochten Streifen mit hoher Geschwindigkeit durch einen geeigneten Kontaktapparat, so tastet er hier die Zeichen des Morse-Alphabets sehr rasch und mit größter Genauigkeit der Abstände. Der Streifen und der Kontaktapparat zusammen arbeiten als Schnelltaste.

Damit wir die Tätigkeit der Vorrichtung recht verstehen, müssen wir die einfache Arbeitsweise der Handtaste noch einmal scharf ins Auge fassen. Sie ist nichts anderes als ein Schalter zum Öffnen und Schließen des Stromkreises für das Tastrelais. Soll ein Punkt gegeben werden, so folgen Einschalten und Unterbrechen des Stroms rasch aufeinander; wenn ein Strich gesendet wird, ist die Zeit, die zwischen Schließen und Öffnen vergeht, länger. Damit der Lochstreifen Punkte und Striche hervorzubringen vermag, muß er also Lochanordnungen von zwei verschiedenen Arten besitzen: eine zum Erzeugen der Punkte, eine zum Erzeugen der Striche. Die Abstände werden durch unverletztes Papier hervorgerufen.



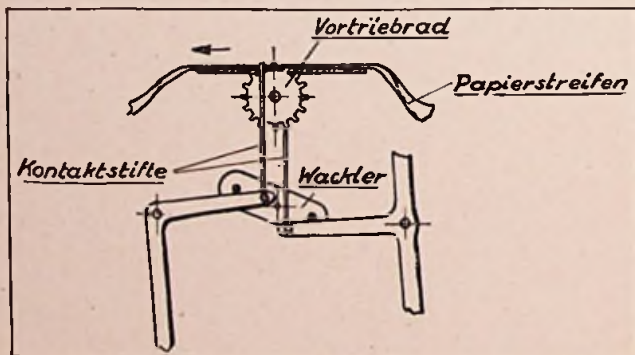
111. Lochstreifen für den Wheatstone-Sender

Auf dem Stück eines Wheatstone-Streifens, den Bild 111 wieder-
gibt, sehen wir zwei Reihen größerer Löcher. Diese allein kommen
für die Tastwirkung in Betracht. Die Mittelreihe kleiner Löcher
dient nur zur mechanischen Förderung des Streifens; die dünnen
Metallstifte eines Antriebrads greifen hier ein und schieben das
Papierband vorwärts.

Es gehört nun zu jedem Morse-Zeichen ein Loch in der oberen
und ein Loch in der unteren Reihe. Deutlich sehen wir auf dem
Bild, daß die ersten Löcher in beiden Reihen senkrecht untereinander-
stehen, daß aber das zweite Loch der unteren Reihe gegenüber
dem zweiten Loch der oberen Reihe um ein Stück nach rechts ver-
schoben ist. Die erste Lochzusammenstellung liefert einen Morse-
Punkt, die zweite einen Morse-Strich.

An dem Kontaktapparat, über den der Wheatstone-Streifen läuft
(Bild 112), befinden sich als Steuerteile zwei runde Stifte, deren
Durchmesser ein klein wenig geringer als der Durchmesser der
Stanzlöcher ist. Diese Stifte werden von einer Schwinge, Wackler
genannt, unaufhörlich sehr geschwind auf und nieder bewegt und
haben stets das Bestreben, beim Hinaufgehen durch das Streifen-
papier zu dringen. Das kann aber jeder der Stifte nur dann, wenn
sich gerade ein Loch über ihm befindet. Anderenfalls stößt er gegen
das Papier, ohne dies jedoch verletzen zu können.

Die Bewegung der Stifte ist elektrisch unwirksam, wenn sie vom
vollen Papier zurückgehalten werden; jeder von ihnen vollführt
seine Schalt-
aufgabe nur
dann, wenn er
beim Durch-
gang durch ein
Loch im Strei-
fen weit nach
obendurchsto-
ßen kann. Nun
bewirkt der
Stift, der sich
unter der obe-
ren Lochreihe



112. Kontaktvorrichtung des Wheatstone-Senders

befindet, in solchem Augenblick das Schließen des Taststroms, was dem Niederdrücken der Handtaste durch den Telegraphisten entspricht. Der Stift, der unter der unteren Reihe arbeitet, öffnet beim Durchstoßen den Strom, was ja auch der Telegraphist beim Loslassen der Taste tut.

Weiter muß beachtet werden, daß die beiden Kontaktstifte auf Bild 112 nicht in einer Linie stehen, die senkrecht zur Kante des Lochstreifens verläuft. Der Stift für die untere Lochreihe steht vielmehr um ein kleines Stück hinter dem Stift der oberen Reihe, d. h. er ist etwas nach links verschoben.

Wenn unser Lochstreifen nach links bewegt wird, so stoßen die beiden ständig arbeitenden Steuerstifte zunächst gegen volles Papier; das Tastrelais bleibt in Ruhe. Dann aber gelangt das erste Loch der oberen Reihe über den Steuerstift. Dieser stößt durch, der Stromkreis des Tastrelais wird geschlossen, die Antenne beginnt Schwingungen abzusenden.

Ganz kurze Zeit darauf gelangt auch das senkrecht darunter befindliche erste Loch der unteren Reihe über den zugehörigen, ein wenig weiter links stehenden Stift. Dieser stößt durch, der Strom im Tastkreis wird geöffnet, die Strahlung der Antenne hört auf.

Nach einigen wirkungslosen Auf- und Abgängen der Steuerstifte kommt das zweite Loch der oberen Reihe über seinen Stift, und wieder beginnt die Antenne ihre Strahlung. Jetzt dauert es jedoch längere Zeit, bis das zugehörige Loch der unteren Reihe den anderen Steuerstift durchläßt und damit die Antennenstrahlung beendet.

Es ist also zuerst eine kurze, hierauf eine längere Schwingungsfolge gesendet worden, im Empfänger wurde zunächst ein Punkt, dann ein Strich aufgenommen.

Durch 14 Stromschließungen und -öffnungen, die bald rasch, bald weniger rasch aufeinander folgen und durch sorgfältige Abteilung der zu den einzelnen Buchstaben gehörigen Lochzusammenstellungen gibt der Streifen so das Wort „Paris“ zum Empfangsort hinüber. Es ist dort noch deutlich aufzunehmen, wenn es viermal so schnell gesendet wird, wie dies mit der Handtaste möglich wäre.

Es bleibt noch die Entstehung des Streifens selbst zu besprechen, und hierbei stoßen wir auf eine unangenehme Eigenschaft, die jeglicher Schnelltelegraphie, sowohl mit Draht wie ohne Draht, anhaftet. Wie die Götter vor den Erfolg die Mühe gesetzt haben, so setzten sie vor das Schnellsenden die Stanzarbeit. Der Lochstreifen erledigt zwar die eigentliche Telegraphiertätigkeit sehr geschwind und erhöht dadurch den Nutzungsfaktor der Anlage, aber er zwingt zu einem besonderen Zeitaufwand zwischen der Auflieferung des Telegramms und seiner Absendung.

Der geschriebene Text muß zunächst zu den Stanzapparaten gehen, wo er in Lochschrift übertragen wird.

Dies geschah früher stets mittels einfacher Handstößel; am Stanzapparat selbst sind dann drei Stanzteller angebracht. Beim Niederstoßen des einen werden in den Streifen zwei untereinanderstehende Löcher für den Morse-Punkt, bei Betätigung des anderen zwei schräg liegende Löcher für den Morse-Strich eingestantzt. Der Mittelteller dient zur Leerförderung des Papiers für das Hervorrufen der Abstände zwischen den einzelnen Buchstaben und Wörtern. Es ist hier also für jeden Morse-Punkt und jeden Morse-Strich ein Stanzstoß erforderlich.

Die Firma Siemens & Halske hat aber seit kurzem eine Wheatstone-Stanzschreibmaschine hergestellt. Auf ihr wird beim Niederdrücken einer einzelnen Taste stets sogleich ein ganzer Buchstaben erzeugt. Diese Maschine ist ein feinmechanisches Kunstwerk insbesondere deshalb, weil ja die Morse-Buchstaben, im Gegensatz zu den Schriftzeichen, ganz verschiedene Breitenausdehnung haben. Nach dem Stanzen eines *e* z. B., das bloß aus einem einzigen Lochpaar besteht, darf der Papierstreifen nur ein klein wenig vorwärtsbewegt werden, während etwa das Komma, .—.—.—, einen sehr weiten Papierhub erfordert.

Aber auch nach Einführung dieser Verbesserung würde es immer noch zu lange dauern, bis ein vielwortiges Telegramm zum eigentlichen Sender gelangt, wenn die Übersetzung in Lochschrift mit einem einzigen Stanzapparat vorgenommen werden müßte. Man ist jedoch in diesem Abschnitt des Abfertigungsvorgangs imstande, in die Breite zu gehen. Für Einen Sender können zahlreiche Stanzen tätig sein. Der Urtext wird zerschnitten und an vielen Stellen gleichzeitig verarbeitet, so daß er geschwind fertig gestantzt ist. Die einzeln hergestellten Streifenstücke können dann ohne weiteres nacheinander durch den Sender gejagt werden.

Der Wheatstone-Apparat erfüllt die erste der drei vorhin erwähnten Aufgaben: das Schnellasten. Damit die Antennenstrahlung aber tatsächlich in entsprechender Weise gesteuert wird, ist es notwendig, daß das Tastrelais den Wirkungen der Steuerstifte im Wheatstone-Geber genau folgt. Bei Absendung von 150 Buchstaben oder 600 Zeichen in der Minute muß es die zur Antenne strebende Energie 600 Mal durchlassen und 600 Mal hemmen. Es hat also in der Sekunde 20 Bewegungen auszuführen.

So geschwind kann aber nur ein leichter Körper arbeiten. Wären die Tastrelais bei den verschiedenen Sendern so geschaltet, daß sie die Antennenenergie selbst unterbrechen müßten, so würde es notwendig sein, ihnen sehr breitflächige und damit gewichtige Kontakte zu geben. Denn wenn man z. B. versuchen wollte, die Neuener

Antennenenergie von 400 Kilowatt oder 600 Pferdestärken mit einem einzigen schmalen Kontakt zu unterbrechen, so würde der hierbei auftretende Extrastrom das Kupfer sofort wegschmelzen. Deshalb sind alle Tastrelais in Nebenstromkreise gelegt, von wo aus sie erst mittelbar auf die Hauptenergie einwirken. Beim Bogenlampensender von Poulsen liegt das Tastrelais im Magnetisierungskreis des



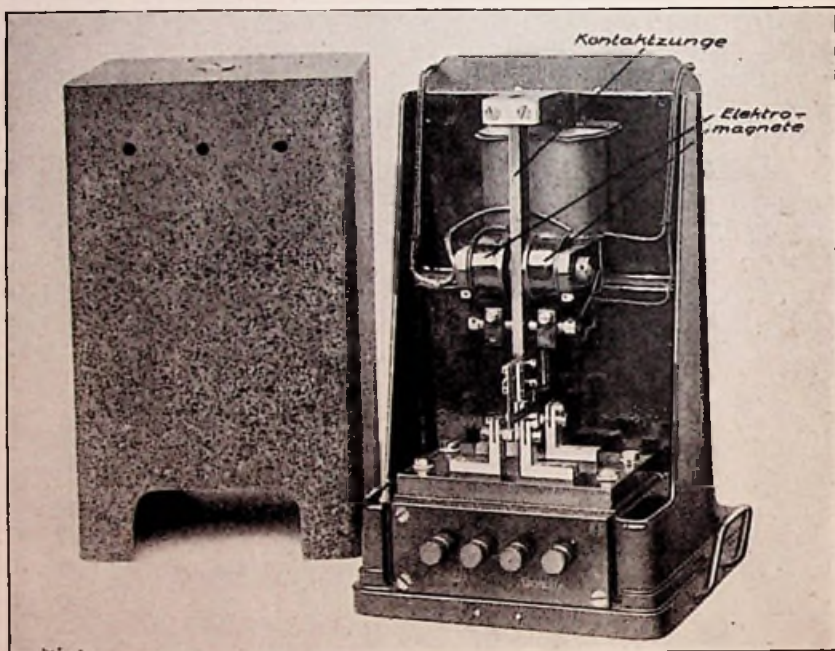
113. Stanzapparat für Wheatstone-Lochstreifen

Tasttransformators (Seite 116), bei der Hochfrequenzmaschine von Goldschmidt befindet es sich in einem Gleichstromkreis, der den Rotor erregt (Seite 125), bei der Nauener Maschine im Einstimmkreis der Tastdrossel (Seite 130), und beim Röhrensender im Gitterkreis (Seite 141).

Hier ist die zu unterbrechende Energie am kleinsten im Verhältnis zur Antennenenergie, so daß beim Röhrensender mit den leichtesten Tastrelais und dadurch auch mit höchster Tastgeschwindigkeit ge-

arbeitet werden kann. Auf Bild 114 sieht man deutlich die Relais-
zunge, die rechts liegend den Gitterkreis schließt, ihn links liegend
unterbricht, zwischen zwei kräftigen Elektromagneten. Der eine
von ihnen erhält Strom beim Durchstoßen des einen Kontaktstifts
am Wheatstone-Geber, der andere wird durch Emporgehen des
anderen Kontaktstifts erregt.

Auf der Empfangsseite, der das letzte Drittel der zu lösenden
Aufgaben zufällt, ist man zu besonders schönen Werkzeugen für
die Bewältigung des Schnellbetriebs gelangt.

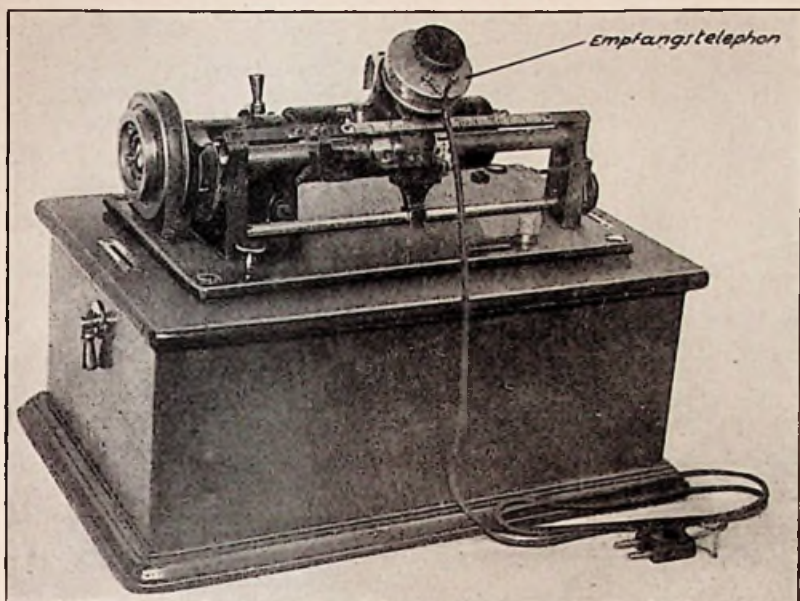


114. Tastrelais für Röhrensender

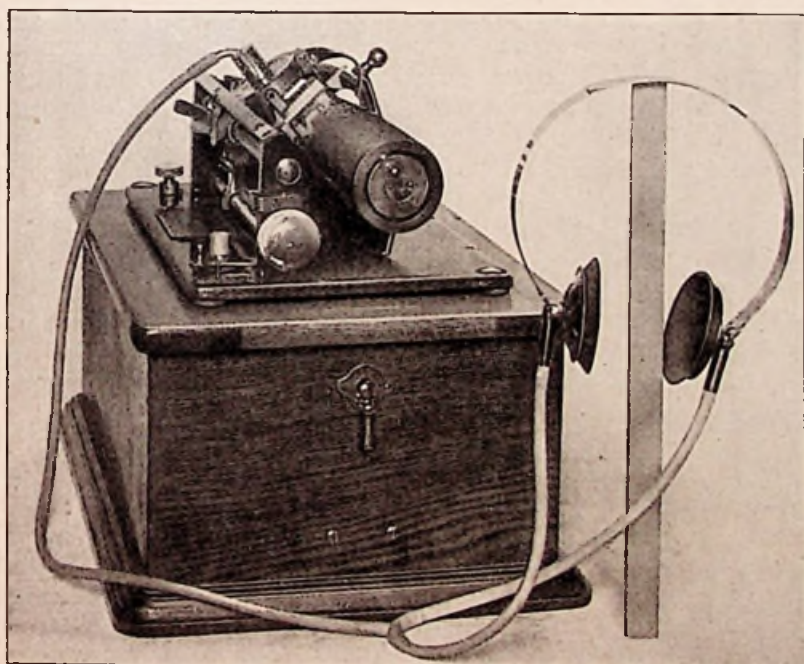
Die Möglichkeit, mit dem Ohr zu empfangen, hört gerade dort
auf, wo auch das sichere Handtasten endet. Mehr als 150 Buch-
staben oder 25 Wörter in der Minute kann kein Telegraphist auf-
fassen und mitschreiben. Als Ersatz wurde zunächst ein mechanisches
Ohr eingeführt. Es kann aber nur als ein Behelf bezeichnet werden,
wenngleich es recht gute Dienste geleistet hat und noch heute leistet.

Dieses mechanische Ohr ist der Phonograph.

Jeder weiß, daß die Aufzeichnung der gesprochenen Wörter und
der musikalischen Töne auf der Wachsplatte oder Wachswalze da-
durch erfolgt, daß die Schallschwingungen eine dünne Scheibe mit
daran befestigtem scharfen Stift in Bewegung setzen, und dieser
Stift auf der vorbeigleitenden Wachsmasse Gravierungen verschiedener



115. Phonograph als Empfänger



116. Phonograph zum Abhören eingerichtet

Art ausführt. Wenn die Einzeichnungen später unter einem Stift mit gerundeter Spitze vorbei geführt werden, so veranlaßt dieser Stift die ihn tragende Scheibe zu den gleichen Schwingungen, die sich darauf der Luft als Wörter oder Töne mitteilen.

Es ist nun klar, daß die Aufnahme-Membran des Phonographen ebenso gut wie durch den menschlichen Kehlkopf oder ein Musikinstrument auch durch die Töne in Schwingungen versetzt werden kann, die aus dem Telephon einer drahtlosen Empfangsstelle kommen. Die Aufgabe, die der Phonograph hier zu lösen hat, ist sogar besonders einfach, da die Wachswalze nur immer den gleichen Ton in kürzeren oder längeren Rhythmen aufgeprägt erhält.

Hierzu ist nichts weiter nötig, als das Telephon, das der Telegraphist bei langsamem Empfang ans Ohr hält, so am Phonographen anzubringen, daß die beiden Schallplatten einander in einem kurzen Rohr gegenüberstehen. Sie sind alsdann luftgekoppelt, die Bewegungen der Telephonmembran werden auf die Membran des Phonographen mechanisch übertragen (Bild 115).

An der Sendestelle kann nun sehr schnell getastet werden, denn die Wachswalze bewahrt bei genügender Drehgeschwindigkeit die angelangten Zeichen deutlich und sicher auf. Natürlich wird man nach wie vor Verstärkung anwenden, damit der Stift recht kräftig graviert.

Um das Aufgenommene abhören und niederschreiben zu können, läßt man die Walze später unter einen Wiedergabestift mit weit geringerer, beliebig einstellbarer Schnelligkeit laufen. Die aus dem Trichter oder einem Gummischlauch mit Muschelhörern kommenden Töne sind nun etwas tiefer als die aufgenommenen, aber die Folge der Rhythmen, auf die es ankommt, ist treu erhalten. Da die Walze viele Male abgespielt werden kann, hat man hier bereits eine dokumentarische Festlegung der gesendeten Zeichen.

Damit beim Empfang keine Unterbrechung durch das Auswechseln der Walzen entsteht, sind stets zwei Phonographen parallel an die letzte Verstärkerröhre geschaltet, so daß der eine aufnimmt, während der andere neu in Bereitschaft gesetzt wird.

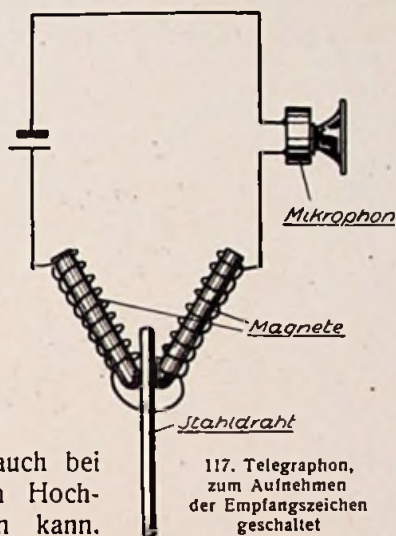
Waldemar Poulsen, der geistvolle dänische Physiker, hat einen elektromagnetischen Phonographen erfunden, der gleichfalls für Schnellempfang benutzt wird. Bei Poulsens Telegraphon wirken die Schallwellen auf ein Mikrophon, das mit den Wicklungen zweier Elektromagnete in einen Kreis geschaltet ist. Führt man zwischen den Polen dieser Magnete einen Stahldraht hindurch, so werden diesem wechselnde Magnetisierungen aufgeprägt; der Magnetisierungsgrad hängt von der Stärke des Stroms ab, der in jedem Augenblick durch die Magnetwicklungen fließt, d. h. von den Schwankungen, welche die Mikrophonmembran macht.

Zur Wiedergabe wird nach Entfernung der stromgebenden Batterie an die Stelle des Mikrophons ein Telephon gesetzt, dessen Schallplatte nun bei erneutem Durchführen des verschiedenartig magnetisierten Stahldrahts zwischen den Polen der Magnete in derselben Weise erschüttert wird wie vorher die Mikrophonplatte. Die Vorrichtung hat gegenüber dem Phonographen oder Grammophon den großen Vorzug, daß das Nebengeräusch des auf dem Wachs kratzenden Stifts fortfällt, da hier keine körperliche Berührung mit dem tongebenden Körper stattfindet.

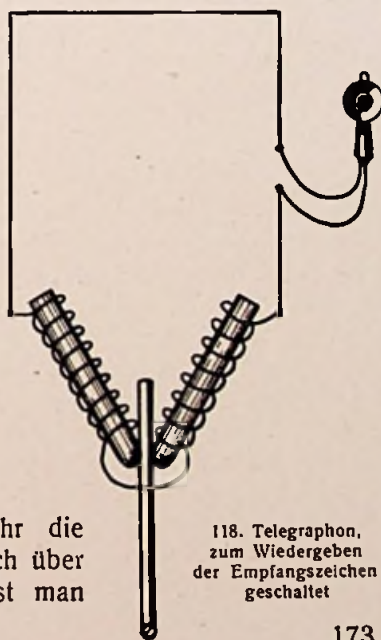
Will man das Telegraphon zur Aufnahme in einer drahtlosen Empfangsstelle benutzen, so stellt man wieder eine Luftkoppelung mit dem an den Verstärker geschalteten Telephon und dem Mikrophon her. Alle übrigen Vorgänge sind in entsprechender Art die gleichen wie vorher geschildert.

Ein besonderer Nutzen entsteht jedoch noch dadurch, daß hier auch bei der Wiedergabe Verstärkung durch Hochvakuumröhren angewendet werden kann. Diese lassen sich ja leicht in den Kreis schalten, der die Magnetwindungen und das Wiedergabetelephon enthält. Man kann daher mittels des Telegraphons noch solche Zeichen deutlich hörbar machen, die aus dem Phonographen nicht mehr wiedergewonnen werden können, weil sie, ankommend, den Grabstift mit zu geringer Kraft erschüttert haben.

Die beiden Methoden des indirekten Hörempfangs sind nicht viel mehr als Papierwährung der drahtlosen Technik. Sie stellen ein nicht vollwertiges Notgeld dar, das die Empfangsseite rasch zur Auszahlung bereitstellen mußte, als ihr die Schnelllieferungen der Sender plötzlich über den Kopf wuchsen. Aber schon ist man



117. Telegraphon, zum Aufnehmen der Empfangszeichen geschaltet

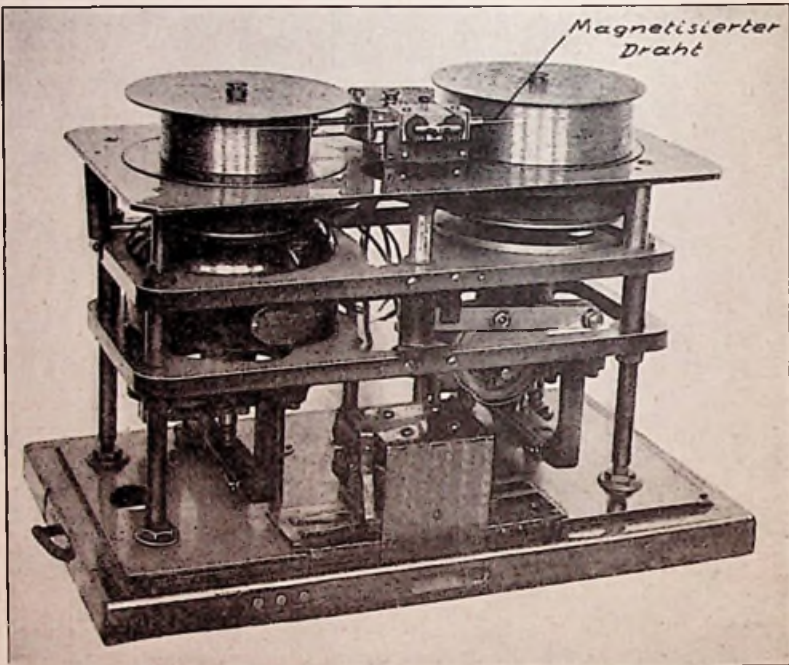


118. Telegraphon, zum Wiedergeben der Empfangszeichen geschaltet

an den Orten, deren Wahrzeichen die Rahmenantenne bildet, bereit und befähigt, in echter Münze zu zahlen. An die Stelle des Scheinwesens zwischengeschalteter Apparate aus fremden Gegenden der Technik tritt das lautere Gold des unmittelbaren Schreibempfangs.

Ein bedeutender Kreislauf ist damit vollendet.

Als der Fritter, dieser launische Gesell, der Vater aller Hindernisse, abgeschafft wurde, hatte man im Reich der drahtlosen Tele-



119. Das Telegraphon von Poulsen

graphie Gelegenheit, die bitteren Worte Verrinas in Schillers „Fiesko“ zu wiederholen: „Wenn der Mantel fällt, muß der Herzog nach!“ Denn die Frittröhre zog den Morse-Schreiber und damit die Möglichkeit des Schreibempfangs überhaupt mit ins Grab (Seite 75).

Es begann das Abhören der gesendeten Nachrichten, worin die Telegraphisten freilich rasch eine solche Übung erlangten, daß die jüngeren Beamten sich den Empfang bald gar nicht mehr anders vorstellen konnten. Trotzdem mußte bei den Männern, die für die Fortentwicklung arbeiten, der Wunsch bestehen bleiben, daß die Empfangseinrichtungen wieder schreibfähig würden. Denn allein was man schwarz auf weiß oder auch, in Telegraphenfarbe, violett auf weiß besitzt, kann man getrost nach Hause tragen.

Als wirklich dokumentarische Festlegung der aus dem Äther anlangenden Mitteilungen kann doch nur das Niedergeschriebene gelten. Die Empfangseinrichtungen sind nun heute wieder kräftig genug, um Schreibhebel bewegen zu können. Der Morse ist wieder in den drahtlosen Bezirk eingezogen.

Die Möglichkeit, selbst die feinsten Ätherbewegungen schreibfähig zu machen, ist selbstverständlich der Wirkung des machtvollen Zaubermittels der drahtlosen Technik, der Verstärkerröhre, zu verdanken. Hinter genügend kräftigen Hochfrequenz- und Niederfrequenzverstärkern steht unter allen Umständen ausreichende Energie zur Verfügung. Damit diese aber Punkte und Striche auf den laufenden Papierstreifen des Morse-Apparats setzen kann, muß ihr eine besondere Form gegeben werden.

Als letzte Leistung der Empfangseinrichtungen haben wir die pulsierenden Gleichstromstöße kennen gelernt, welche die unterste Zeile von Bild 108, Seite 158 zeigt. Sie wirken vorzüglich auf die Schallplatte des angeschlossenen Telefons, sind aber nicht geeignet, den Morse sinnvoll zu betätigen. Bei dessen Anschaltung kommt es darauf an, sein Elektromagnetsystem während der Zeit, in der die Taste am Sendeort niedergedrückt ist, dauernd und gleichmäßig erregt zu halten. Alsdann ist der Schreibhebel angezogen und hierdurch das mit Farbe versehene, ständig umlaufende Schreibrädchen gegen den bewegten Papierstreifen gedrückt.

Sobald der sendende Telegraphist die Taste losläßt, muß der Hebel in die Ruhestellung gebracht werden. Das geschah bei den älteren Morse-Apparaten durch eine Rückstellfeder, wird aber bei dem heutigen Schreibapparat für drahtlosen Empfang gleichfalls durch Magnetzug bewirkt, weil die Zeichen, die ja sehr geschwind aufeinander folgen, hierdurch rascher und schärfer beendet werden.

Der pulsierende Gleichstrom für den Hörempfang muß also, wenn das Telefon durch den Morse-Schreiber ersetzt wird, in zwei Gleichströme von unveränderlicher Amplitude verwandelt werden: den Zeichenstrom und den Trennstrom. Das wird nach einer von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie geschaffenen Methode durch eine eigenartige Zusammenschaltung zweier Röhren bewirkt.

An die Stelle des Telefons auf Bild 105, Seite 155 tritt ein Transformator (Bild 120); er erhöht die Spannung der aus dem Niederfrequenzverstärker kommenden Gleichstromstöße und verwandelt sie zugleich in Wechselstrom.

Denn die anschwellende Hälfte jedes Gleichstromstoßes, der in die Primärwicklung des Transformators gelangt, das Crescendo, verursacht in der Sekundärwicklung einen Strom in der einen Richtung, während das Decrescendo einen Strom weckt, der in der anderen Richtung fließt. Wir erhalten also wenn gesendet wird, aus der

Sekundärwicklung des Transformators einen Wechselstrom von der Schwebungsfrequenz, die meist auch für den hier vorliegenden Zweck auf 1000 eingestellt wird.

Die Sekundärspule des Transformators ist in den Gitterkreis der Röhre A gelegt. Vorläufig schweigt der Sender noch, also ist auch der Transformator stumm.

In demselben Kreis befindet sich eine Batterie, die dem Gitter G_1 eine negative Spannung, die Vorspannung, verleiht. Es ist leicht, die Höhe dieser Vorspannung so einzuregeln, daß sie den Strom der aus der Glühkathode K_1 austretenden

Elektronen gerade abdrosselt. Es bewegen sich dann keine Elektronen von der Kathode K_1 zur Anode F_1 , so daß der Anodenstrom der Röhre A, stammend aus der Anodenbatterie A, nicht fließen kann. Sowohl der Widerstand W wie der Elektromagnet H des Relais R , die im Anodenkreis liegen, sind alsdann stromlos.

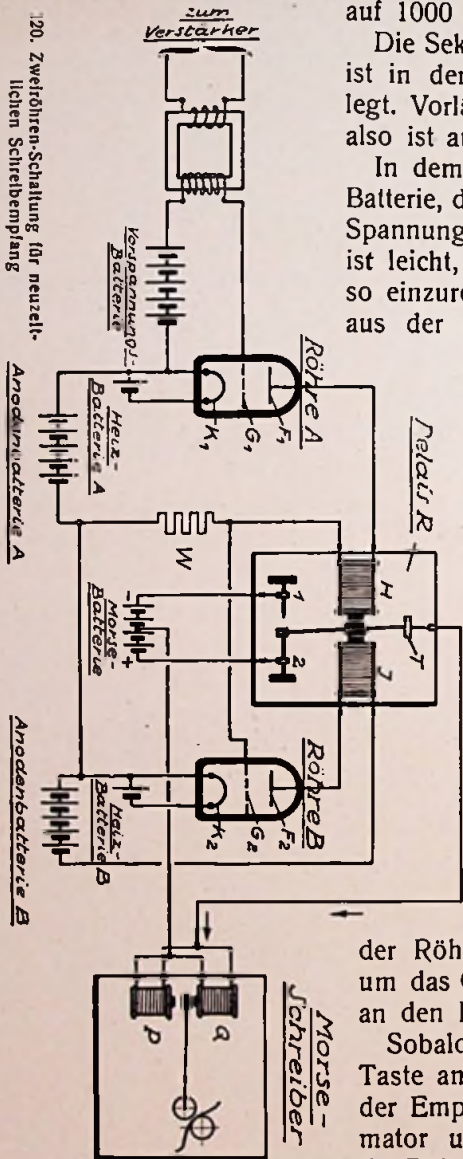
Währenddessen fließt in der Röhre B der volle Anodenstrom der Batterie B. Denn das Gitter G_2 hat keine Vorspannung. Folglich ist jetzt der Elektromagnet J des Relais R , der im Anodenkreis

der Röhre B liegt, erregt, er hält die um das Gelenk T drehbare Relaiszunge an den Kontakt 2 gelegt.

Sobald aber beim Niederdrücken der Taste am Sendeort Schwingungen von der Empfangsantenne in den Transformator und damit in den Gitterkreis der Röhre A gelangen, ändern sich die

elektrischen Verhältnisse zum Gegenteil.

An das Gitter gelangt ein Wechselstrom, dessen negative Schwingungen jedoch unwirksam bleiben, weil sie nur eine Erhöhung der negativen Vorspannung des Gitters bewirken. Diese hat den Elek-



120. Zweiröhren-Schaltung für morse-
lichen Schreibempfang

Anodenleakbatterie A

Anodenleakbatterie B

tronenstrom der Röhre aber schon vorher vollständig abgedrosselt. Dagegen wirken die positiv gerichteten Schwingungen des aus dem Transformator kommenden Wechselstroms der Vorspannung entgegen. Sie setzen die Gitterspannung so weit hinab, daß nun wieder ein Elektronenstrom durch die Röhre *A* fließen kann. Obgleich die positiven Halbschwingungen ruckweis auftreten, folgen sie doch so geschwind aufeinander, daß wir den Anodenstrom für unsere Betrachtung als ständig fließend ansehen können.

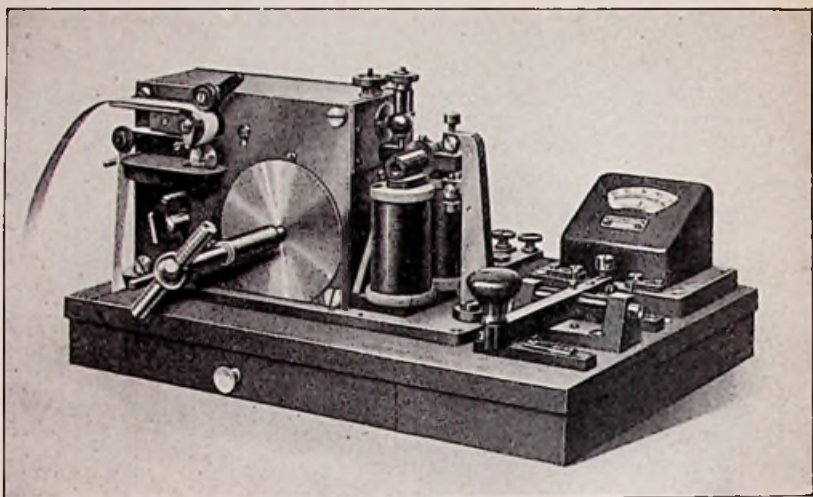
Die Folge ist, daß, so lange die Taste am Sender niedergedrückt ist, der Elektromagnet *H* des Relais *R* erregt wird und die Relaiszunge zu sich hinüber zu ziehen sucht. Er vermöchte aber diese Absicht nicht durchzusetzen, wenn nicht gleichzeitig der Elektromagnet *J* stromlos würde. Das geschieht durch den Einfluß des Widerstands *W*, der, im Anodenstrom der Röhre *A* liegend, zugleich auch in den Gitterkreis der Röhre *B* geschaltet ist.

An den Enden jedes stromdurchflossenen Widerstands bildet sich ein Potentialgefälle, eine Spannung, aus, weil der Widerstand den Strom staut wie ein quer über den Fluß gesetztes Wehr. Durch einen Leitungskreis, der die Enden eines mit Strom versorgten Widerstands zusammenschließt, geht also ein Strom. Der Schließungskreis für den Widerstand *W*, ist, wie aus der Zeichnung leicht zu ersehen, der Gitterkreis der Röhre *B*. Dieser erhält also stets Strom, wenn der Transformator Schwingungen in den Gitterkreis der Röhre *A* schickt, wenn deren Anodenstrom fließt, d. h. so lange die Taste am Sender niedergedrückt ist.

Die Anordnung ist nun so getroffen, daß der vom Widerstand hervorgerufene Strom das Gitter *G*₂ negativ aufladet und zwar gerade so stark, daß der Elektronenstrom in der Röhre *B* völlig abgedrosselt wird. Die Anodenbatterie *B* kann ihren Kreis nun nicht mehr mit Strom versorgen, der Elektromagnet *J* wird stromlos. Deshalb folgt die Relaiszunge dem Zug des Magneten *H* und legt sich gegen den Kontakt *1*.

Als Gesamtwirkung der Schaltung haben wir also folgendes. Solange die Taste am Sender niedergedrückt ist, wird der Elektromagnet *H* vom Strom durchflossen, die Relaiszunge liegt an Kontakt *1*. Wenn nicht gesendet wird, ist der Elektromagnet *J* erregt, die Relaiszunge liegt an Kontakt *2*. Wir müssen nun die Wirkungen der beiden Lagen der Relaiszunge betrachten.

Liegt die Relaiszunge an Kontakt *2*, so ist die Leitung, die vom Relaisgelenk *T* zum Magnetsystem des Morse-Schreibers führt, an den positiven Pol der Morse-Batterie gelegt. Der Strom geht durch das Magnetsystem des Morse in der durch Pfeile bezeichneten Richtung. Die Eisenkerne der Morse-Magneten sind für gewöhnlich, also wenn sie stromlos sind, nicht unmagnetisch. Man hat sie nämlich auf



121. Der alte Morse-Farbschreiber

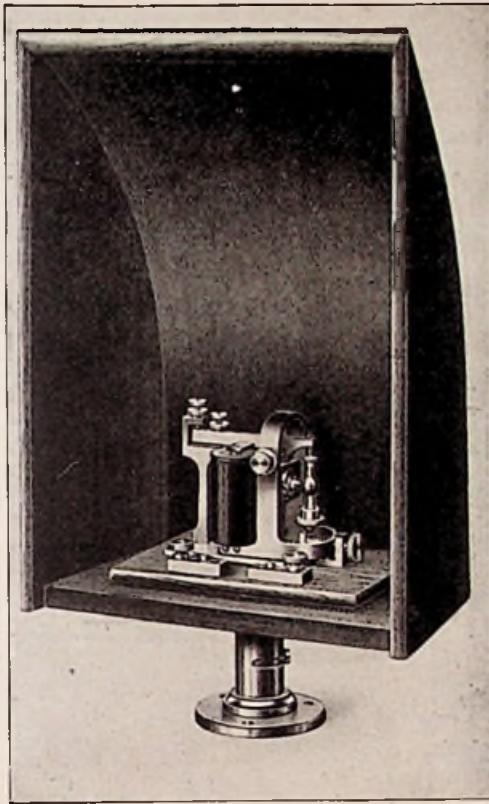
die Pole eines kräftigen Dauermagneten gesetzt, der deshalb den einen Kern nordmagnetisch, den anderen süd magnetisch macht. Die Folge dieser Polarisation ist, daß der bei der jetzigen Lage der Relaiszunge fließende Strom den Grundmagnetismus des Elektromagneten *P* so weit schwächt, daß er Null wird, während er den Grundmagnetismus des Magneten *Q* kräftigt. Der linke Arm des zweiarmigen Scheibhebels am Morse wird also nun von *Q* angezogen, das Farbrädchen ist von dem laufenden Papierstreifen abgehoben. Dies ist die Ruhelage des Systems, die immer dann vorhanden ist, wenn der Sender schweigt.

Drückt aber der Telegraphist drüben die Taste, so legt sich, wie wir wissen, die Relaiszunge um, und infolge ihrer Berührung mit dem Kontakt *I* wird die Stromrichtung in dem Kreis der Morse-Magneten umgekehrt; denn *T* ist jetzt mit dem negativen Pol der Batterie verbunden. *Q* verliert nun seine Anziehungskraft, *P* wird vollkräftig, der Schreibhebel legt sich so um, daß das Farbrädchen den laufenden Papierstreifen berührt. Bei kurzem Drücken der Sendetaste erscheint daher auf dem Morse-Streifen ein Punkt, bei längerem Drücken ein Strich. Es ist bewirkt was wir wollten: der Morse-Hebel wird durch Zeichenströme und Trennströme gelenkt.

In den Telegraphenämtern für Drahtbetrieb ist der Morse-Farbschreiber seit etwa zwei Jahrzehnten fast völlig zum alten Messing geworfen. Man will ihn dort nicht mehr verwenden, weil er in der üblichen Form zu langsam arbeitet. Er liefert nämlich nur 65 Buchstaben in der Minute. An seine Stelle ist bei der Drahttelegraphie der geschwindere Morse-Klopfer getreten, ein Apparat, der die Punkte

und Striche nur noch hörbar wiedergibt. Man ist also auch im Drahtbereich, freilich nur für unbedeutende Verkehrsbeziehungen, zum Hörempfang übergegangen.

Als es deutlich zutage trat, daß die drahtlosen Empfängerwiederschreibfähig geworden waren, ließ die Firma Siemens & Halske den alten Morse-Farbschreiber von dem Laboratorium ihres Werner-Werks neu durchkonstruieren. Die Arbeit lag dieser Firma besonders nahe, da es ihr Gründer, Werner Siemens, gewesen ist, der einst dem Morse-Farbschreiber, als dieser der König der Telegraphenapparate war, die lange Zeit auf der ganzen Erde verwendete Gebrauchsform gegeben hat.



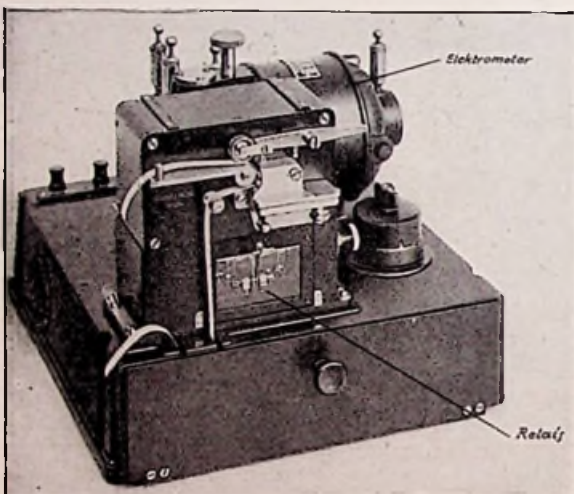
122. Morse-Klopfer

Im Laboratorium des Werner-Werks entstand der Schnell-Morse, der weit über die Leistungen des Klopfers hinausgeht, indem er statt der 100 Buchstaben, die dessen minutliche Höchstleistung bilden, 800 Buchstaben oder 130 Wörter in der Minute liefern kann. Das Schreibwerk ist bei dem Neubau völlig eingekapselt, so daß es nicht mehr durch Papierstaub verunreinigt werden kann. Als Antrieb wird an Stelle des häufig ablaufenden Uhrwerks ein Elektromotor verwendet. Die Laufgeschwindigkeit des Papierstreifens kann innerhalb weiter Grenzen verändert werden.

So ist dieser verjüngte Morse befähigt, als Empfänger im drahtlosen Schnellbetrieb, aber auch für langsamere Aufnahme zu dienen. Mit einem solchen Apparat hat die Empfangsstelle Geltow bereits im Januar 1920 Sendungen der Großstationen Tjililin und Malabar auf Java schriftlich aufgenommen. Die überwundene Entfernung betrug 12000 Kilometer.

Doch das ist alles noch gar nichts, wie der Ausrufer vor der Jahrmarktsbude zu sagen pflegt.

Man fühlt gewiß sein Innerstes bewegt, wenn man das Arbeiten eines Morse-Apparats beobachtet, der auf unsichtbarem Weg über viele tausend Kilometer hinweg von einem so bescheidenen Werkzeug gesteuert wird, wie es der Wheatstone-Streifen ist. Das Staunen muß sich aber in Begeisterung verwandeln, wenn man mit Augen erblickt, daß die gleiche drahtlose Empfangseinrichtung sogar imstande ist, fertige Druckbuchstaben in schönster, sauberer Form zu liefern. Der Druckempfang stellt vorläufig das Omega der drahtlosen Telegraphie dar, wie er bis heute die Höchstleistung der Drahttelegraphie bildet.



123. Schnell-Morse

Als Vorzug des

Druckempfangs tritt sogleich die Ersparnis an Zeit und Arbeit zutage, die durch das Fortfallen des Umschreibens entsteht. Alle bisher

besprochenen Empfänger lieferten Morse-Zeichen, hörbar oder niedergeschrieben.

In beiden Fällen mußte das Formblatt für den Adressaten von der Hand

eines Beamten ausgefüllt werden. Kommen aber die Mitteilungen in allgemein lesbarer Schrift an, so genügt es, den Empfangspapierstreifen selbst auf das Formblatt zu kleben. Die Depesche ist, unmittelbar nachdem ihr Schlußzeichen am fernen Ort getastet wurde, zur Ausgabe fertig.

Der Drucktelegraph ist aber auch der bei weitem schnellste unter allen seinen Kameraden. Er kommt mit einer besonders geringen Tastleistung für die Herstellung des einzelnen Zeichens aus, weshalb bei seiner Anwendung äußerst geschwind gesendet werden kann. Man druckt heute in Deutschland drahtlos bis zu 1000 Buchstaben in der Minute.

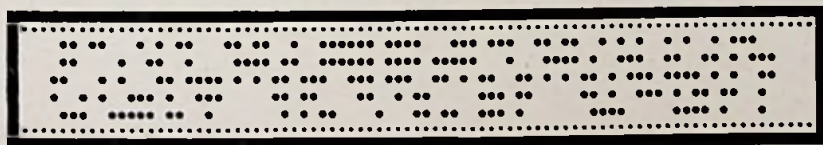
Zu dieser Leistung ist augenblicklich die deutsche Technik allein befähigt, weil sie im Besitz des vorzüglichsten aller Drucktelegraphen ist. Dieser wurde vor etwa zwei Jahrzehnten von der Firma Siemens

Der Schnelltelegraph von Siemens & Halske, ein sehr großer Apparat, schon mehr eine Fabrik für telegraphische Zeichen, hat folgende Grundlage.

Der Sender wird durch einen Lochstreifen gesteuert, der fünf elektrisch wirkende Lochreihen hat. (Die beiden Reihen kleine Löcher im Mittelteil von Bild 124 dienen wieder der Papierförderung.) Jeder Buchstabe, jede Zahl und jedes Zeichen werden durch eine bestimmte Lochzusammenstellung erzeugt, wie aus dem oberen Streifen von Bild 124 zu ersehen ist. Die Möglichkeit, durch die gleiche Lochzusammenstellung entweder den Abdruck eines Buchstabens oder des darüber stehenden Zeichens zu bewirken, entsteht durch eine selbsttätige Umschaltung.

Der Lochstreifen läuft im Sender über fünf kleine, leicht bewegliche Schalthebel, die sich an je zwei Kontakte legen können. Sie berühren den einen, wenn volles Papier über sie hinweggeht, den anderen, wenn sie durch ein Loch zu dringen vermögen. Die eine der beiden Lagen jedes Hebels liefert einen positiven, die andere einen negativen Stromstoß.

Die Hebelchen liegen nun, ebenso wie die beiden Schaltstifte des Wheatstone-Senders, in schräger Linie. Sie werden also von den Löchern jeder Lochzusammenstellung nacheinander, allerdings sehr geschwind nacheinander, betätigt. Eine Kontaktbürste im Sender, die entsprechend geschwind über fünf hintereinander liegende getrennte Kontaktplatten läuft, überträgt den von jedem Hebel geschalteten Stromstoß, also entweder einen positiven oder einen negativen, in der richtigen Reihenfolge in die Fernleitung.

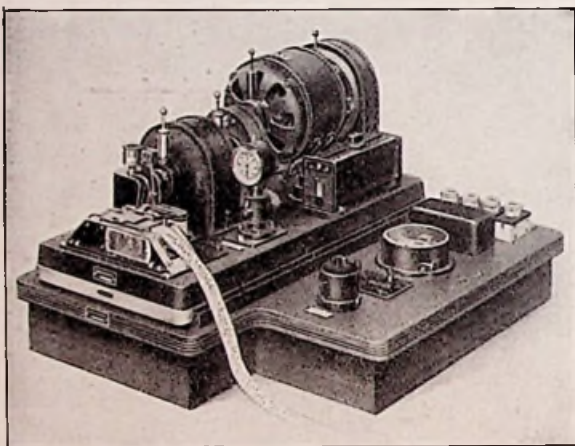
[illegible]

schriftprobe des siemens - schnelltelegraphen von siemens & halske , berlin

124. Wie mit dem Siemens-Schnelltelegraphen gesendet wird
Oben die Schriftzeichen und ihre Lochbilder; in der Mitte Lochstreifen; unten Druckstreifen
Der Text des Druckstreifens entspricht dem Lochstreifen

Aus dieser gelangen die Stromstöße zum Empfänger, wo sie auf eine Relaiszunge einwirken. Diese wird, den Richtungen der Stromimpulse entsprechend, wechselnd bald an den einen, bald an den anderen von zwei Kontakten gelegt. Die Relaiszunge läßt alsdann aus einer Ortsbatterie bald einen positiven, bald einen negativen Strom weitergehen. Diese Ströme werden von einer Kontaktbürste im Empfänger weitergegeben, die genau so rasch wie die Bürste im Sender und in Parallelstellung mit dieser über fünf Kontaktplatten läuft. Jede dieser Platten ist mit einem Unterrelais verbunden.

Wenn eine ganze Lochzusammenstellung, also eine senkrechte Reihe des Mittelstreifens auf Bild 124 über die fünf Hebelchen im

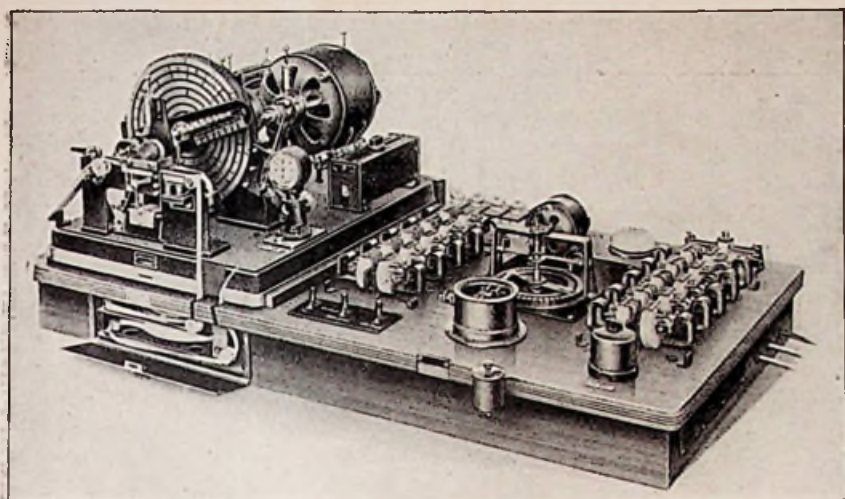


125. Sender des Siemens-Schnelltelegraphen

Sender hinweggegangen ist, so hat unter der Wirkung der beiden synchron- oder gleichlaufenden Bürsten jede der fünf Unterrelaiszungen im Empfänger eine Einstellung erfahren, die der Richtung der fünf von den Kontakthebelchen gesteuerten Stromstöße entspricht. Hierdurch wird be-

wirkt, daß ein elektromagnetisch bewegter Druckhammer einen laufenden Papierstreifen gerade dann gegen ein rasch sich drehendes Rad schlägt, wenn von den fünfzig auf dessen Rand gesetzten Lettern sich gerade die entsprechende in der richtigen Lage befindet. Dieser Buchstabe oder dieses Zeichen wird nun in $\frac{1}{10}$ Sekunde auf dem Papier abgedruckt. Jede Löchzusammenstellung im Streifen an der Sendestelle bewirkt also den Abdruck eines Buchstabens oder Zeichens am Empfangsort.

Zur Übertragung des einzelnen Zeichens sind stets nur fünf Stromstöße erforderlich. Die Morse-Schrift, bei der bloß *e* und *t* einteilig, *a*, *i*, *m* und *n* zweiteilig sind, heischt zur Übertragung aller anderen Buchstaben und Zeichen, da jeder Punkt und jeder Strich begonnen und beendet werden müssen, eine größere Zahl von Stromstößen, bis zu zwölf hinauf. Der gleiche Text kann also durch den Drucktelegraphen von Siemens & Halske ungefähr mit der Hälfte der Tastleistung bewältigt werden.



126. Empfänger des Siemens-Schnelltelegraphen

Damit die richtigen Buchstaben auf den Papierstreifen im Empfänger gelangen, ist genauester Synchronismus zwischen den beiden Kontaktbürsten im Sender und Empfänger erforderlich. Dieser Gleichlauf wird durch besondere Stromstöße selbsttätig aufrecht erhalten.

Wir werden nun sofort sehen, daß man mit den gleichen Send- und Empfangseinrichtungen auch drahtlos arbeiten kann. Die Tätigkeit der fünf Hebelchen im Sender ist nur so zu ändern, daß sie, statt positive oder negative Stromstöße auszusenden, in dem einen Fall das Tastrelais schließen, im anderen den Tastkreis öffnen. Der Bau des Senders braucht hierfür nicht verändert zu werden.

Läuft der Siemens-Lochstreifen durch den Sender, der nun nicht mehr auf die Fernleitung, sondern auf das Tastrelais arbeitet, so wird beim Hinweggehen jeder Lochzusammenstellung über die fünf Hebelchen das Tastrelais unter dem Einfluß der Kontaktbürste im Sender so oft und in solcher Reihenfolge geschlossen werden, wie es der Lochanordnung im Streifen entspricht. Das Relais *R* auf Bild 120 ist nun das Empfangsrelais. Wir wissen, daß es beim Eintreffen von Schwingungen seine Zunge an Kontakt 1, beim Ausbleiben von Schwingungen an Kontakt 2 legt. Hierdurch bewirkt es die Abgabe je eines positiven oder negativen Stromstoßes. Beim Weggang jeder Lochzusammenstellung über die fünf Hebelchen im Sender wird die Relaiszunge im drahtlosen Empfänger genau wie beim Leitungsbetrieb fünfmal gerichtet. Die Unterrelais im Drucktelegraphen-Empfänger, der an Stelle des Morse angelegt ist, erhalten ihre Einstellung genau wie vorher, das Drucken geht also in gleicher Weise vor sich.

Selbstverständlich ist auch jetzt scharfer Synchronismus zwischen Sender und Empfänger erforderlich. Er wird über Äther geradeso gut aufrecht erhalten wie über Draht.

Die gesendeten Impulse, die, im Gegensatz zur Punktstricharbeit für den Morse, von immer gleicher Länge sind, können von einem Dritten nur dann gedeutet werden, wenn dieser eine umfangreiche und kostbare Empfangseinrichtung mit Siemens-Apparat besitzt. Hieraus schon geht hervor, daß das Mithören bei der drahtlosen Drucktelegraphie nur äußerst wenigen Unbefugten unter Aufwand erheblicher Mittel möglich ist.

Man vermag das Horchen aber noch weiter dadurch zu erschweren, ja geradezu unmöglich zu machen, daß man im Empfänger ein Letternrad mit einer sonst nicht üblichen, geheimgehaltenen Reihenfolge der Zeichen verwendet, und die Zuordnung der einzelnen Lochzusammenstellungen im Sendestreifen entsprechend ändert. Hierzu ist es nur notwendig, die Tastenbezeichnungen an der Stanz-Schreibmaschine für den Siemens-Lochstreifen umzusetzen.

Durch die Geschwindigkeit, Genauigkeit und Schönheit seiner Arbeit sowie durch diese Erweiterung der Geheimhaltung wird die drahtlose Drucktelegraphie ihren Anwendungsbereich wahrscheinlich sehr rasch vergrößern. Ihr gehört unzweifelhaft die Zukunft.

22. Der Wellenmesser

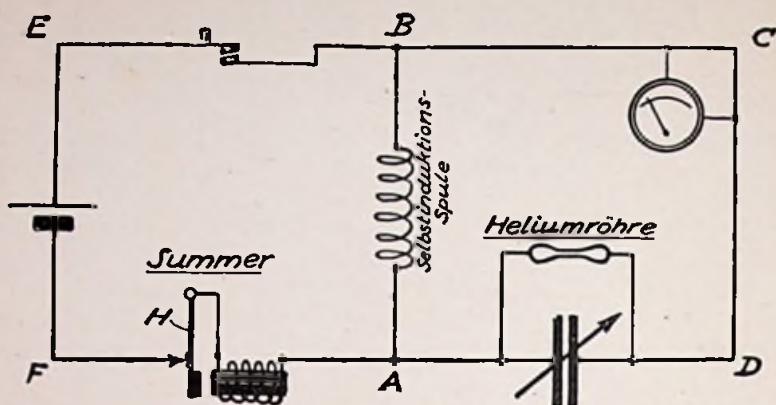
Die Größe der viele tausend Meter langen unsichtbaren, auf keine Weise wahrzunehmenden Ätherwellen messen zu wollen, scheint ein verzweifelter, völlig aussichtsloses Unternehmen. Die Bestimmung der Wellenlänge ist aber häufig ein unumgängliches Erfordernis; die drahtlosen Stationen vermöchten gar nicht ohne solche Messungen auszukommen.

Damit in einem bestimmten Augenblick Wellen von verabredeter Länge ausgesendet werden können, muß man in der Lage sein, den eigenen Sender vorher daraufhin zu untersuchen, ob sein Antennenkreis die beste Resonanzlage für die betreffende Wellenlänge hat. Ferner muß man die abgehenden Wellenzüge messen und ebenso ankommende Ätherbewegungen bestimmen können. Für alle diese Zwecke mit einem langen Meßband im Äther herumzurasen, wäre ein ebenso törichtes wie unmögliches Beginnen.

Die Aufgabe des Wellenmessens erscheint uns aber sogleich leicht und einfach, wenn wir uns erinnern, daß Wellenlänge nur ein Schemen, eine Hilfsvorstellung, eigentlich nicht mehr als eine physikalische Redewendung ist. Statt die Länge einer Ätherbewegung unmittelbar festzustellen, was gar nicht ausführbar ist, brauchen wir nur die Frequenz im Erzeugerkreis zu messen. Wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Ätherbewegung, 300 000 Kilometer in der Sekunde, durch die Frequenzziffer dividiert, so ergibt sich, wie bereits ausgeführt, die Wellenlänge.

Der Wellenmesser, ein gar nicht geheimnisvolles und auch verhältnismäßig recht einfaches Gerät, ist deshalb nichts anderes als ein Frequenzmesser. Er besteht wieder aus dem Grundhandwerkzeug der drahtlosen Technik, aus einem Kondensator und ein paar Spulen. Zur Ausübung seiner Tätigkeit benutzt er die von den Funktechnikern am häufigsten geplagte Naturerscheinung: die Resonanz.

In dem Meßapparat befindet sich für die Bestimmung ankommender Wellenlängen sowie zur Beobachtung der eigenen Antennenstrahlung ein Schwingungskreis $ABCD$, bestehend aus einer auswechselbaren Selbstinduktionsspule und einem Drehkondensator. Die Spule ist in Tellerform aus zahlreichen feinen Drähten gewickelt, die

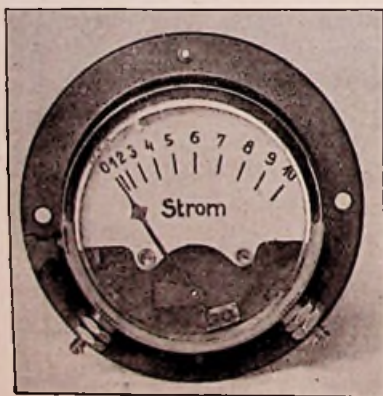


127. Schaltanordnung eines Wellenmessers

Platten der Kapazität bewegen sich in Öl. In zwei Nebenschlußkreisen liegen ein Ampèremeter und, parallel zum Kondensator, ein Röhrchen, das mit Heliumgas von sehr geringem Druck gefüllt ist.

Die beweglichen Platten des Kondensators werden bei der Wellenprüfung so lange hin und her gedreht, bis man an dem Ampèremeter den höchsten Ausschlag beobachtet. Dies ist, gerade wie bei dem Meßinstrument in einer Sendeantenne (Seite 105), ein Zeichen dafür, daß beste Resonanz besteht. An einer Skala, über die der Zeiger an der Drehwelle des Kondensators spielt, ist alsdann die Wellenlänge unmittelbar abzulesen. Die Skala ist auf Grund wissenschaftlicher Vermessung, durch Eichung des Instruments, gewonnen.

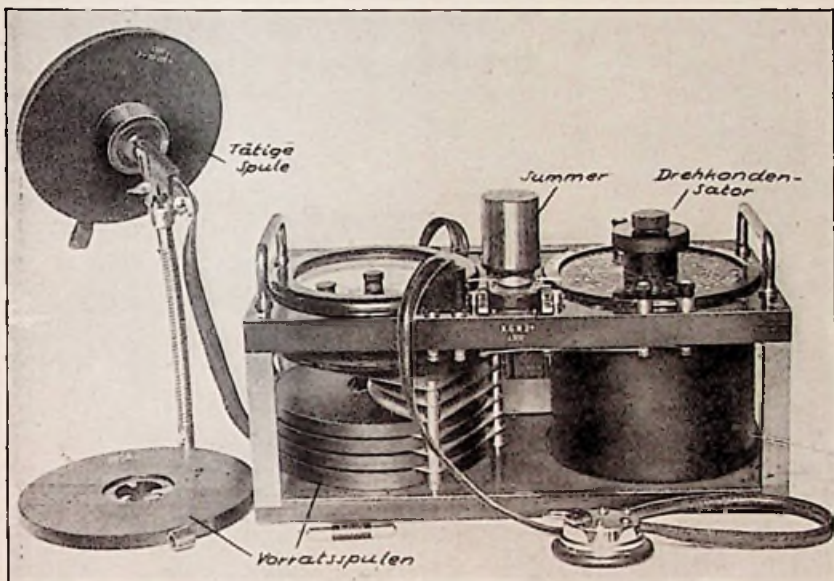
Die Resonanz kann auch durch Beobachten des Heliumröhrchens festgestellt werden. Denn das verdünnte Gas, das sich darin zwischen den eingeschmolzenen Elektroden befindet, leuchtet bei Stromdurchgang auf. Bei größter Stromstärke ist das violette Leuchten natürlich am stärksten.



128. Hitzdraht-Ampèremeter

Das Ampèremeter, das hier, wie in den Antennen, benutzt wird, ist ein sogenanntes Hitzdraht-Instrument. Durch elektromagnetische Einrichtungen, wie sie bei Gleichstrom verwendet werden, läßt sich die Stärke eines Wechselstroms nicht bestimmen, weil dieser wegen seiner ständigen schnellen Schwankungen zwischen Plus und Minus keine ruhende Magnetisierungskraft liefert. Jeder Strom, gleichgültig ob er in gleichbleibender oder häufig wechselnd-

der Richtung fließt, übt aber Heizwirkung auf einen in seinen Weg gelegten Widerstand aus; der Grad der auftretenden Erwärmung ist stets proportional der Stromstärke. In unserem Ampèremeter liegt deshalb ein dünner Draht aus Platiniridium so, daß er von einem Teil der Wechselströme im Meßkreis durchflossen wird. Unter dem Einfluß der hierdurch verursachten Erwärmung dehnt sich der Draht mehr oder weniger stark aus. Die Bewegung wird vergrößert auf



129. Wellenmesser, geöffnet

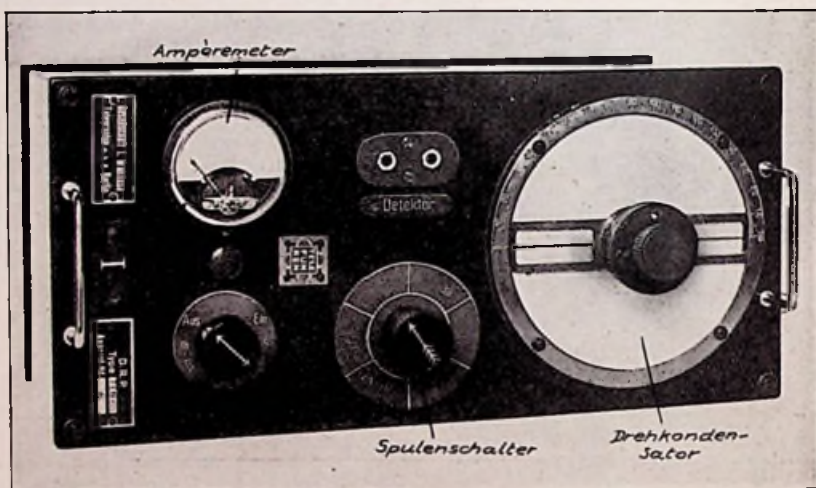
den Zeiger übertragen und stellt diesen auf einer in Ampère gezeichneten Skala ein.

Damit der Wellenmesser einen möglichst großen Meßbezirk umfaßt, können sechs bis acht Spulen von geringer bis sehr hoher Selbstinduktion eingesetzt werden. Der Anschluß an den Meßkreis erfolgt durch Anstöpseln der Spulenleitungsenden, die gewöhnlich in ein Lederband eingenäht sind. Auf dem Deckel des Kondensators befinden sich ebensoviele Skalen, wie Spulen zu dem Apparat gehören. (Auf Bild 130 ist nur Eine Skala zu sehen.) Die im Augenblick nicht verwendeten Spulen werden in einem hierfür vorgesehenen Kastenteil aufbewahrt. Bei vielen Wellenmessern erfolgt das Wechseln der wirksamen Spulen durch einfache Schalterdrehung; alle Spulen sind dann fest eingebunden.

Wenn man die eigene Sendeantenne, während sie noch schweigt, daraufhin untersuchen will, welche Wellenlänge sie unter den Anstößen des zugehörigen Schwingungserzeugers ausstrahlen wird, so

steht keine Energie zur Erregung des schwingungsfähigen Kreises $ABCD$ im Wellenmesser (Bild 127) zur Verfügung. Dieser kann also jetzt nicht in der geschilderten Art benutzt werden. Es ist aber ein zweiter Kreis $ABEF$ angeschaltet, der selbst zarte Äther-schwingungen zu erzeugen vermag.

Dieser Kreis enthält eine galvanische Batterie und einen kleinen Unterbrecher, der zu arbeiten beginnt, sobald der Stromschließer niedergedrückt wird. Jedesmal, wenn der erregte Magnet die Stahlfeder H von ihrem Ruhekontakt abhebt, entsteht infolge der hierdurch bewirkten Stromunterbrechung ein Funke. Die infolgedessen durch die Selbstinduktionsspule gehenden Schwingungen laden den



130. Wellenmesser, von oben gesehen

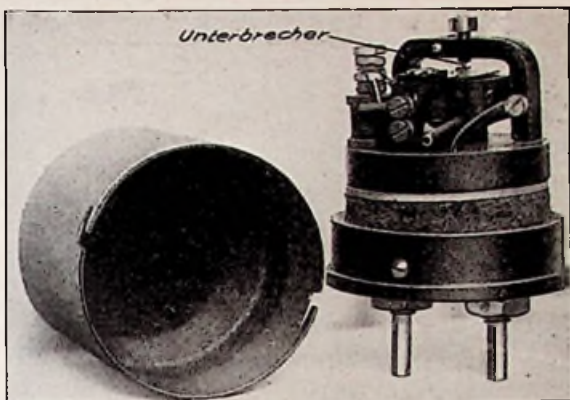
Drehkondensator leicht auf, worauf dessen Entladungsströme in dem Kreis $ABCD$ Schwingungen verursachen.

Der Wellenmesser arbeitet jetzt als Sender. Der kleine Unterbrecher gibt infolge der raschen Bewegungen der Stahlfeder einen summenden Ton von sich, weshalb er Summer genannt wird.

Der Wellenmesser wird nun so an die Antenne gerückt, daß seine Selbstinduktionsspule mit der Meßschleife in der Antenne (siehe die Tafel am Schluß des Buchs) gekoppelt ist. Weiter wird mit einem anderen hierfür geeigneten Antennenteil der Tonprüfer gekoppelt, ein Kreis, bestehend aus Selbstinduktionsspule und Detektor, an den ein Telephon gestöpselt ist. Dieses Gerät ist gleichfalls auf der Tafel zu sehen, auf Seite 105 wurde seine Wirkungsweise bereits erklärt.

Mit dem Telephon des Tonprüfers am Ohr bewegt der Untersuchende die Platten des Drehkondensators am Wellenmesser. Er

vernimmt bei einer bestimmten Einstellung der Kapazität einen besonders lauten Ton. Sobald er weiter nach rechts oder nach links dreht, wird der Ton schwächer. Der Starklaut im Tonprüfer zeigt an, daß der Antennenkreis bei der augenblicklichen Einstel-



131. Summer

lung des Kondensators in Resonanz mit dem Schwingungskreis des Wellenmessers ist. Dies bedeutet, daß die Antenne beim Arbeiten der Station die Wellenlänge ausstrahlen wird, auf die der Zeiger am Drehkondensator gerade weist. Ist dies die Wellenlänge, mit der man senden will, so hat die Station die richtige Einstellung, andernfalls muß eine neue Einregelung stattfinden. — —

Wir haben nunmehr die wichtigsten Werkzeuge, die der drahtlosen Technik bis zum heutigen Tag zur Verfügung stehen, in ihrem Bau und ihren Wirkungsmöglichkeiten einzeln betrachtet. Nachdem wir so die Teile in der Hand haben, fühlen wir uns fähig, das Ganze zu beschauen. In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Funkstellen und mancherlei Arten des Funkbetriebs besprochen. Wir wenden unser Auge zunächst der berühmtesten deutschen Großsendestelle, der stärksten aller Stationen auf der Erde, zu.

Zweiter Teil

23. Wie Nauen wurde

Als die Technik der drahtlosen Telegraphie sich so weit entwickelt hatte, daß der Verkauf von praktisch verwendbaren Apparaten und Stationsanlagen möglich wurde, war es zuerst die Marconi-Gesellschaft in England, die ein Weltgeschäft in diesem Bereich begründete. Die Deutschen vermochten zunächst nicht, den Kampf auf dem Weltmarkt aufzunehmen, da sie sich nach ihrer althergebrachten Art in partikularistische Streitigkeiten verstrickt hatten. Es war in Deutschland nicht ein System der Funktelegraphie entwickelt worden, sondern man hatte deren zwei ausgebildet.

Professor Slaby und sein Assistent Graf Arco waren die Schöpfer der ursprünglichen Bauart, deren gewerbliche Verwertung die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft sich angelegen sein ließ. Das zweite System, das den Namen des Professors Braun trug, befand sich im Besitz der Firma Siemens & Halske. Während man sich bei uns in heftigster Weise um das Eigentum an Patenten stritt und hierdurch ein geschlossenes Wirken ins Ausland verhinderte, eroberte Marconi als der Dritte sich Freunde immer größere Teile der Erde.

Schließlich aber gelang es doch, die beiden getrennt marschierenden deutschen Gruppen zu einem einheitlichen Heereskörper zu vereinen. Am 17. Mai 1903 wurde durch die AEG und die Firma Siemens & Halske die „Gesellschaft für drahtlose Telegraphie“ zu Berlin gegründet. Als Geschäftsmarke wurde das Wort *Telefunken* angenommen, das zwar durch seine Zusammensetzung aus einem griechischen und einem deutschen Bestandteil sprachlich nicht sonderlich glücklich gebildet erscheint, das aber wegen seiner Handlichkeit und Einprägsamkeit auf der ganzen Erde besten Klang erhalten hat. Es ist diesem Wort sogar gelungen, den engen Firmenrahmen zu sprengen, der ihm zuerst umgelegt wurde, und zur Bezeichnung der ganzen Gattung emporzuwachsen. Der Deutsche pflegt heute jede drahtlose Station als Telefunkenstation anzusprechen, auch wenn diese nicht von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie erbaut ist.

Nach der Einigung fühlte sich die deutsche Funktechnik stark genug, sogleich den Kampf um den Weltmarkt mit der Marconi-Gesellschaft aufzunehmen. Trotz des sehr bedeutenden Vorsprungs, den die

Engländer hatten, gelang es nach einer kurzen Reihe von Jahren, sie einzuholen. Zu Beginn des Kriegs war die weitaus größte Zahl aller drahtlosen Stationen auf der Erde nach den Bauarten Marconi und Telefunken eingerichtet. Eine Statistik über das Jahr 1909 berichtet bereits, daß von 1600 vorhandenen Funkeinrichtungen je 700 von Marconi und der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie erbaut waren, während an der Einrichtung der restlichen 200 alle übrigen Systeme Anteil hatten.

Die Ingenieure der deutschen Gesellschaft marschierten stets im Vortrupp der technischen Entwicklung, nicht selten besaß Telefunken durch Ausbildung von Neukonstruktionen mit besonders trefflicher Wirkung die Hegemonie im drahtlosen Reich. Daher wurden die Dienste der Gesellschaft von fremden Staaten in allen fünf Erdteilen in Anspruch genommen. Eine Aufstellung vom Januar 1913 zeigt, daß Angestellte von Telefunken an folgenden Orten beschäftigt waren: Wien, Brüssel, Cadix, Madrid, Athen, Sofia, Kopenhagen, Petersburg, Wladiwostok, Bilbao, Nowo Marinsk im asiatischen Rußland, Schanghai, Ambon in Niederländisch-Indien, Tokio, Bangkok, der Hauptstadt von Siam, Daressalam, New York, Arequipa in Peru, Rio de Janeiro, Kaitaia auf Neuseeland. Die Weltgeltung der technischen Kraft und Leistungsfähigkeit Deutschlands ist durch die Schöpfungen von Telefunken im Ausland mitbegründet worden.

Nicht lange nach der Errichtung der Gesellschaft fühlte das unter der Leitung des ersten Direktors, des Grafen Arco, stehende Laboratorium das Bedürfnis, aus dem engen Bezirk der Räume hinauszutreten, die ihm im Geschäftshaus zugeteilt waren. Man wollte Gelegenheit zu Reichweite-Versuchen mit größeren Apparaten haben.

Von dem sicheren Besitzstand der drahtlosen Technik unserer Tage zurückschauend, müßte man eigentlich sagen, daß damals Reiche-ge-Versuche ausgeführt werden sollten. Denn die Telefunken-Ingenieure waren in jener Zeit sehr froh, wenn sie sich über ein paar Kilometer hinweg verständlich machen konnten. Das Laboratorium begnügte sich daher damit, die „Fern“-Sendestelle auf dem gastlich zur Verfügung gestellten Dach des Kraftwerks Oberspree der Berliner Elektrizitätswerke in Oberschöneweide einzurichten. Große Freude herrschte, wenn es glückte, klare Zeichen bis in die Mitte von Berlin zu übermitteln.

Der Arbeitsraum, der aus einer engen Holzbude auf den Zinnen des Kraftwerks bestand, konnte nur über eine schmale Leiter erreicht werden, die einer Hühnerstiege nicht unähnlich war. Die trichterförmige Antenne war zwischen den Schornsteinen aufgehängt, und viele Berliner dürften sich dieses Drahtgebildes noch erinnern, dessen Anblick ihnen die erste Kenntnis von dem Vorhandensein einer drahtlosen Telegraphie vermittelt hat. Als man von Oberschöne-

weide aus eines Tags ein kurzes Begrüßungstelegramm an den König von Sachsen nach Dresden schicken wollte, war es notwendig, den Text während eines ganzen Tags 60 Mal hinauszufunkeln, bis er in Dresden glücklich aufgenommen war.

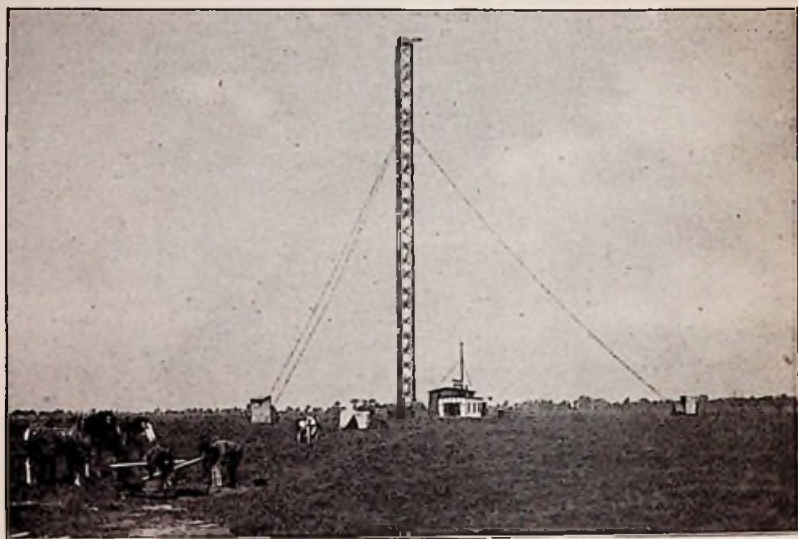
Schließlich wurde es klar, daß die drahtlose Telegraphie nicht über eine Hühnerstiege in den technischen Himmel würde gelangen können, und es ward beschlossen, eine größere eigene Versuchsstelle für fernwirkende Apparate zu schaffen. Die leitenden Männer der beiden Muttergesellschaften, Emil Rathenau und Wilhelm von Siemens, genehmigten in einsichtsvoller Weise das Bereitstellen einer sehr beträchtlichen Summe für diesen Zweck.

Als Baustätte wurde ein Gelände in der Nähe der Stadt Nauen gewählt, die 40 Kilometer nordwestlich von Berlin liegt. Hier bot sich durch das Entgegenkommen eines Gutsbesitzers Gelegenheit, eine Landfläche von 40 000 Quadratmetern unter günstigen Bedingungen zu pachten, und zugleich war die Verbindung mit Berlin durch den bis Nauen reichenden Vorortverkehr der Eisenbahn bequem. Es währte nicht lange, bis der Name des märkischen Städtchens, der bis dahin in der Kulturgeschichte noch nicht genannt worden war, auf den Flügeln der elektrischen Wellen zu Weltruhm emporstieg.

Bei der Begründung der Anlage dachte man keineswegs daran, mit ihr die Erde zu erobern. Es war überhaupt nicht beabsichtigt, eine Betriebsstation einzurichten. Vielmehr sollte es der bescheidene Zweck der Nauener Einrichtungen sein, „neue Schaltungen, Maschinen und Geräte für den Fernverkehr unter wirklichen Betriebsverhältnissen zu erproben“. Es wurde nur eine Versuchsstelle geschaffen als der Teil des Laboratoriums von Telefunken, der sich mit der Entwicklung und Durchbildung von Einrichtungen für große Reichweiten zu beschäftigen hatte.

Wenn heute der D-Zug Berlin-Hamburg mit einer Stundengeschwindigkeit von 80 Kilometern durch den Bahnhof Nauen saust, der etwa 4 Kilometer von der Telefunkenstation entfernt ist, so werden deren Wahrzeichen den Reisenden deutlich sichtbar. Streichholzdünn steigen über den Kronen des märkischen Waldes 9 Pfosten empor, die, anscheinend regellos gestellt, zu ganz ungewohnter Höhe aufragen. Es ist wohl immer jemand im Zug, der auf die Erscheinung deutet und mit Stolz den Namen der Station nennt.

Denn aus dem Laboratorium ist inzwischen die transozeanische Sendestelle geworden. Während der Nauener Bürger aus seinem Häuschen nicht mehr als ein schmales Straßenstück zu überschauen vermag, sieht man, aus dem elektrischen Fenster der Großsendestelle hinausblickend, die Erdkugel in ihrer gesamten Ausdehnung vor sich.



132. Alt-Nauen
Die Station im Jahre 1906 mit Antennenmast von 100 Metern Höhe

Auch andere Stätten in Deutschland haben pflegliche Arbeit auf dem neu erschlossenen Gebiet des Nachrichtenwesens geleistet, aber Nauen war stets die große Auslage, in der jeder den Fortschritt bei strahlender Beleuchtung zu beobachten vermochte. Die Station hat alle Entwicklungsphasen der drahtlosen Technik durchgemacht, nicht selten ist sie selbst Ursache gewesen, daß ein eben neu heraufgekommenes Zeitalter überrascht von dem nächsten abgelöst wurde.

Bei der Auswahl der Baustelle für die Anlage haben die im drahtlosen Sinn günstigen Grundwasserverhältnisse des Geländes eine ausschlaggebende Rolle gespielt. Die Station liegt im havelländischen Luch, und zwar in einem Teil, der noch vor 200 Jahren Sumpfgebiet gewesen ist. Wenn starke Regengüsse niedergegangen waren, ragten damals nur einzelne Inseln, Horste genannt, aus dem Wasser hervor. Der Boden ist alsdann durch umfangreiche Entwässerungsanlagen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung erschlossen worden. Aber immer noch befindet sich der Grundwasserspiegel während des größten Teils des Jahrs nur 80 Zentimeter unter der Oberfläche. Die Fundamentierung der Bauten, die zum Teil ein außerordentlich hohes Gewicht haben, ist dadurch sehr erschwert worden, die Wellenausstrahlung aber wird, wie wir aus Abschnitt 4 wissen, durch die leitende Fläche, welche das Grundwasser bildet, begünstigt.

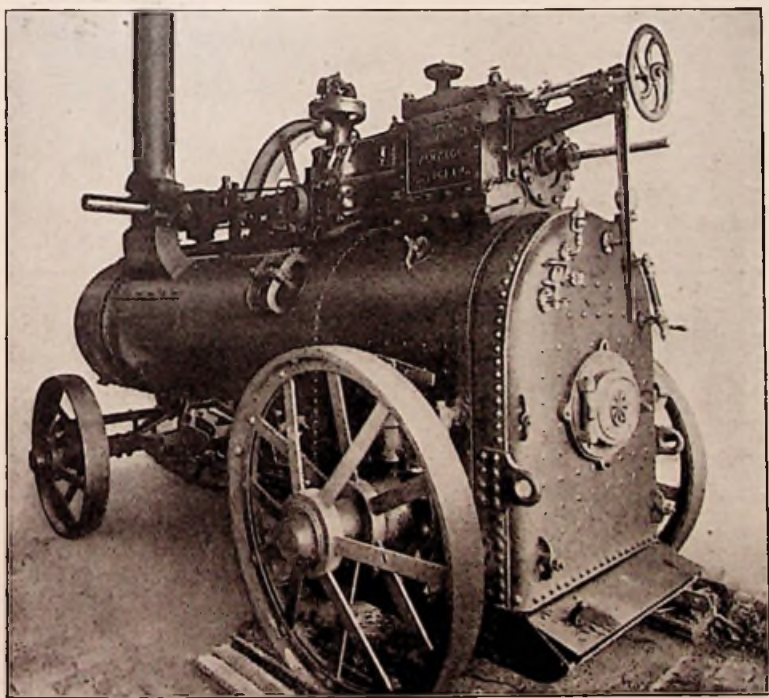
Als fördernd für den Verkehr mit Schiffsstationen wurde auch erachtet, daß sich in der nordwestlichen Verbindungslinie zwischen

dem gewählten Punkt und der Meeresküste nur wenig Wald befindet. Denn Bäume sind ja gierige Strahlenschlucker.

Die Station Nauen ist bis jetzt durch vier Lebensabschnitte gegangen. Ihre Jugendzeit reicht von 1906 bis 1909. Sie ist charakterisiert durch die Anwendung eines Braunschen Sendekreises mit Knallfunkenstrecke.

Es wurde zunächst ein kleines zweistöckiges Fachwerkhäuschen errichtet, das, durch einige Anbauten erweitert, noch heute auf dem Luch steht. Bescheiden tritt es nun hinter den so viel mächtigeren und schöneren Neubauten zurück, ähnlich wie das Stammhaus der Familie Krupp sich im Bannkreis der Gußstahlfabrik verliert. Über dem Dach ragte ein hoher Blechschlot empor, das Wahrzeichen der „Kraftanlage“. Diese bestand aus einer alten Lokomobile von 35 Pferdestärken, die aus einer Brauerei stammte. Man hatte sie nur mit großer Mühe in das Haus schaffen können, da die schwere Maschine bei der Fahrt über den moorigen Grund bis über die Achsen versank. An Ort und Stelle gebracht, hatte sie die Aufgabe, mittels Riemens eine Wechselstrommaschine anzutreiben.

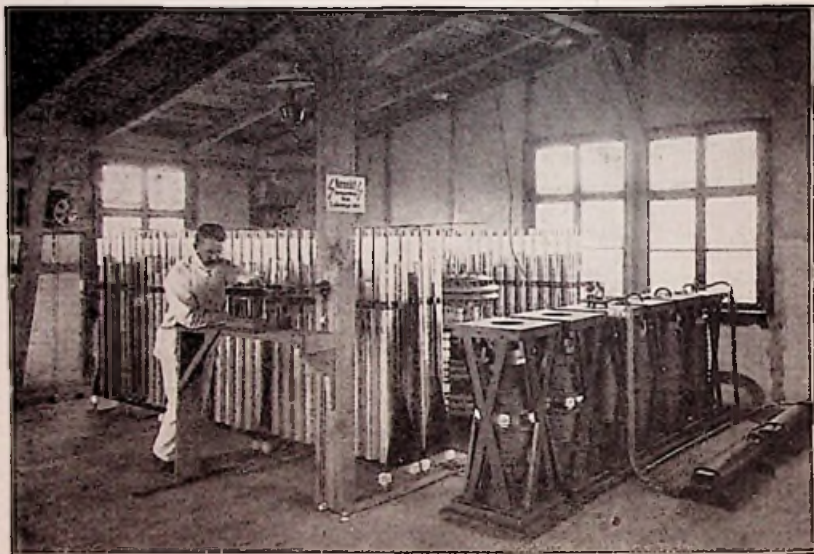
Der so erzeugte Strom von 500 Volt Spannung wurde auf 150000 Volt hinauftransformiert und einer Kondensator-Batterie zu-



133. Die Kraftquelle des alten Nauen — eine Lokomobile von 35 Pferdestärken

geführt, die von 360 Leidener Flaschen gebildet wurde (Bild 134). Die Funkenstrecke, über welche diese Batterie sich entlud, bestand aus zwei Zinkringen mit einem Durchmesser von 50 Zentimetern. Der Abstand der Elektroden betrug $2\frac{1}{2}$ Zentimeter.

Wer es wagte, während des Telegraphierens das Obergeschoß zu betreten, in dem dieser Sender untergebracht war, sah sich einem optischen und akustischen Trommelfeuer heftigster Art ausgesetzt. Die Energie ging in gewaltigen Feuerbogen über, deren Anblick niemand zu ertragen vermochte. Schädlicher noch als das überstarke Licht waren aber die ultravioletten Strahlen, die gleichzeitig



134. Sendersaal im alten Nauen mit Flaschenbatterie und Transformatoren

die Augen trafen und die Netzhaut angriffen. Ohne Schutzbrille durfte daher niemand längere Zeit hier weilen. Auch das Einatmen der Zinkdämpfe, die sich durch die hohe Erhitzung der Elektroden entwickelten, wirkte schädlich; es entstanden dadurch innere Erkrankungen.

Furchtbar dröhnten zugleich die hörbaren Äußerungen dieses primitiven Senders. Es krachte und donnerte in dem Raum, als wenn der ägisschwingende Zeus ein Gastspiel darin gegeben hätte. Man konnte auch, weniger mythologisch, an die Regieanweisung für die Wolfsschlucht-Szene im „Freischütz“ denken: „Zwei Gewitter ziehen von entgegengesetzten Richtungen herauf!“ Niemals hat eine Opernbühne auch nur entfernt ähnliches geleistet, wie es hier geschah.

Im ersten Jahr war die später nur noch scherzhaft aufgestellte Behauptung sicher wichtig, daß die von der Station erzeugten

Schallwellen eine größere Reichweite hätten als die elektrischen Wellen. Denn der Wanderer auf der von Kremmen heranführenden Chaussee hörte in mehreren Kilometern Entfernung das wütende Krachen der Entladungen. Wer Morse-Zeichen mit dem Ohr zu lesen vermochte, konnte damals die von Nauen gesendeten Texte in den umliegenden Wäldern bequem abhören, ohne eine andere Empfangseinrichtung zu besitzen als sein Trommelfell.

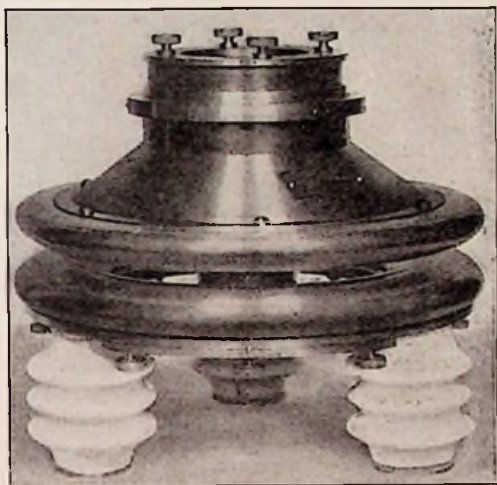
Die zur Verfügung stehende Energie war karg bemessen. Es wird erzählt, daß der Heizer der Lokomobile jedesmal, wenn er die Mitteilung bekam: „Es soll telegraphiert werden!“, rasch noch ein paar Schaufeln Kohle in die Feuerung warf, damit die Maschine bei der nun eintretenden rhythmischen Belastung der Wechselstromdynamo nicht stehen blieb. Auch aus dem kürzeren und längeren Ächzen der Lokomobile konnte man die Punkte und Striche des Morse-Alphabets abhören.

Dennoch ist bereits mit dieser Knallfunken-Anlage sehr ernste Arbeit geleistet worden, und schon in jenen ersten Jahren hat die Versuchsstation Nauen

die in sie gesetzten Hoffnungen über alles Erwartete hinaus erfüllt. Emsige Bemühungen auf Grund wissenschaftlicher Beobachtungen und Messungen führten zu einer solchen Vervollkommenheit des Braun-Senders, daß damit schließlich eine Reichweite von 3600 Kilometern erzielt wurde. Der Dampfer „Cap Blanco“, der nach Südamerika fuhr, hörte 1908 Nauen bis in die Nähe von Teneriffa, obgleich die Wellen hierbei die Pyrenäen zu überschreiten hatten.

Diese Leistung ward Ursache, daß die Station zum erstenmal das Interesse der Wissenschaftler und der Techniker diesseits und jenseits der deutschen Grenzen auf sich zog. Schon in jener Zeit wurde die Nauener Anlage von mehr als 10 000 Personen besichtigt, fast alle Regierungen sandten Sonderabordnungen zum Studium der Funkstation. Die Pioniertätigkeit im havelländischen Luch hatte begonnen.

Das günstige Ergebnis der Reichweiten-Versuche hatte zu einem großen Teil seinen Grund auch darin, daß sogleich eine sehr große,



135. Die Ringfunkenstrecke des alten Nauen

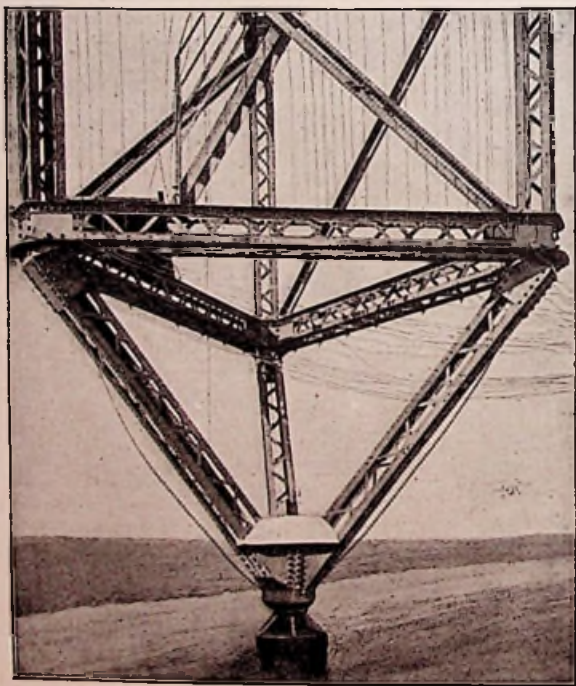
für die damalige Zeit höchst imposante Luftleiteranlage errichtet worden war. Unmittelbar vor dem niedrigen Sendehäuschen stand ein Mast von 100 Metern Höhe, dessen Spitze also weiter emporragte als die Zinnen irgendeines Gebäudes in Berlin. Es war eine Schirmantenne daran befestigt (Bild 143), deren nach dem Boden hin abgespannte Drahtenden auf einem Kreis von 400 Metern Durchmesser lagen. Die Energie, die dem Luftleiter zugeführt wurde, betrug 10 Kilowatt.

Dem in Eisengitterkonstruktion erbauten Mast hatte die Firma Hein, Lehmann & Co. schon damals die Grundform gegeben, die heute überall, selbst für die höchsten Antennenstützen, angewendet wird. Der im Querschnitt dreieckige Mast endete unten in eine Spitze, die als stählerne Halbhohlkugel ausgebildet war (auf Bild 142 gut sichtbar) und auf einer entsprechend geformten Grundplatte ruhte. Seine Standfestigkeit erhielt der Mast durch drei Halteseile oder Pardunen, die in zwei Drittel seiner Höhe angriffen und am unteren Ende in Mauerklötzen befestigt waren. Die kugelige Ausbildung des Fußes, die Bräkerbohm erfand, gibt, wie bereits auf Seite 96 ausgeführt, solchen Masten die Möglichkeit, beim An-

sturm heftig bewegter Luftmassen Schwingungen in unschädlicher Weise auszuführen.

Zwischen die eiserne Grundplatte und das tief in den Boden eingesenkte Betonfundament

war zur Isolation gegen Erde anfangs ein Marmorblock von 80 Zentimetern Höhe gesetzt, der oft mit Paraffin getränkt wurde. Dieser Isolator hat sich nicht bewährt und ist später zuerst durch Glas- und dann durch Porzellsäulen ersetzt worden. In den Par-

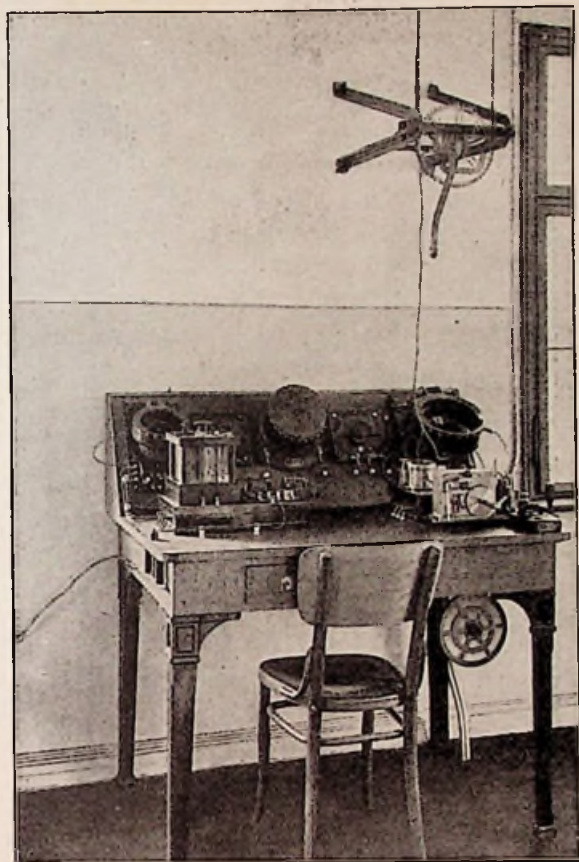


136. Fuß des alten Nauener Antennenmastes
Der Isolator gegen Erde ist ein Marmorblock

dunen sowie in den einzelnen Strähnen der Schirmantenne befanden sich gleichfalls Isolatoren, und der Luftdraht war auch noch isoliert auf die Mastspitze aufgelegt. Die Trennkörper bestanden damals aus Holz.

Die Antenne diente gleichzeitig dem Empfang. Die Aufnahmeapparate waren in dem Raum des Erdgeschosses, der die Sendetaste enthielt, auf einem pultförmigen Tisch untergebracht.

Bild 137 zeigt uns die Einrichtungen für den Schreibempfang mit Fritter. Drehkondensator (links) und die im Scharnier bewegliche Koppelungsspule (über

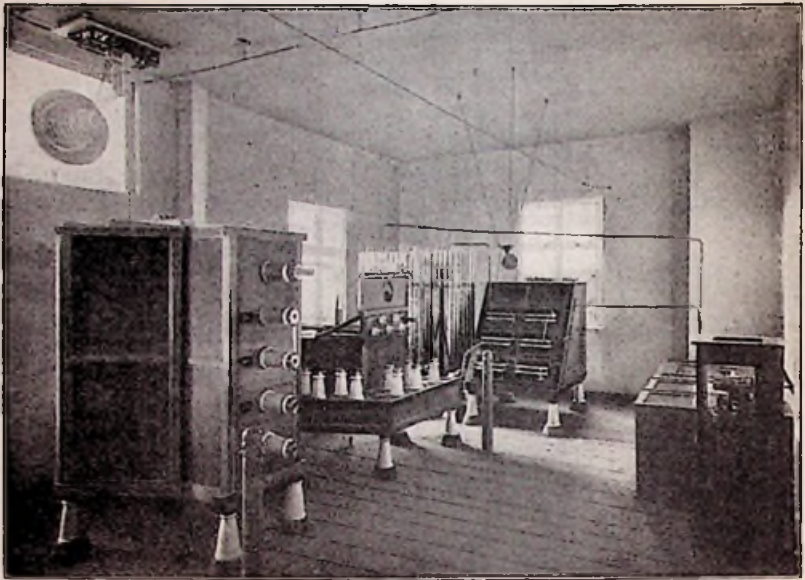


137. Der erste Empfänger in Nauen
Rechts Morse-Schreiber, darüber Koppelungsspule
Links Abstimmungs-Kondensator. Oben Kurbel für die Antennenumschaltung

dem Morse-Apparat) sind zu erkennen. Durch einen Hebelumschalter (oben) konnte die Antenne wechselnd an die Sende- und die Empfangseinrichtung gelegt werden.

Indessen war das Zeitalter der tönenden Löschfunken heraufgedämmt. Telefunken war es nach sehr schwierigen Laboratoriumsarbeiten 1909 gelungen, den ersten Sender nach diesem System auszubilden. Es wurde beschlossen, eine Anordnung dieser Art von größerer Leistungsfähigkeit in Nauen auszuprobieren. Es beginnt der zweite Lebensabschnitt der Station, der nur die Jahre 1909 bis 1911 umfaßt, aber reich an Erfolgen ist.

Das Stammhaus auf dem Luch reichte für die Neuanlage noch aus. Der Braun-Sender, der mehr als seine Schuldigkeit getan hatte, wurde entfernt, der Nachfolger eingebaut. Nachdem die Leistungs-



138. Der erste Löschfunktensender in Nauen
Auf dem pultförmigen Gestell die Funkenstrecken. Dahinter Flaschenbatterie

fähigkeit der Kraftanlage durch Aufstellen einer größeren neuen Lokomobile auf 70 Pferdestärke gebracht war, konnten 35 Kilowatt der Antenne zugeführt werden. Diese behielt ihre 100 Meter hohe Stütze und die Schirmform, aber die wirksame Höhe wurde dadurch gesteigert, daß die Drähte nicht mehr zum Boden hinabgeführt, sondern mittels zwölf Hilfsmasten, die ein kreisrundes Abspannseil trugen, bereits 30 Meter über dem Boden endeten. Zugleich wurde der Durchmesser des Schirms auf 600 Meter vergrößert (Bild 143). Der Empfänger war jetzt sowohl für Schreib- wie für Höraufnahme eingerichtet.

Da eine Gegenstation in genügender Entfernung fehlte, mußte man sich damit begnügen, die Reichweite der neuen Sendeanlage durch ein Schiff ausproben zu lassen. Der Dampfer „Bosnia“ wurde im Jahre 1911 mit entsprechender Empfangsausrüstung zur Fahrt über den Atlantischen Ozean ausgeschiedt. Man erwartete eine bedeutende Vergrößerung des Aktionsradius von Nauen, aber die Hoffnungen wurden durch die Tatsachen weit übertroffen.

Die „Bosnia“ hörte Nauen jetzt noch in einer Entfernung von 5000 Kilometern. Der gewaltige Bezirk, der dadurch in den Bannkreis von Nauen rückte, ist aus der Kennzeichnung auf Bild 148 zu ersehen. Die vorzügliche Abstimmbarkeit der Empfangseinrichtungen, der schöne musikalische Ton, der die brodelnden atmosphärischen Einflüsse so siegreich durchdringt, waren Ursache, daß



139. Empfangseinrichtung von Nauen im Jahre 1909
Links ein Verstärker, wie er vor Einführung der Hochvakuumröhren verwendet wurde

der Löschfunktensender sogleich neue großartige Möglichkeiten erschloß.

Die früher deutschen Kolonien, die in Mittelafrika am Golf von Guinea lagen, Kamerun und Togo, sind wenig mehr als 5000 Kilometer von Nauen entfernt. Man sah sich daher nun in den Stand gesetzt, eine drahtlose Verbindung mit ihnen herzustellen und auch Südwest- und Ostafrika durch Unterstationen anzuschließen. Das schien von grundlegender Wichtigkeit für das Reich, da die einzige deutsche, zur afrikanischen Westküste laufende Kabelverbindung beim Ausbruch eines Kriegs leicht abgeschnitten werden konnte, wie es denn auch geschehen ist. Es fanden daher Verhandlungen zwischen der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie und den Reichsbehörden unter Führung des Reichspostministeriums statt, die zu dem Beschluß führten, zunächst in Togo eine Großfunkstelle zum Verkehr mit Nauen zu erbauen.

Es wurde eine Expedition ausgerüstet, die sich nach dem Innern der Kolonie begab und dort Empfangsvorversuche anstellte. Nachdem die leichten Stahlrohrmasten, die zum Aufhängen der Antenne errichtet wurden, zweimal durch Tornados zerstört worden waren, gelang es endlich am 7. Juni 1911, zum erstenmal die Stimme von Nauen in der Nähe des Golfs von Guinea zu hören.

Die Leistung war für den damaligen Stand der Technik außerordentlich, sie stellte alles bis dahin Geleistete in den Schatten. Freilich hatte die Marconi-Gesellschaft in jenen Tagen bereits eine Verbindung zwischen Europa und Amerika hergestellt, aber sie be-

nutzte hierzu Stationen in Irland und Kanada, so daß die überbrückte Breite des Ozeans nur 3500 Kilometer betrug. Die Besiegung des Weltmeers zwischen England und den Vereinigten Staaten dort, wo die Wasserbreite 5000 Kilometer mißt, war in jenen Tagen noch nicht gelungen, obgleich, wie wir wissen, die gut leitende Meeresfläche die Reichweiten vergrößert. Telefunken hatte eine Entfernung von 5000 Kilometern fast ganz über Land bezwungen, auf dem Wellenweg lag das mächtige Massiv der Alpen und die besonders ungünstig wirkende Sandfläche der Sahara. Außerdem befand sich



140. Dr. Ing. Hans Bredow
Staatssekretär im Reichspostministerium

die Empfangsstelle in tropischer Gegend, nur acht Breitengrade vom Äquator entfernt, und die gewaltige Sonnenstrahlung in diesem Bezirk ist ein besonders bösartiger Feind der elektrischen Wellen.

Nach dem Gelingen der Empfangsversuche stand es fest, daß eine Verbindung mit einer in Togo zu errichtenden Großstation möglich sein würde, es zeigte sich aber als notwendig, für die Unterhaltung eines regelmäßigen und gesicherten Verkehrs sowohl die Energie wie die Antennenhöhe in Nauen bedeutend zu steigern. Darum wurde 1911 ein tiefgreifender Umbau beschlossen.

Mit dem Beginn ihres dritten Lebensabschnitts, der von 1911 bis 1916 zu rechnen ist, wird Nauen von einer Versuchs- zur

Betriebsstation. Es ist insbesondere dem Wirken eines der leitenden Männer der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie zuzuschreiben, daß dieser Schritt bewußt und mit der Absicht getan wurde, an diesen Anfang weitere vorwärtsführende Maßnahmen zu schließen. Hans Bredow darf das Verdienst für sich in Anspruch nehmen, als erster in Deutschland erkannt zu haben, daß die drahtlose Telegraphie bald das geeignetste Mittel für den Nachrichtenverkehr zwischen den Erdteilen werden würde. Bis dahin war sie in größerem Maß nur zu Mitteilungen zwischen Land und Schiff, sowie zwischen Schiff und Schiff verwendet worden.

Bredow war 1904 als junger Ingenieur bei Telefunken eingetreten. Vier Jahre später saß er bereits in der Direktion der Gesellschaft, die es seinem organisatorischen Talent zu verdanken hat, daß sie

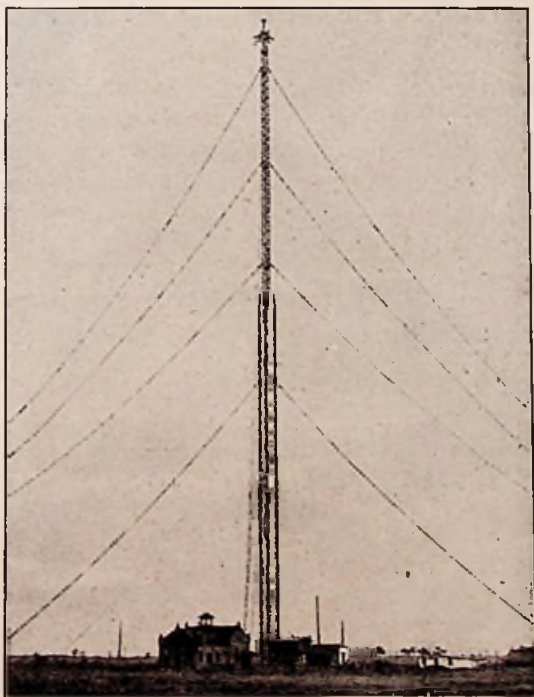
Jahre großer geschäftlicher Schwierigkeiten ohne Schädigung überwand. Bredow wußte fortan die technischen Leistungen, die Graf Arco mit seinem Ingenieurstab vollbrachte, einer fruchtbringenden industriellen Verwertung zuzuführen. Der große Gedanke, ein deutsches Weltfunknetz auszubilden, war in ihm lebendig. Er strebte seiner Verwirklichung mit Energie, aber auch mit Bedacht zu, und als erstes Glied in der Kette, welche die Erde umschlingen sollte, schien ihm die Einrichtung der drahtlosen Verbindung zwischen der Heimat und den Kolonien geeignet. Es gelang, dank der großzügigen Förderung seiner Pläne durch die Delegierten zum Aufsichtsrat von Telefunken, Dr. Franke von der Firma Siemens & Halske und Dr. Mamroth von der AEG, die geeigneten finanziellen Grundlagen für die Erweiterung der Ausrüstung von Nauen und für die Einrichtung von Großstationen in Togo und Deutsch-Südwestafrika zu schaffen.

Der Bau eines neuen Hauses auf dem Luch zur Unterbringung einer tönenden Löschfunkenanlage mit 100 Kilowatt Antennen-Energie wurde unverzüglich begonnen. Um möglichst rasch eine Antenne von ausreichender Höhe anbringen zu können, beschloß man, auf

den alten Mast von 100 Metern Höhe, dessen Querschnitt überreichlich bemessen war, einen zweiten von gleicher Länge zu setzen. Dieser Neubau war in kurzer Zeit fertiggestellt.

Aber bevor noch die gleichzeitig nahezu vollendete Sendeanlage in Betrieb genommen werden konnte, vollbrachte ein ganz außergewöhnlich heftiger Sturm, der am ersten Tag des vierten Monats von 1912 über das Luch dahinjagte, einen recht üblen Aprilscherz.

Er knickte den oberen Mastteil ein, wahrscheinlich infolge Brechens der Isolation



141. Nauen im Jahre 1912
mit Antennenmast von 200 Metern Höhe
Links das Löschfunkenhaus

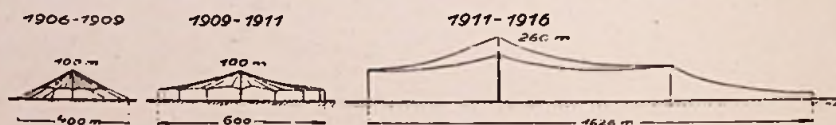


142. Ein gefällter Riese
Der am 1. April 1912 vom Sturm umgeworfene 200 Meter hohe
Antennenmast von Nauen. Im Vordergrund das Kugelgelenk

zwischen seinem Fuß und dem Kopf des Unterbaus, so daß der Aufsatz hinabstürzte. Im Fallen zerschmetterten die Eisenteile das Abspannseil des unteren Mastes, das, in der Windrichtung gesehen, hinter diesem angebracht war. Die Gewalt des Sturms war so groß, daß dieser den unteren Mastteil trotz des gewaltigen Zugs des gegenüberliegenden unverletzt gebliebenen Abspannseils noch acht Minuten lang aufrecht erhielt.

Dann stürzte auch der Unterteil um. Die mächtige Eisenmasse fiel gerade in dem schmalen Raum zwischen dem alten und dem neuen Haus zu Boden (siehe Bild 141). Kaum jemals ist ein Unglück mit so viel Glück verbunden gewesen. Die Gebäude blieben vollständig unbeschädigt, von den Beamten und Arbeitern der Station wurde niemand verletzt.

Nachdem auf diese heftige Art mit der alten Antennen-Anlage nur zu gründlich aufgeräumt war, entschloß sich die Telefunken-Gesellschaft,



143. Drei Entwicklungsstufen der Antennen-Anlage von Nauen

die Schirmform des Luftleiters aufzugeben. Es wurde nun eine Antenne in L-Form aufgebaut. Zum Tragen des wagerechten Teils wurden ein Mast von nicht weniger als 260 Metern Höhe und, je 600 Meter hiervon entfernt, zwei weitere Stützen von 120 Metern Höhe errichtet.

Das neue Haus in rotem Backstein, durch dessen verglasten Dachaufsatz die Zuführungsdrähte für die neue Antenne eingeleitet wurden, barg die große Tonfunken-Anlage, mit der Nauen vier Jahre lang sehr bedeutende Leistungen vollbrachte.

Das Zeitalter der Lokomobile war vorüber. Der Betrieb erforderte jetzt ein Energiefundament, das eine so bescheidene Maschine nicht mehr darbieten konnte. Es wurde auf die Errichtung einer eigenen Krafterzeugungsanlage verzichtet, da Betriebsstrom für die Motoren in bequemer Weise von dem Brandenburgischen Kreis-Elektrizitätswerk bei Spandau bezogen werden konnte.

Die aus der Fernleitung entnommene Energie trieb im Kraftsaal der Station neben mehreren Hilfsmaschinen einen Gleichstrommotor von 300 Pferdestärken an. Auf der gleichen Achse mit dieser Maschine saß eine Dynamo, die Wechselstrom von 475 Perioden und



144. Sendersaal der Nauener Tonfunken-Station

1000 Volt Spannung erzeugte. Dieser wurde der eigentlichen Sendeanlage zugeführt, die in einem anstoßenden, erhöht liegenden Raum untergebracht war.

Hier führte die Wechselstromleitung zunächst zu einem Transformator, dessen mächtiger Bau zum Teil ins Kellergeschoß versenkt war, so daß nur die Krone mit den aufgesetzten großen Isolatoren hinausragte. Die Spannung wurde in diesem Apparat auf 75000 Volt erhöht. Die Kapazität des Stoßkreises bestand aus einer Batterie von Kondensatoren, die nun nicht mehr Flaschenform hatten, sondern aus metallbelegten Glasplatten zusammengesetzt waren; diese standen in 32 ölgefüllten Eisenkästen. Die Funkenstrecken, 75 an der Zahl, waren in vier pultförmigen Gestellen untergebracht. Sie wurden durch Ventilatoren gekühlt, die darunter im Kellergeschoß arbeiteten.

Die Selbstinduktion des Stoßkreises bestand aus mehreren großen Kupferbandspulen, die, zusammen mit den Spulen für Koppelung und Abstimmung, in drei hohen hölzernen Schränken mit Marmorabdeckung untergebracht waren.

Die Größe der dem Senderaum zugeführten Energie und die Höhe der Spannung verboten das Betreten dieses Bezirks während des Betriebs. Es war deshalb ein besonderer Bedienungsraum eingerichtet, in dem sich zur Grobeinstellung des Senders für die verschiedenen Wellen ein Gestell mit Hebeln von der Art befand, wie sie auch zum Stellen von Eisenbahnweichen verwendet werden. Durch Umlagen je eines dieser Hebel wurden mittels Drahtzügen zugleich die Abstimmung des Primärkreises, die Koppelung und das Antennen-Variometer für die gewünschte Welle eingestellt. Handräder und ein Tonschieber im gleichen Raum dienten der Feinregulierung.

Die Taste für den Telegraphisten sowie die Empfangsanlagen waren in einem zweiten Sonderraum untergebracht, von dem aus die Senderanlage bequem überschaut werden konnte. Die Verteilung der Anlage in Maschinenraum, Senderhalle, Bedienungs- und Telegraphierraum zeigte deutlich, daß die Station nun bestimmt war, den Ansprüchen eines regelmäßigen Betriebs zu dienen. Der Telegraphist hatte sich, wie das für eine ordnungsmäßige Verständigung nötig ist, ausschließlich mit der Abgabe der Zeichen zu beschäftigen. Die Sorge dafür, daß die Antenne mit der richtigen Welle strahlte und diese Strahlung das Empfangen eines reinen Tons auf der Gegenseite möglich machte, lag dem Bedienungsmann im Abstimmungsraum ob.

Wer das Arbeiten der Station im Senderaum vor dem Schutzgelande beobachtete, das die Hochspannung führenden Teile gegen Berührung umhegte, der empfand auch jetzt recht harte Angriffe auf den Hörsinn. Die Funkenstrecken zwar loderten und knatterten nicht mehr, sondern ließen nur noch ein sanftes Zischen vernehmen, aber die „Nauener Hämmer“ schlugen mit laut tönender Kraft. Ihre Vierzahl stellte das erste Tastrelais dar. Starke Federn hielten für gewöhnlich kräftig bemessene Kontaktstücke in jedem der runden Apparate voneinander getrennt. Alsdann war der primäre Wechselstrom, der mit 1000 Volt von der Maschine kam, unterbrochen. Sobald aber der Telegraphist die Taste drückte, schmetterten die Kontakte durch Magnetzug aufeinander, der Transformator erhielt Strom, die Kondensatoren wurden geladen und entluden sich über die Funkenstrecken.

Dieser Tonfunken sender, eine technische Anlage, die in ihrer Art vollendet war, reichte mit seiner Stimme bis nach Mittelafrika und nach Nordamerika. Er ist es gewesen, der bei Kriegsausbruch die deutschen Schiffe im ganzen Atlantischen Ozean warnte und es

ihnen möglich machte, rechtzeitig schützende Häfen aufzusuchen. Mit dieser Anlage hat das abgesperrte Deutschland in den ersten Kriegsjahren nach dem Ausland gesprochen, und bis vor kurzem wurden hiermit noch die Wetter- und Zeitsignale für die Schiffe in den nördlichen Meeren gegeben.

Zunächst arbeitete die Tonfunkenstation, wie beabsichtigt, mit den Kolonien. Bei Kamina in Togo war die Gegenstation mit einer Antenne von 3755 Metern Länge errichtet, die an drei Masten von je 75 und vier weiteren Masten von je 120 Metern Höhe hing. Für das Senden stand dort eine Antennen-Energie von 100 Kilowatt zur Verfügung. Kamina leitete die von Nauen kommenden Nachrichten weiter zur Station Windhuk in Südwest, und die Funkstelle in Togo sollte auch mit der geplanten Station Tabora in Ostafrika in Verbindung treten. Die Errichtung dieser Anlage ist aber infolge des Kriegsausbruchs unterblieben.

Kamina mußte nach kurzer Betriebszeit im August 1914 von den eigenen Beamten gesprengt werden, da sich zu dieser Zeit ein englischer Eroberungstrupp auf dem Weg zu der Station befand. Nauen hat alsdann, bis auch die Kolonie in Südwest von den Feinden besetzt worden war, mit Windhuk über 8000 Kilometer hinweg in unmittelbarer Verbindung gestanden. Zum Antworten freilich war diese Station meist zu schwach, sie ist nur in Ausnahmefällen in Nauen gehört worden.



145. Telefunken-Station Kamina in Togo (Afrika)

Große verkehrstechnische Wichtigkeit hatte auch die zu Monrovia im Staat Liberia errichtete Telefunkenstation. An dieser Stelle der westafrikanischen Küste befand sich ein Zwischenlandungspunkt des deutschen Kabels Emden-Pernambuco (Südamerika). Die Drähte der Antenne stellten hier die in den Äther gereckten Fangarme der unterseeischen Drahtleitung dar. Sie empfingen Nachrichten von Schiffen, die den südlichen Teil des Atlantischen Ozeans befuhren, und leiteten sie über das Kabel nach Europa. Ebenso gab Monrovia drahtlich angekommene Telegramme auf die See weiter. Diese Koppelung von drahtloser und Drahttelegraphie ist

damals in ihrer wirtschaftlichen Auswirkung von den Telegraphentechnikern auf der ganzen Erde eifrig beobachtet und gewertet worden.

Das erste Zusammentreffen aber zwischen den beiden verschiedenen Arten des Schnellnachrichtenwesens hatte, wie hier erwähnt sei, schon kurz vorher in der Südsee stattgefunden. Im Zusammenarbeiten mit dem Reichspostministerium war von der Deutschen Südsee-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, einer Gründung Telefunks, ein Verkehr zwischen den deutschen Kolonien im australischen Inselarchipel eingerichtet worden.

Diese in äußerster Ferne liegenden, durch weite Wasserflächen voneinander getrennten Besitzungen entbehrten bis dahin des Anschlusses an das Welttelegraphennetz. Nur die kleine Insel Jap, zu den deutschen Karolinen gehörend, war durch einen Kabelstrang, der, von den holländischen Sunda-Inseln Java und Celebes herkommend, nach Guam in den Marianen führte, sowohl an ein nach Amerika wie an ein zweites nach China gehendes Kabel angeschlossen.

Es wurden von Telefunken in Jap, als der Zentralstelle, in Angaur auf den Palau-Inseln, zu Apia in der Samoa-Gruppe, auf Nauru in den Marshall-Inseln und zu Rabaul im Bismarck-Archipel Funkstationen erbaut, die mit einem Schlage die wichtigsten deutschen Südseekolonien in telegraphische Verbindung miteinander und über Jap mit dem Mutterland brachten. Auch die von der deutschen Regierung in Kiautschou (Tsingtau) errichtete Sende- und Empfangsstelle arbeitete mit Jap. Eine funkttelegraphische Verbindung dieser Insel mit Nauen war nach dem damaligen Stand der Technik noch nicht möglich.

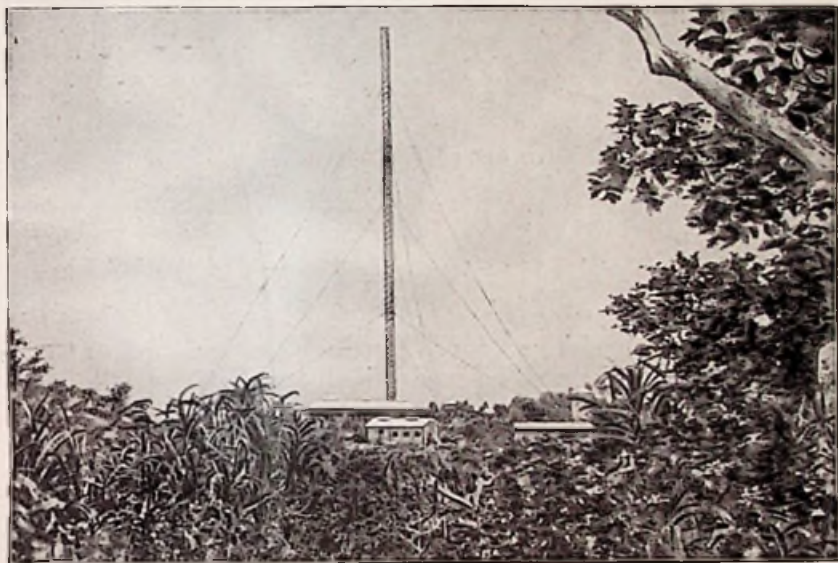
Während diese Einrichtungen im Süden und fernsten Südosten der Vollendung entgegenreiften, hatte Nauen den Blick auch gen Westen gerichtet, nach Nordamerika, das der Station ihr wichtigstes Wirkungsgebiet in Krieg und Frieden erschließen sollte.

Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie erwarb im Jahre 1911 ein Gelände auf Long Island bei New York und begann dort den Bau der Station Sayville. Das Eigentumsrecht wurde der Atlantic Communication Company übertragen. Die erste Einrichtung Sayvilles bestand aus dem alten Tonfunkensender von Nauen. Die Station hatte damals mit ihren 25 Kilowatt Antennen-Energie nur die Aufgabe, Schiffe der nordatlantischen Fahrt, nachdem sie außer Verbindung mit Nauen gekommen waren, mit Zeitungsnachrichten zu versehen und den Telegrammverkehr mit ihnen und für sie zu besorgen.

1913 aber war die Energie von Sayville auf 100 Kilowatt erhöht, und nun konnte zunächst durch einen Versuchsbetrieb festgestellt werden, daß ein direkter Verkehr mit der großen Mutterstation über den Zwischenraum von 5200 Kilometern hinweg möglich war. Am 12. Februar 1914 fand die Eröffnung der Verbindung Nauen—Sayville als einer Linie des öffentlichen Verkehrs durch einen Telegramm-

austausch zwischen Vertretern der deutschen und der amerikanischen Presse statt. Fortab wurden behördliche und Privattelegramme drahtlos von und nach Amerika befördert.

Das Datum des eben genannten Tags hat etwas Erschütterndes. Denn jeder weiß, daß noch nicht ein halbes Jahr später der Krieg ausbrach. Nun wuchs die Bedeutung der Telegraphenlinie Nauen—Sayville zu ungeahnter Bedeutung an. Es gelang 1915, die Antennen drüben zu erhöhen und zu vergrößern, sowie einen neuen Sender in die Station einzubauen, und bis zur amerikanischen Kriegserklä-



146. Telefunken-Station auf der Südsee-Insel Jap

rung im Jahre 1917 war diese drahtlose Linie die wichtigste Ausfallpforte Deutschlands nach dem Ausland.

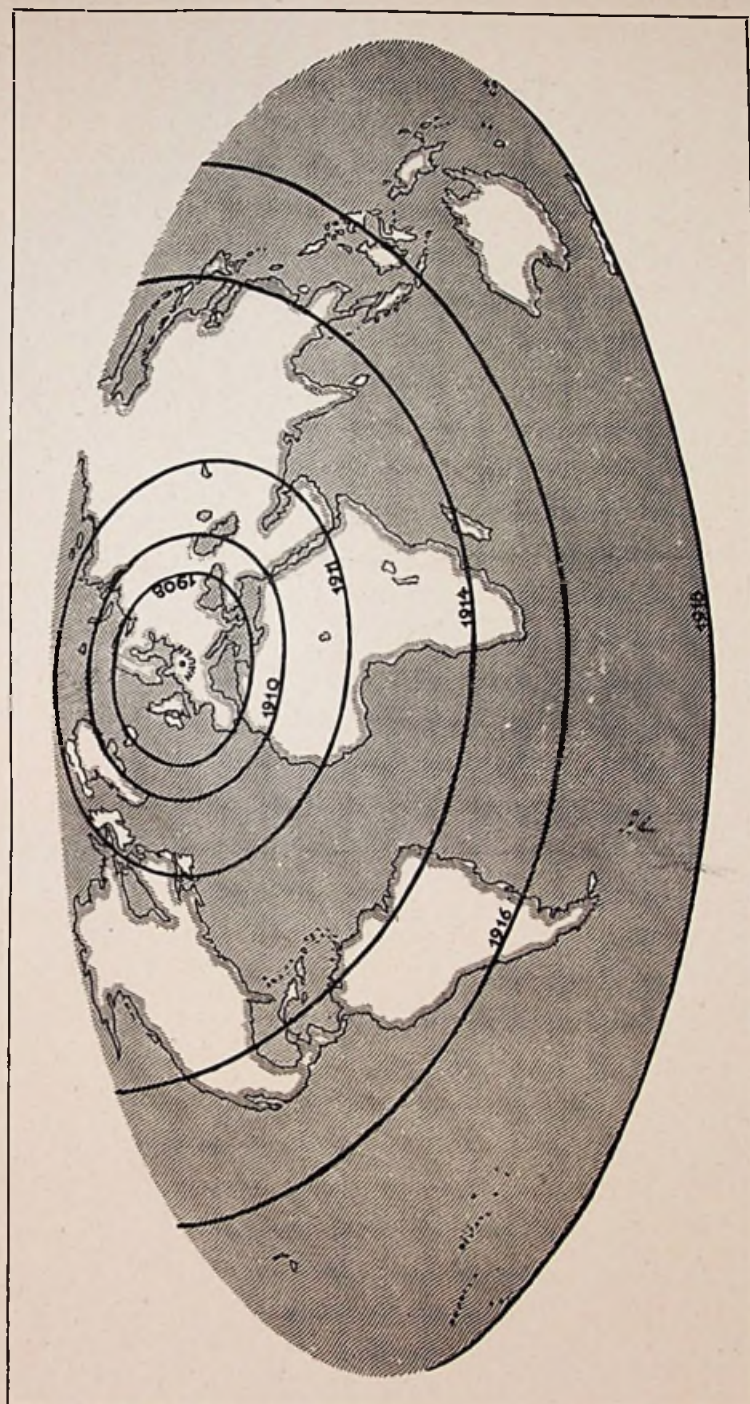
Zu Cartagena in der südamerikanischen Republik Kolumbien hatte Telefunken im Jahre 1912 eine weitere Station errichtet, die 1913 eröffnet wurde. Sie stellte die Verbindung von Sayville mit anderen von der deutschen Gesellschaft in Südamerika gebauten drahtlosen Stellen her, hatte also einen sehr wichtigen Mittlerposten.

Bild 147 veranschaulicht die Stellen auf der Erde, die bei Kriegsausbruch in unmittelbarer oder mittelbarer Verbindung mit Nauen standen.

Ein neues Zeitalter dämmerte indessen für die Großstation herauf. Man sah sich in den Stand gesetzt, ungedämpfte Schwingungen mittels Maschinen zu erzeugen, und es wurde klar, welche Vergrößerung der Reichweiten durch die überlegenen Empfangslein-



147. Die deutschen drahtlosen Verkehrslinien im Jahre 1914
Links die Verbindungen mit Nauy, rechts das Netz in der Südsee



148. Wie Nauen die Welt eroberte
Anwachsen der Reichweite von 1908 bis 1918

richtungen für Wellen dieser Gattung erreicht werden konnte. Versuche, die gute Ergebnisse geliefert hatten, ermutigten im Jahre 1913, eine Hochfrequenzmaschine mit Frequenzverdoppelung nach dem System des Grafen Arco in Nauen aufzustellen. Sie fand ihren Platz im Maschinensaal der Tonfunkenstation und lieferte eine Antennen-Energie von 100 Kilowatt. Da der lebhafteste Wunsch bestand, die Anlage möglichst bald in Betrieb zu nehmen, wurden die umfangreichen Sende-Einrichtungen provisorisch in dem alten Stammhäuschen aufgestellt. Eine zweite verbesserte Hochfrequenzmaschine, die 1915 fertig wurde, lieferte bereits 200 Kilowatt in die Antenne, und sie hätte noch bedeutend mehr Energie abgeben können, wenn die Kapazität des L-förmigen Luftdrahts nicht zu gering gewesen wäre.

Nach Ausrüstung Sayvilles mit einer Einrichtung zum Empfang ungedämpfter Wellen machte die provisorische Hochfrequenzanlage den Amerikadienst, der den wichtigsten Kriegseinsatzen der deutschen Technik zugezählt wurde. Die Befehle an die Auslandskreuzer und die U-Boote sind mit diesem Sender gegeben worden.

Die Hochfrequenzmaschinen-Anlage für 200 Kilowatt hat also sehr gute Dienste geleistet. Dennoch kamen nicht allzu selten Störungen durch atmosphärische Einflüsse vor, die eine glatte Abwicklung des Verkehrs beeinträchtigten. Um solche Behinderungen auszuschalten, drängte insbesondere Bredow, der die Station Nauen zu einer betriebsmäßig unbedingt zuverlässigen Zentralstelle für den Verkehr mit den überseeischen Ländern machen wollte, zu einem großzügigen Ausbau. Dieser wurde im Jahre 1916 begonnen; die Erneuerung umfaßte sowohl das Sendehaus wie die Antenne. Mit der Fertigstellung des gewaltigen neuen Luftleiters im gleichen Jahr beginnt der vierte und vorläufig letzte Lebensabschnitt von Nauen, die Zeit der Vollreife dieser Station.

Die immer lästiger sich fühlbar machende Erschwerung der Arbeits- und Arbeiterverhältnisse in Deutschland während des Kriegs und auch nach diesem war Ursache, daß der Neubau für die Großstation nur langsam emporwuchs. Die provisorische Anlage blieb daher sehr viel länger in Tätigkeit als vorausszusehen war. Als die neue Antenne, deren Form im nächsten Abschnitt besprochen werden wird, von dieser Sendevorrichtung aus mit einer Energie von 400 Kilowatt gespeist werden konnte, geschah es 1918, daß Nauen endgültig die Erde eroberte. Denn in diesem Jahr wurde die Stimme dieser Sendestelle in der Station Avanui auf Neu-Seeland gehört, die fünf Jahre vorher von Telefunken erbaut worden war.

Avanui ist fast 20000 Kilometer, das ist die Hälfte der Äquatorlänge, von Nauen entfernt. Fortab gibt es keinen Punkt auf der Erde mehr, an dem man nicht mit geeigneten Apparaten die „An Alle!“ gerichteten Sprüche von Nauen zu vernehmen vermöchte.

Am 23. Juli 1919 lief die folgende Anfrage in Nauen ein: „Will you accept commercial business messages from U.S.?“ (Wollen Sie Handelstelegramme aus den Vereinigten Staaten aufnehmen?) Es war die amerikanische Station New Brunswick, von der diese Erkundigung ausging. Nachdem bejahend geantwortet worden war, begann noch am gleichen Tag der Austausch von Privattelegrammen mit den Vereinigten Staaten, der zwei Jahre lang geruht hatte. Obgleich Nauen sich noch inmitten des Umbaus befand, konnte allen Ansprüchen des Verkehrs genügt werden, und der rege Nachrichtenaustausch mit den Stationen jenseits des Atlantischen Ozeans, der auch heute noch den wichtigsten Teil der Tätigkeit unserer größten Station ausmacht, dauert seitdem an.

Erst 1920 war die Bautätigkeit beendet. Am 29. September des gleichen Jahres fand die feierliche Eröffnung des Neubaus statt, der technisch wie architektonisch in großartigen Formen durchgeführt ist.

Die Gesamtanlage einschließlich des Luftleiters bedeckt heute 300 Hektar. Ein Flügel des Hauses ist so um die alte Tonfunkstation herumgebaut worden, daß sowohl deren Maschinen wie der Sendersaal sich innerhalb der Umfassungsmauern befinden. Zugleich wurde die Anlage dem Besitz der von Telefunken gegründeten Aktiengesellschaft „Drahtloser Übersee-Verkehr (Transradio)“ übergeben, die den Betrieb zu führen hat. Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie selbst nimmt Abstand davon, diesen selbst zu besorgen, weil sie sich ausschließlich als Fabrikationsunternehmen betätigen will.

So hat Nauen in langsamem Wachstum die Gestalt erhalten, in der es sich heute darstellt. Die Vergangenheit hinter uns lassend, betrachten wir nunmehr das Antlitz der Großstation in der Gegenwart.

24. Ein Besuch in Nauen

Der Weg vom Bahnhof Nauen führt über flaches, ödes Gelände, auf das nur hier und da ein ackerbürgerliches Häuschen gestellt ist. Nachdem man ein kümmerliches Wäldchen durchschritten hat, taucht plötzlich und mit überraschender Wirkung der breitgeflügelte, hochragende Klinkersteinbau des Sendehauses auf.

Die Worte „Drahtloser Übersee-Verkehr“ sind in großen Lettern über dem Haupteingang zu lesen. Sie stellen nur eine Firmenbezeichnung dar, aber es liegt zugleich ein Klang und Sinn in diesen Worten, die den geistigen Blick des Betrachters weit, weit über die Wipfel des horizontbegrenzenden Waldes hinaus schweifen

lassen bis zu den Küsten Amerikas und Afrikas, ja bis zu dem Inselgewimmel der Südsee hin.

Der Architekt Muthesius hat in dem Nauener Haus das Muster eines Baus für technische Großzwecke geschaffen. Der Standort, eine endlose, völlig flache Ebene, forderte, wie er selbst sagt, „als Leitsatz äußerste Einfachheit mit Erstrebung eines möglichst großen Gesamteindrucks. Es war ein Baugebilde zu gesta-



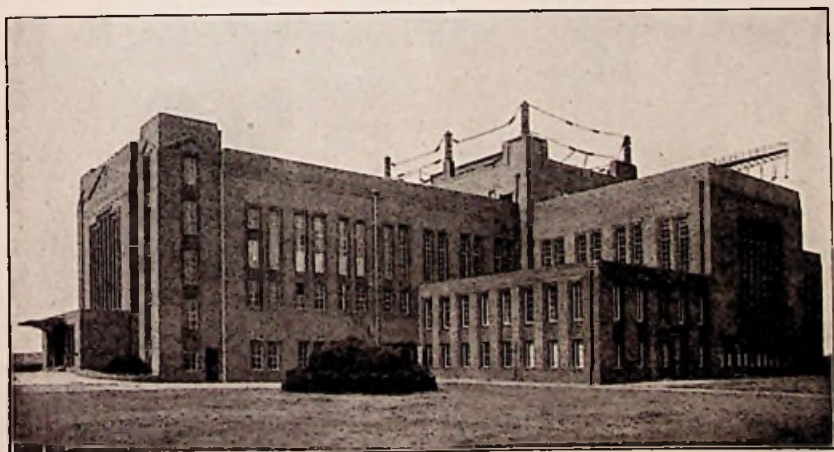
149. Die Front des neuen Sendehauses in Nauen

ten, das einer ganz neuen Wissenschaft dient und das Ergebnis einer ungeheuren menschlichen Denkarbeit umschließt“. Bis auf eine Plastik im Giebeldreieck, welche die Raumüberwindung versinnbildlicht, ist denn auch jeder Zierat weggelassen, nur die scharf geprägten Formen des Gebäudes sprechen.

Der Grundriß ist kreuzförmig; die Vierung, das ist die Stelle, an der die beiden Kreuzarme einander schneiden, zeigt eine Betonung in Form eines kurzen turmartigen Überbaus. Es ergab sich von selbst, hier die Antennen-Ausführungsdrähte anzubringen. An den schmalen vorspringenden Teil des Hauptbaus sind beiderseits niedrigere Flügelbauten gesetzt. Der linke umschließt die alte Tonfunkenstation, in dem rechts gelegenen befinden sich alle für den Telegraphierbetrieb notwendigen Räume.

Die großen ungegliederten Flächen der einzelnen kastenförmigen Bauteile wirken keineswegs eintönig, weil sie aus kleinen Klinkersteinen aufgemauert sind; deren Farben von einem tiefen Lilabraun bis zum satten Rot wechseln. Die mächtigen Fenster, in zahlreiche senkrechte Felder unterteilt, mildern den Eindruck des Massigen weiter und lassen das Licht in Fülle einströmen.

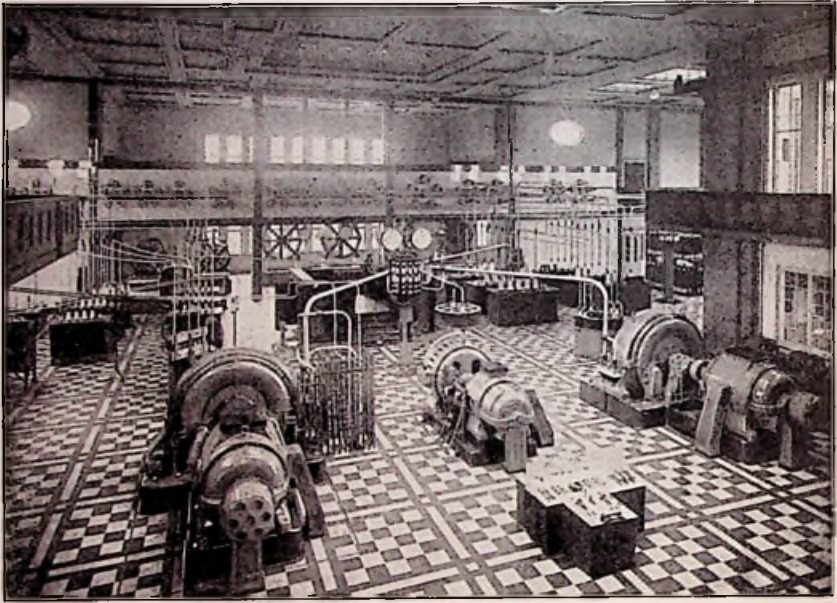
Von der Eingangshalle her betritt man zuerst einen großen Saal, in dem sich keine Maschine befindet. Er ist einem Nebenzweck der Station Nauen gewidmet, die, als deutsche Hauptstelle, den Technikern und auch anderen interessierten Kreisen Gelegenheit geben soll, sich jederzeit über den neuesten Stand der drahtlosen Technik zu unterrichten. Vor den zahlreichen Führungen durch die Station werden in diesem Saal einführende Vorträge gehalten, wobei durch kinematographische Vorführungen das Verstehen der schwierigen Anlage erleichtert wird.



150. Das Nauener Haus
Architekt Professor Muthesius

Eine breite Glastür geleitet von hier in den mächtigen Hauptmaschinen-saal, den man auf der erhöhten Plattform des Maschinenschaltpults betritt. Hier ist die Stelle, von der aus die Kraftzufuhr zur Station geregelt wird.

Auch heute entbehrt Nauen der eigenen Krafterzeugungs-Anlage. Das Werk Spandau liefert Drehstrom von 50 Perioden und 15000 Volt. Er wird mittels zweier besonderen Überlandleitungen, die getrennt geführt sind und deshalb kaum gleichzeitig versagen können, einem Schaltheus unweit des Stationsgebäudes zugeführt und von dort



151. Der Sendersaal in Nauen
Im Vordergrund die drei Hochfrequenzmaschinen

durch Erdkabel zur Umformeranlage im Kellergeschoß geleitet. Die übertragene Leistung beträgt 1000 Kilowatt.

Zum Antreiben der Motoren wird der Drehstrom auf 1000 Volt niedertransformiert. Jeder der Maschinensätze, selbst der größte, kann durch einfachen Druck auf einen Knopf am Schaltpult angelassen werden. Dort befinden sich weiter zahlreiche Hebel zur Bedienung der Nebenanlagen und viele Anzeige-Instrumente, die das Überwachen aller niederfrequenten elektrischen Anlagen gestatten.

Zunächst dem Schaltpult strecken drei Hochfrequenzmaschinen ihre gewaltig auf dem Boden lastenden Leiber (Bild 151). Die Fundamente sind getrennt von denen des Gebäudes niedergeführt, um das Übertragen von Erschütterungen möglichst zu vermeiden. Rechts und links liegt je eine Hochfrequenzmaschine für den Überseeverkehr,

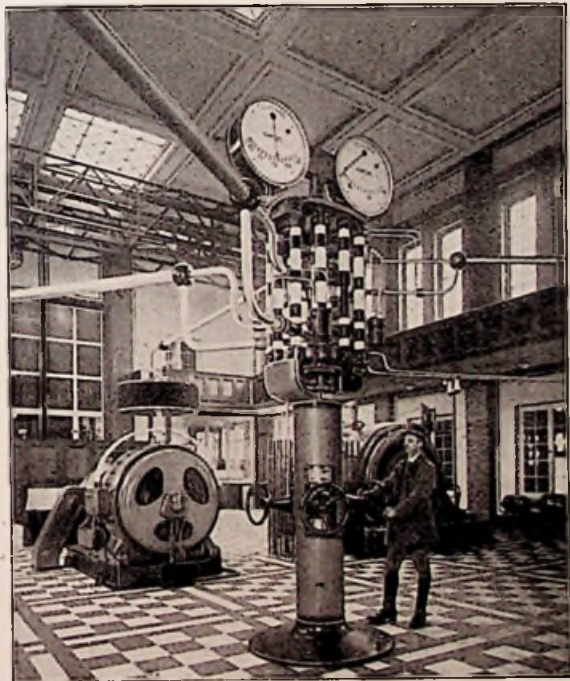
jede durch einen Drehstrommotor von 750 Pferdestärken angetrieben und 400 Kilowatt Schwingungsenergie bei 6000 Perioden liefernd. Motor und Generator sitzen auf der gleichen Achse.

Die kleinere Hochfrequenzmaschine in der Mitte ist zur Bedienung des europäischen Verkehrs bestimmt. Der Motor von 375 Pferdestärken bringt hier 130 Kilowatt Schwingungsenergie hervor. Beiderseits an den Hallenwänden haben die Gleichstromgeneratoren Platz gefunden, welche den Magnetisierungsstrom für die Hauptmaschinen und für die magnetische Sättigung des Eisens in den Frequenztransformatoren erzeugen.

Die gewaltigen zylinderförmigen Drosselspulen, die nur mit einem Teil ihrer Höhe aus dem Hallenfußboden hervorragen, dienen dazu, die Anker der Gleichstrommaschinen vor dem schädlichen Eindringen von Hochfrequenz-Energie zu schützen.

Alle von den Hochfrequenz-Erzeugern ausgehenden Leitungen und sämtliche übrigen Strombahnen, die Energie rascher Schwingung führen, sind aus kupfernen Röhren hergestellt. Mancher naive Besucher hat den Führer schon gefragt, ob denn nun durch das Innere der Röhren wirklich der „Strom“ fließe. Der Grund für diese eigenartige Ausbildung der Leitungen ist, daß die hochfrequente Energie sich fast ausschließlich an den Oberflächen ausbreitet, so daß der Kern der Leitungen bei der Übertragung keine Rolle spielt, also fortgelassen werden kann. Der

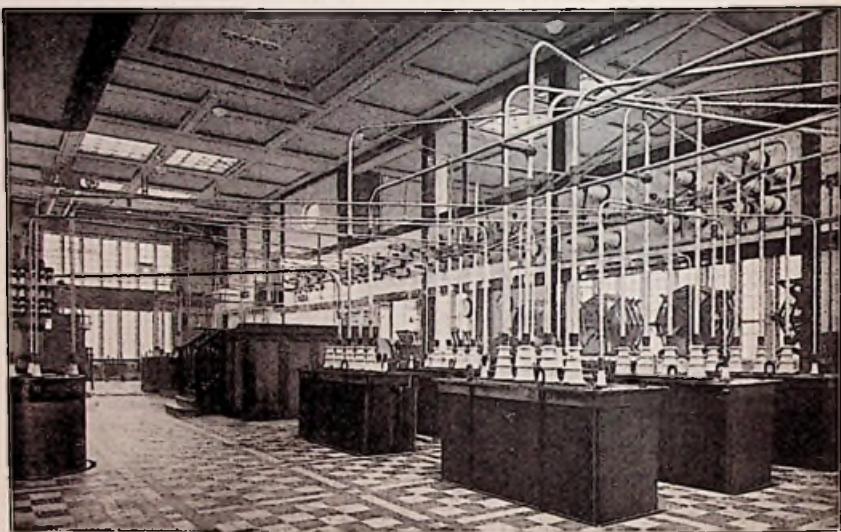
ungewöhnlich große Durchmesser der röhrenförmigen Leitungen – bei der stärkstbelasteten beträgt er 15 Zentimeter – und die starke Ausrundung der Krümmungen sind es hauptsächlich, die dem Maschinensaal der Nauener Station ein einzigartiges Gepräge geben; sie



152. Schaltsäule der Station Nauen

lassen sein Aussehen stark von dem Eindruck abweichen, den man in Kraftwerkshäusern erhält.

Die von den Maschinen herkommenden Leitungen sind zunächst einer eigenartig geformten Schalteinrichtung, einer hochragenden runden Säule zugeführt. An senkrechten, durch Porzellanzyylinder isolierten drehbaren Pfeilern sind hier Schaltstücke in Form von Kreissegmenten angebracht, die durch drei Handräder am Fuß der Säule bewegt werden können und dazu dienen, die Hochfrequenzmaschinen an die folgenden Teile der Anlage anzuschließen oder



153. Abschnitt aus dem Sendersaal von Nauen

Im Vordergrund die Frequenz-Transformatoren für die 400-Kilowatt-Hochfrequenzmaschinen; dahinter Hochfrequenz-Schaltpult und die Frequenz-Transformatoren für die 130-Kilowatt-Hochfrequenzmaschine; in halber Höhe die Schalttafel; links Drosselspule

von ihnen abzutrennen. Die Abschaltung erfolgt in Gefahrenfällen auch selbsttätig.

Zur Zeit ist der Aufbau der Station so gegliedert, daß rechts die Einrichtung für die 400-Kilowatt-Anlage, links die Teile der 130-Kilowatt-Anlage aufgestellt sind. Für die beiden großen Hochfrequenzmaschinen ist nur ein Apparatesatz vorhanden, da sie vorläufig abwechselnd arbeiten, die eine nur als Reserve der anderen dient. Bald aber werden zwei ganze Sätze von je 400 Kilowatt zur Verfügung stehen.

Der Maschinenstrom wird zunächst in einen Spannungs-Transformator geleitet und fließt alsdann den Frequenz-Transformatoren zu. Es sind beiderseits 6 dieser Verdoppler aufgestellt. Die Spulen befinden sich in viereckigen Kästen aus gewelltem Blech. Zur Minderung der Erhitzung läuft durch die Gefäße ständig ein Ölstrom, der

mittels Pumpen in Bewegung gehalten wird. Das Öl wird zur Abkühlung durch lange Rohrschlangen geschickt, die in kaltem Wasser liegen.

Ein hübscher Gedanke hat dazu geführt, den geräumigen Wasserbehälter als Schmuckteich vor die Front des Hauses zu legen. Wer von der Chaussee her das Stationsgelände betritt, dem verrät nichts den technischen Zweck dieses anmutig eingefassten, von einem Entenvolk belebten Gewässers. Erst wenn man von einem höheren Stockwerk aus durch ein Vorderfenster des Sendehauses blickt, gewahrt man die Rohrschlangen drunten in dem klaren Wasser.

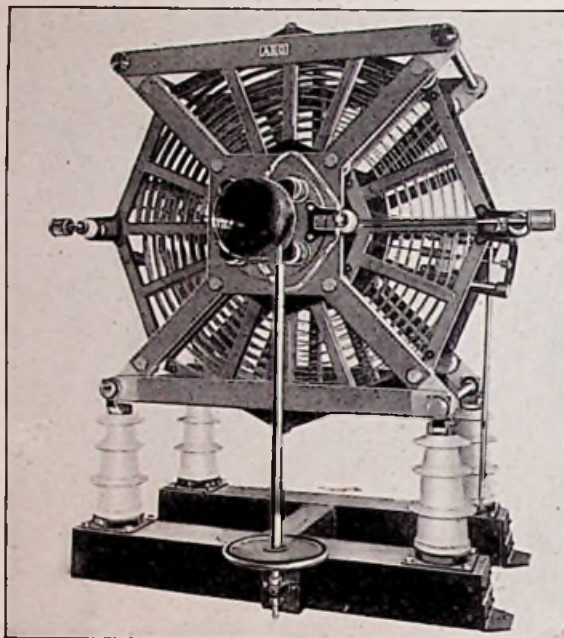
Zu Seiten der Transformatoren sind weite Felder des Hallenfußbodens mit schwarzen eisernen Kästen bedeckt; sie umschließen die plattenförmigen Abstimmungskondensatoren.

Im Hintergrund erblickt man zahlreiche Spulen von zwei Metern Durchmesser, mit Windungen aus Kupferband. Sie stellen Verlängerungen der Antennen dar; die letzte Spule auf jeder Seite ist das Luftdrahtvariometer für die Feineinstellung auf die gewünschte Welle.

Zu Häupten der Spulen erstreckt sich die mächtige Schalttafel aus weißem Marmor. Mit ihrer Länge von 36 Metern ist sie grundlegend für die Form geworden, die der Architekt dem Haus gegeben hat. Zu den 60 Isolatorsäulen, die daraus hervorspringen, drängt sich das Gewimmel der Röhrenleitungen. Je fünf dieser Isolatoren, die im Kreis einen sechsten umgeben, bilden eine zu-



154. Schalttafel und Antennenverlängerungsspulen im Nauener Sendersaal. Davor die alten Tastrelais



155. Antennen-Variometer von Nauen
Vorn in der Mitte der Antrieb für den Schleifkontakt

sammengehörte Gruppe.

Der Mittelisolator trägt Schaltschwerter, die durch Drehung an die verschiedenen Leitungsenden gelegt werden können. Mit Hilfe dieser Vorrichtungen findet das Schalten der Hochfrequenzanlage auf die verschiedenen Wellen statt. Durch die Stellungen der Schaltschwerter werden zu gleicher Zeit die geeigneten Gruppen der Frequenztransformatoren, die richtige

Antennenverlängerung und die passende Zahl der Abstimmungskondensatoren eingeschaltet.

Die Bedienung der Schalttafel und aller benachbarten Anlagen erfolgt von einem rechteckigen Schalterpult her, das genau in der Mitte der Vierung aufgestellt ist (Bild 153). Diese erhöhte Plattform ist die Kommandobrücke für die gesamte Hochfrequenzanlage. Kleine Motoren, die von hier aus mittels Druckknöpfen geschaltet werden, bewegen die Schwerter an der Schalttafel und die Schleifkontakte der Antennen-Variometer. Es dauert nicht länger als eine halbe Minute, bis ein Wellenwechsel vollzogen ist und das große Luftdrahtampèremeter über der Schaltsäule durch das Einspielen seines Zeigers auf den höchsten Ausschlag die Einstellung des besten Abstimmungsgrads anzeigt.

Vor der Schalttafel waren noch vor kurzem die älteren Tastrelais der Station aufgestellt, die funkensprühend und rasselnd mit vielen elektromagnetisch bewegten Kupferhämmern arbeiteten. Sie sind jetzt durch die Verstimmungsdröseln (Seite 130) ersetzt, deren Schaltung nahezu lautlos durch zwei kleine Apparate erfolgt. Diese sind in das Schalterpult selbst eingebaut und treten in ihrer Bescheidenheit nicht mehr hervor, obgleich sie allein es sind, die den Gesamteinrichtungen der Station Leben und Stimme geben.

Der Wirkungsgrad der ganzen, so vielfach unterteilten Anlage hat heute bereits die sehr bemerkenswerte Höhe von 75 v. H. erreicht. Nur ein Viertel der zugeführten Urenergie also wird in den Apparaten selbst verzehrt. Diese Geringfügigkeit der Verluste wirkt günstig auf die Bemessung der Worttaxen ein, da sie den Stromverbrauch niedrig hält.

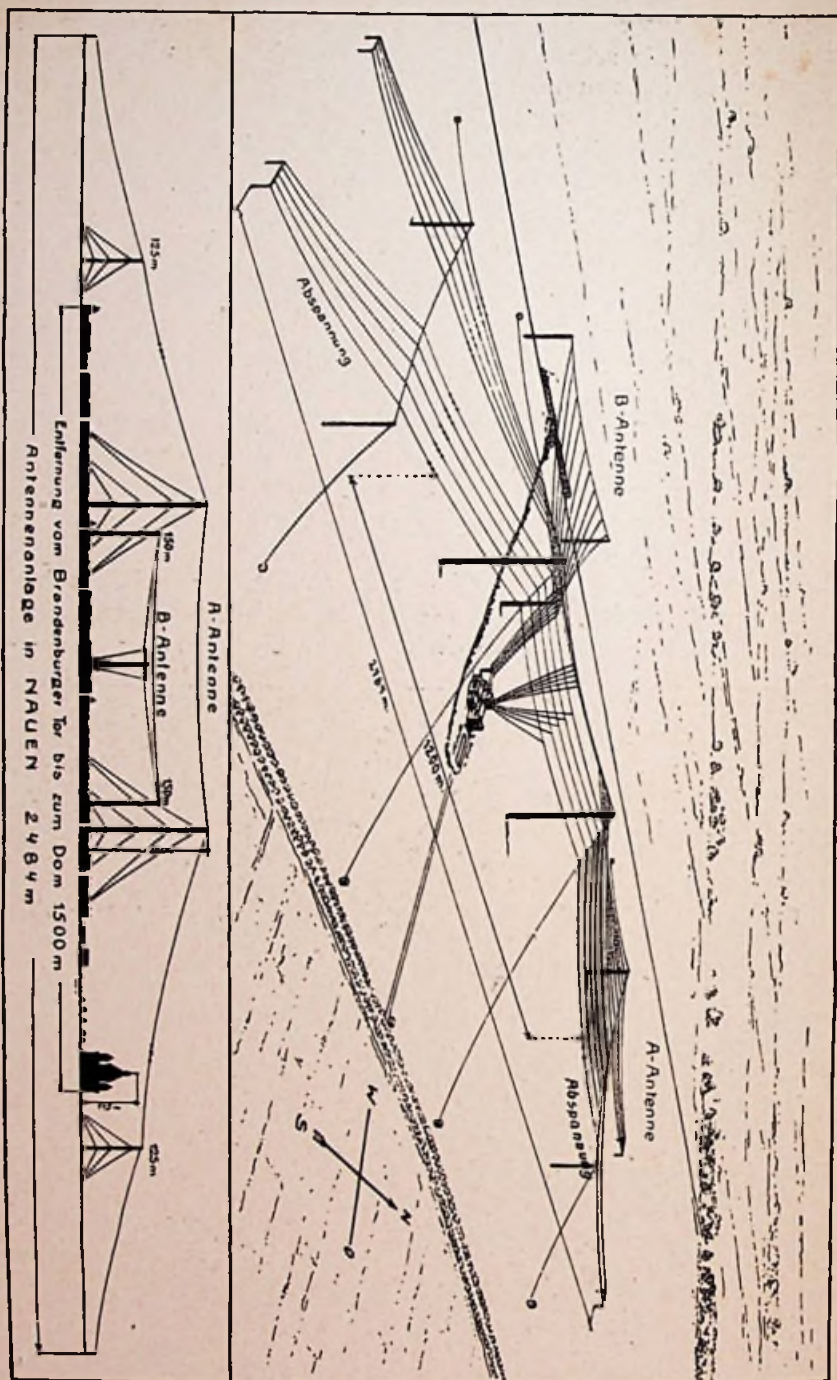
Die Steuerung der Tastrelais erfolgt im Telegraphierraum. Hier sind zwei Tische aufgestellt, die je eine kleine Handtaste und zwei Maschinensender der Wheatstone-Form tragen. An einem der Tische wird der Amerika-, am anderen der Europa-Verkehr besorgt. Ein ständig arbeitender Überlagerer, der irgendwo aufgestellt ist, sorgt dafür, daß der Telegraphist mittels eines Empfängers einfachster Art die von seiner Hand gegebenen Zeichen mithören kann.

Die Formulare mit dem zu sendenden Telegrammtext kommen durch einen Aufzug vom Kellergeschoß her aus einem Zimmer, in dem Hughes-Empfänger aufgestellt sind. Diese stehen durch Drahtleitungen mit zugehörigen Sendern im Haupttelegraphenamt zu Berlin in Verbindung.

Es wird jedoch nicht mehr lange dauern, daß sich zwischen dem Haupttelegraphenamt und den Nauener Luftdrähten ein solches Zwischenglied befindet. Das Umtelegraphieren mittels der Hughes-



156. Telegrapherraum in Nauener Luftdrähte
Vorn der Bedienungstisch für die Europa-Antenne mit Handtaste und Wheatstone-Schnellsender;
dahinter der Bedienungstisch für die Übersee-Antenne



157. Die Antennen-Anlage von Nauen
Unten Vergleich der Abmessungen mit einem Berliner Strahlenzug

Apparate wird als lästig und zeitraubend empfunden. In dem Augenblick, in dem dieses Buch abgeschlossen wird, sind bereits die Drahtleitungen gezogen, welche die Nauener Tastrelais unmittelbar mit einer neu einzurichtenden Betriebsstelle der Transradio-Gesellschaft in Berlin verbinden; diese wird durch Rohrpoststränge eng an das Haupttelegraphenamt angeschlossen. Fortab erfolgt das Tasten der Station unmittelbar von dort aus, so daß die anlangenden, über Nauen weiterzugebenden Telegramme nicht erst noch einmal auf den Draht gelegt zu werden brauchen.

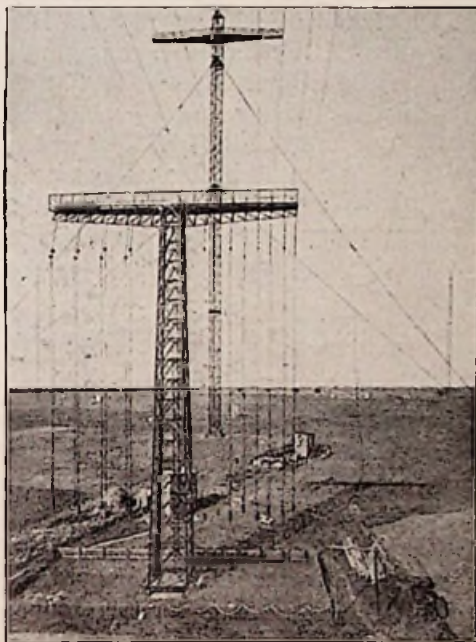
Der Löschfunktensender in dem linken Anbau ist seit kurzem verstummt. Die Apparate werden beseitigt, und damit verschwindet die letzte Erinnerung an den dritten großen Lebensabschnitt der Station, deren allumfassende Wellenzüge nun von Dämpfung nichts mehr wissen wollen.

In dem Dachraum unter dem Vierungsaufsatz ist die Schaltanlage für die Antenne untergebracht. Hier kann wieder mittels Schaltschwertern jeder Sender an jeden Antennen-Fußpunkt gelegt werden. Die Schaltungen werden vom Hochfrequenzpult aus vollzogen.

Die Ausführungsdrähte durchdringen mittels großer Isolatoren die Seitenwände des Aufbaus und steigen zu den Antennen auf.

Nauen besitzt zwei Luftleiteranlagen. Die kleinere ostwestlich gerichtete B-Antenne dient hauptsächlich dem Verkehr mit den europäischen Ländern, die große in Nord-Süd-Richtung sich erstreckende A-Antenne dem Überseeverkehr.

Die Grundform der B-Antenne ist ein Dreieck, dessen Spitze an der Hinterfront des Sendehauses liegt. Das Büschel der von hier ausgehenden 16 Drähte ist zunächst einem Abspannturm von 35 Metern Höhe zugeführt. Dieser steht mit vier Füßen auf seinem Fundament, so daß er nicht durch Seile gehalten zu werden braucht. Deswegen wird er auch im Gegensatz zu allen anderen acht Nauener Stützen Turm und nicht Mast genannt. Jeder einzelne der Drähte

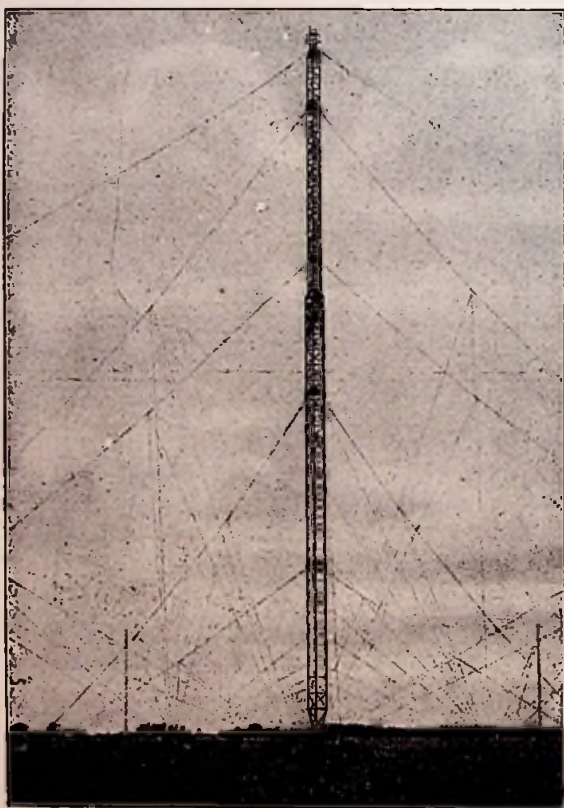


158. Die Europa-(B-)Antenne von Nauen

ist über zwei Rollen geführt, die am Ausleger des Turms befestigt sind, und er hängt zwischen den Rollen in Schleifenform hinab. In jede Schleife ist ein Gewicht gefügt, das die Aufgabe hat, den Draht straff zu halten, auch wenn er sich bei starker Sonnenstrahlung dehnt, und ihm ein Nachlaufen zu gestatten, wenn er vom Sturm getroffen oder durch Rauheis belastet wird (Bild 158).

Vom Turm sind die Drähte zu einem Auslegermast von 135 Metern Höhe geführt, und sie gehen alsdann, indem sie sich fächerförmig ausbreiten, zu einem stählernen Seil, das zwischen zwei Masten von 150 Metern Höhe gespannt ist. Dieses stählerne Dachseil bildet also die dritte Dreiecksseite. Es nimmt jedoch an der Strahlung nicht teil, da die Bronzedrähte des Fächers mittels kräftiger Isolatoren angebracht sind.

Der nur im Mittelteil genau wagerecht geführte, alsdann aber beiderseits je zweimal nach abwärts geknickte Querbalken der riesenhaften



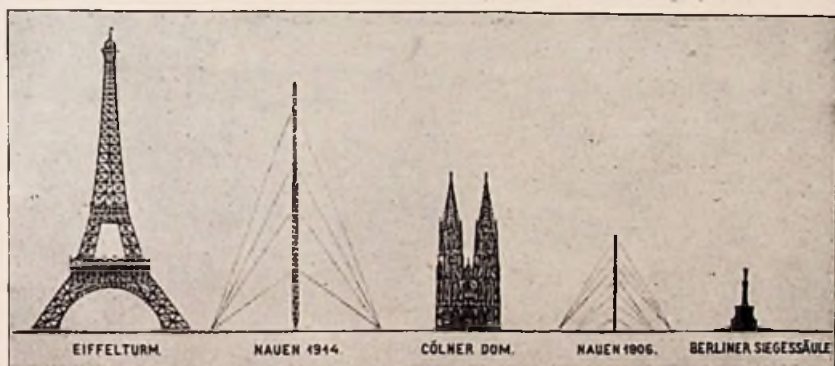
159. Ein Großmast von Nauen, 260 Meter hoch
Über die Mastspitze ist das Dachseil geführt; an den daran sichtbaren
Isolatorenketten sind die Antennendrähte aufgehängt
Darunter Halteselle und Windverspannungen

T-förmigen Überseeantenne erstreckt sich über rund 2500 Meter. Der elektrisch wirksame Teil der 10 Strahldrähte ist jedoch nur 1200 Meter lang (Bild 157). Der Rest wird von den Abspannungen gebildet, die bis fast auf den Boden hinabführen. Zu diesem 1200 Meter langen Antennenteil kommen als weitere Strahler die Zuführungsdrähte, die, gleichfalls 10 an der Zahl, von dem Sendehaus inmitten der Anlage etwa 250 Meter hoch aufsteigen.

Der Luftleiter wird von sechs Masten getragen

und ist an den Enden mittels vier niedriger Gerüster abgespannt. Rechts und links vom Sendehaus stehen die berühmten Nauener Großbauten, zwei Masten von je 260 Metern Höhe, die höchsten aller Antennenstützen. Über ihre Firsten ist je ein starkes stählernes Dachseil gelegt, das nach Osten und Westen schräg hinabsteigt und in weiter Entfernung den Boden berührt. Es folgen beiderseits zwei Masten von 125 Metern Höhe, zwischen denen je ein wagerechtes Dachseil gespannt ist. Die elektrische Trennung der Strahl- von den Abspanndrähten liegt auf beiden Seiten zwischen dem schrägen und dem wagerechten Dachseil.

Die Abspanndrähte steigen nun in steiler Schräge hinab. Fünf von ihnen sind im Norden, die fünf anderen im Süden fest an dem ab-

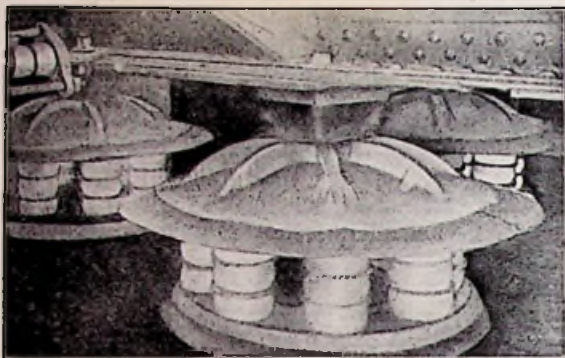


160. Ein Größenvergleich

schließenden Joch verankert. Die übrigen je fünf Enden sind wieder schleifenförmig an die Endgerüste gehängt und mit Gewichten belastet. Diese Einrichtung zum Längenausgleich ist durch Einfügung von Flaschenzügen imstande, das Nachlaufen von 100 Metern Draht bei Sturm oder Rauhreifbelastung zu gestatten.

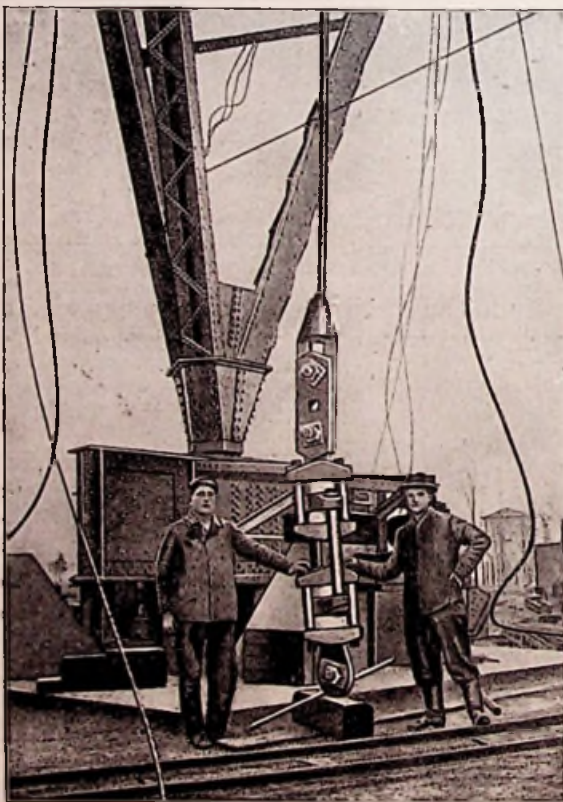
Damit derartige Bewegungen wirklich stattfinden können, sind die Antennendrähte an den vier Dachseilen nicht starr befestigt, sondern über Gehänge geführt, an deren Enden sich je eine Rolle befindet. Die Gehänge sind gegen die Dachseile, diese gegen die Mastspitzen, die Masten wiederum gegen Erde sehr kräftig isoliert. Denn die elektrische Spannung in den Strahldrähten kann bis zu 150 000 Volt ansteigen, und sie darf nirgend zur Erde überschlagen, wenn nicht eine sehr starke Dämpfung der Strahlungsleistung eintreten soll.

Jeder der 260 Meter hohen Großmasten wiegt 360 000 Kilogramm, d. h. 1,4 Kilogramm für das Millimeter Höhe. Der Gesamtdruck, der auf das Fundament ausgeübt wird, beträgt 800 000 Kilogramm, da sich zu dem Gewicht noch ein Druck gesellt, der von der straffen Spannung der Halteseile herrührt. Deren Zugkraft entwickelt eine



161. Fußsollierung eines Nauener Großmastes
24 Porzellansäulen, in drei Gruppen geordnet

zwei Meter tief in die Erde gesenkt ist. Die Quadratseiten sind je 6 Meter lang. Unmittelbar darauf ist die Fußisolation gestellt,



162. Stützträger und Kugelgelenk eines Nauener Großmastes
Im Vordergrund ein Pardunen-Isolator

senkrecht gerichtete Komponente, die wie eine Gewichtssteigerung des Mastes wirkt.

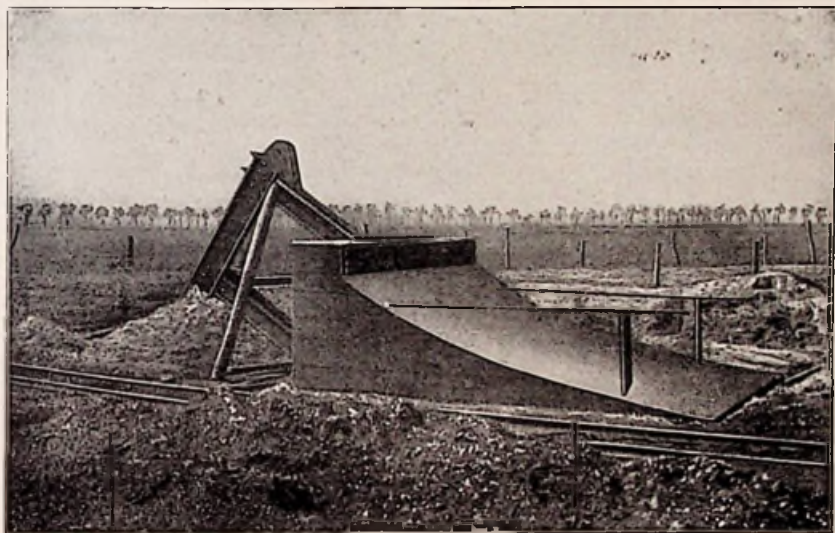
Der Unterbau, der letzten Endes allen auflastenden Kräften Widerstand zu leisten hat, besteht aus einem

Betonklotz von quadratischem Querschnitt, der das sind 24 Säulen aus je drei runden Porzellankörpern, die in drei Gruppen angeordnet sind (Bild 161). Auf diesen ruht ein schweres Eisengerüst, das seinerseits die stählerne Halbkugel für das Fußgelenk des Mastes trägt (Bild 162).

Dieser besteht aus zwei getrennten Teilen. Der Unterteil mit einer Höhe von 150 Metern ist im Querschnitt ein gleichseitiges Dreieck von 6,5 Metern Seitenlänge. Darauf ist der 110 Meter hohe Oberteil gesetzt, der die gleiche Querschnittsform hat,

aber mit einer Seitenlänge von nur 4,8 Metern. Die Verbindung beider wird wieder durch ein Kugelgelenk gebildet.

Der untere wie der obere Teil des Mastes werden durch je sechs Abspannseile oder Pardunen gehalten. Je vier von ihnen liegen senkrecht übereinander und sind um 120 Grad gegen die beiden anderen Gruppen versetzt. Die Pardunen sind keine spiralig gewundenen Drahtseile, sondern bestehen aus einer großen Zahl parallel liegender Drähte. Diese Sonderkonstruktion war notwendig, weil Spiralseile sich bei dauerndem starken Zug, wie er hier auftritt, immer etwas zu recken pflegen. Das mußte hier durchaus ver-

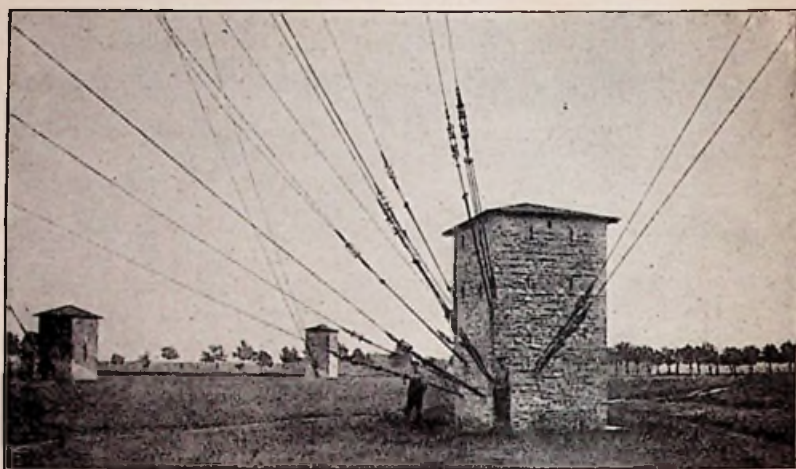


163. Pardunen-Verankerung in Nauen
Betonteil; es fehlt noch der aufzusetzende Mauerklotz

mieden werden, damit die Masten dauernd die senkrechte Stellung behalten.

Zwei- bis dreimal ist in jede Pardune eine Isolierung eingefügt. Bild 162 zeigt, daß die Porzellankörper, welche die elektrische Unter- teilung bewirken, auf Druck beansprucht werden, obgleich sie Teile eines ziehenden Seils sind. So wird das Porzellan auch hier in der ihm allein zuträglichen Art angestrengt.

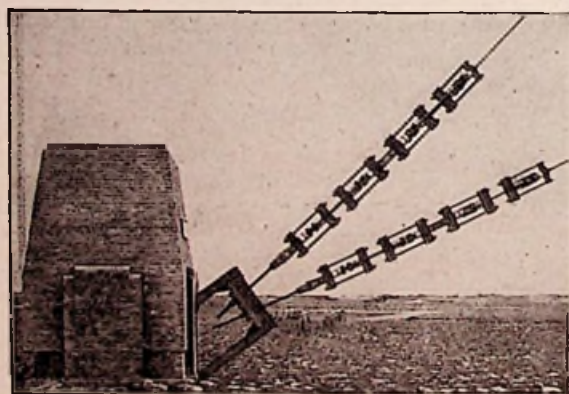
Das Ende jeder Pardune ist an einem schweren eisernen Rahmen befestigt, der in ein Betonfundament eingelegt ist. Auf diesem ruht ein schwerer Klotz aus Ziegelmauerwerk, der die senkrecht nach oben gerichtete Komponente des Pardunenzugs aufnimmt. Damit die langen Spannseile vom Sturm nicht zu stark hin und her geworfen werden können, sind in kurzen Abständen Windverankerungen ange- bracht, dünnere Drahtseile, die büschelweis von einer gemeinsamen



164. Windsell-Verankerung in Nauen
Links und hinten fertige Pardunen-Verankerungen

Fußbefestigung gehalten werden (Bild 164). Darauf steht wieder ein Druckkörper aus Ziegeln, und diese Belastungsklotze, mit denen auch die Spannseilenden der anderen Masten ausgerüstet sind, geben dem Blachfeld um das Nauener Sendehaus das Gepräge. (Siehe das Titelbild.) Sie sind hier ohne alle Rücksicht auf den architektonischen Gesamteindruck aufgeführt. Daß solche Bauwerke, ebenso wie die Wetterschutzeinfassung der Mastfüße, aber auch wohlgefällige Formen erhalten können, zeigen die Bilder 165 und 166.

Da Nauen seinen betriebsmäßigen Wirkungsbereich zu vergrößern strebt, ist eine Verdoppelung der B-Antenne und eine bedeutende Vergrößerung der A-Antenne geplant. Ein Teil der neuen A-An-



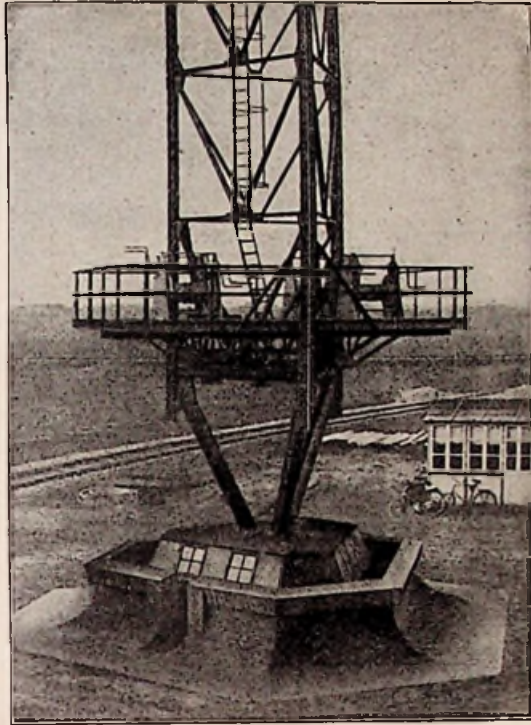
165. Pardunen-Verankerung der holländischen Großstation Assel
Die Mauerklötze sind vom Architekten sorgfältig durchgebildet
in den Haltesellen Isolatoren

tenne soll insbesondere dem Verkehr mit der Großstation bei Buenos Aires dienen, die augenblicklich von Telefunken erbaut wird. Da die Entfernung dorthin nahezu 12000 Kilometer beträgt, gegenüber 6500 Kilometern Abstand von Nordamerika, so muß der zum Verkehr

mit Argentinien zu verwendende Luftleiter eine weit stärkere Energie aufnehmen können. Der andere Teil der A-Antenne wird in der Lage sein, den Nord-Amerika-Dienst auch in den ungünstigsten Zeiten mit gesteigerter Sicherheit zu versehen.

Da die Sendungen von Nauen heute schon regelmäßig in China, Niederländisch-Indien und Mexiko aufgenommen werden, so wird die Stimme der Station alsdann mit verhältnismäßig einfachen Empfangsanlagen an allen Punkten der Erde gehört werden können. Bei Anwendung hoher Verstärkung ist das, wie wir wissen, bereits heute der Fall.

Die Erweiterung der Antennen ist nicht der einzige Plan, dessen Ausführung das heutige Aussehen der Station verändern wird. Diese ist vielmehr in allen ihren Teilen noch nicht fertig. Zwar hat sie die besten Einrichtungen, welche die heutige Technik für den Dauerbetrieb zur Verfügung stellt, aber die drahtlose Technik



166. Fuß eines Großmastes in Assel
Architektonische Ausbildung der Einfassung



167. Blick in das Innere eines Antennen-Großmastes

selbst schreitet ja unaufhaltsam fort und bringt immer neue Maschinen und Apparate in den Vordergrund. Das Nauen von heute ist daher keineswegs das Nauen von morgen.

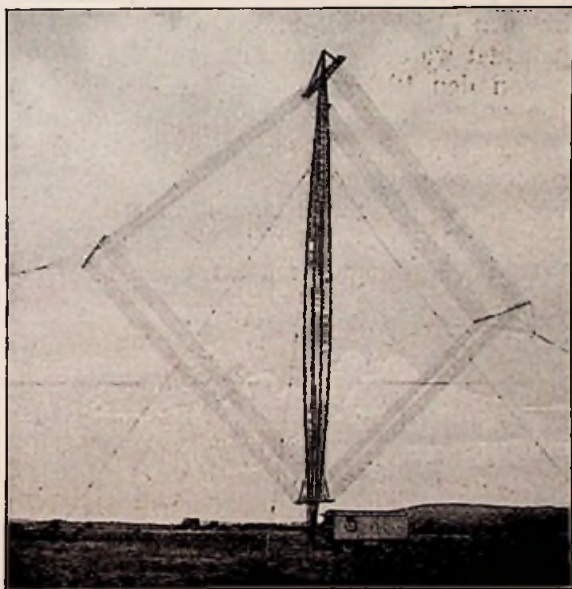
Die Station ist ausschließlich Sendestelle. Einrichtungen für das Aufnehmen drahtloser Nachrichten besitzt sie innerhalb ihrer Mauern nicht. Die zugehörige Empfangsstelle ist in der Nähe von Potsdam errichtet, und sie wollen wir nunmehr aufsuchen, nachdem unser Besuch des Baus auf dem havelländischen Luch beendet ist.

25. Geltow, das Ohr von Nauen

Seltsames Erlebnis! Ein Möbelwagen einsam inmitten eines weiten Feldes! Daraus tönt dem Wanderer auf dem ländlichen Weg schon in weiter Ferne ein merkwürdiger, rhythmisch unterbrochener Gesang, besser gesagt, ein Tönen entgegen; es klingt wie das Zirpen einer Legion Heuschrecken, die auf einen reinen musikalischen Ton dressiert sind: zirp zirp ziiiirp; ziiiirp ziiiirp zirp. Ein paar Kinder liegen im Gras und lauschen. Es wäre wohl kaum möglich, ihnen glaubhaft zu machen, daß diese Töne Botschaften von jenseits des Weltmeers sind.

Dieser Möbelwagen ist das Empfangs-„Haus“ von Geltow. Als am

23. Juli 1919 die auf Seite 215 erwähnte Aufforderung zur Aufnahme des Telegrammverkehrs mit Amerika, damals in Nauen selbst, eintraf, bestand in Geltow nur eine Laboratoriumsanlage. Da ihre Inbetriebnahme die bekannte Telefunkken-Eile gehabt hatte, war sie schnell in einen Möbelwagen geflüchtet. Jetzt hieß es, zur Ermöglichung des Duplexverkehrs die Versuchseinrichtung Hals über Kopf zur regelrechten Betriebsanlage auszubauen. In kürzester Zeit war diese hergerichtet, und trotz der Seltsamkeit und Enge des Empfangs-



166. Ein Möbelwagen als Empfangshaus
Ursprüngliche Einrichtung der Empfangsstelle Geltow mit getellter Rahmen-Antenne an hölzernem Mast

raums war es möglich, daß alsbald zwei amerikanische Stationen, New Brunswick und Annapolis, gleichzeitig empfangen werden konnten.

Der erste Versuch, eine Empfangsstelle für den Nauener Verkehr außerhalb dieser Station zu schaffen, war von Telefunken Ende 1917 gemacht worden. Damals ging man, um von der eigenen Sendeenergie genügend frei zu kommen, in eine Entfernung von 200 Kilometern, bis nach Naumburg. Als richtungsempfindliche Antenne wurde dort zunächst ein V-förmiger Luftdraht mit 900 Metern Schenkellänge errichtet. Bald aber ersetzte man diesen durch einen Braunschen Rahmen von 40 Metern Höhe. Die Betriebserfahrungen zeigten, daß eine bedeutende Annäherung an Nauen keine beträchtlichen Störungen verursachen würde. So zog man denn Anfang 1919 mit den Versuchsapparaten nach Geltow bei Potsdam, wo ein Rahmen gleicher Größe, an einem hölzernen Mast hängend, aufgerichtet wurde. Geltow ist nur 30 Kilometer von Nauen entfernt.

Von den 12 Windungen des Rahmens befanden sich je 6 auf jeder Seite des Mastes, und es stellte sich heraus, daß jede Hälfte gesondert benutzt werden konnte. Es wurden zwei Empfangseinrichtungen im Möbelwagen angeschlossen. Die eine arbeitete mit New Brunswick, das etwa 50 Kilometer nördlich von New York liegt, mit der Wellenlänge 13000 Meter, die andere empfing von Annapolis bei Washington mit der Welle 17000 Meter. Die Feinheit der



169. Das Innere des Möbelwagens von Geltow
Es konnte von zwei amerikanischen Stationen gleichzeitig empfangen werden

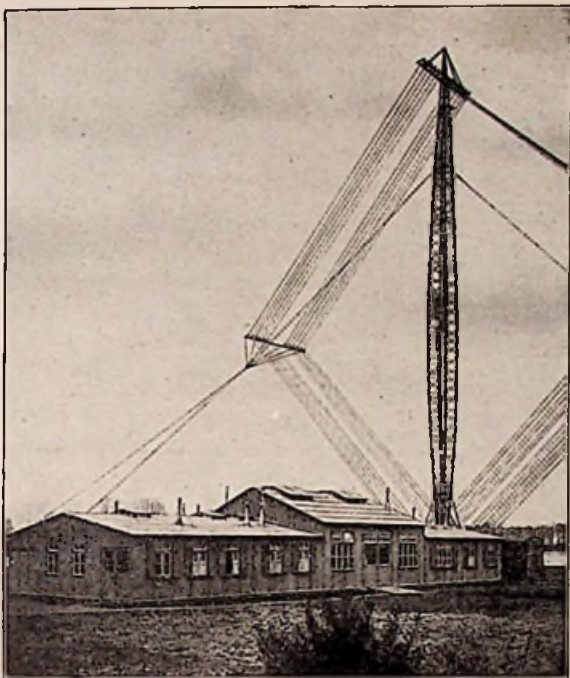
Abstimmung war so groß, daß hierbei keine gegenseitigen Beeinflussungen stattfanden, ja es stellte sich heraus, daß auch Lyon mit 15000 Metern Wellenlänge trotz des geringeren Unterschieds in der Frequenz gleichzeitig mit einer der Amerika-Stationen vorzüglich gehört werden konnte.

Länger als ein halbes Jahr hat der fahrbare „Prachtbau“ zur Bewältigung des räscher anwachsenden Telegrammverkehrs mit Amerika ausgereicht. Dann

konnte eine größere und bequemere Holzbaracke bezogen werden. Der Möbelwagen, von dem man sich nicht zu trennen vermochte, wurde wieder Laboratoriumszwecken dienstbar gemacht.

Der 40-Meter-Rahmen war so gerichtet, daß eine Kante auf den Mittelpunkt der Verbindungslinie von New York und Washington wies. Nauen lag ziemlich genau im rechten Winkel hiervon, so daß seine auf die Rahmenfläche prallende Energie infolge der Richtungsempfindlichkeit dieser Antenne unschädlich blieb, obgleich der Unterschied zwischen der Nauenwelle (12600 Meter) und der Welle von New Brunswick nur 7 v. H. betrug.

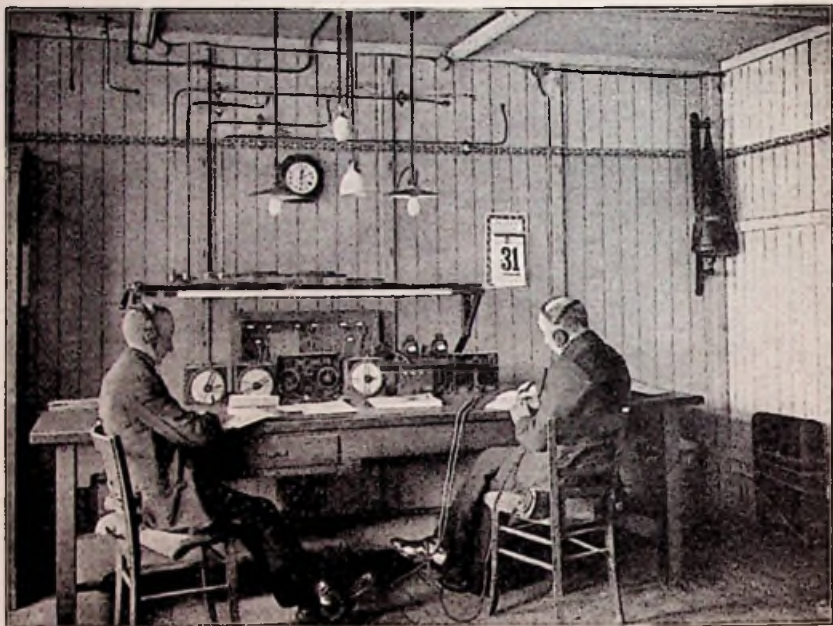
Der große Rahmen ist heute längst außer Betrieb gesetzt und an seine Stelle ein kleiner von nur 3 Metern Seitenlänge getreten, der in einem Raum innerhalb der Baracke untergebracht, also den Witterungseinflüssen entzogen ist. Ja es gelingt sogar, die Botschaften von Übersee mit einem Rähmchen von nur 20 Zentimetern Seitenlänge, also einer kleinen, auf den Tisch gestellten Spule zu empfangen. Mit einer Verstärkung durch 6 Röhren hört man die amerikanischen Zeichen hierbei noch in einem Abstand von einem Meter vom Empfangstelephon, bei Anwendung von 9 Röhren sind die Zeichen im ganzen Raum zu vernehmen. Wird, wie gewöhn-



170. Das heutige Empfangshaus von Gellow
Der große Rahmen wird nicht mehr benutzt

lich, der 3-Meter-Rahmen benutzt, so tönen die Morse-Rhythmen bei solcher Verstärkung durch die geöffneten Fenster über das Feld.

Die von Amerika kommenden Mitteilungen werden im Augenblick noch zum größten Teil mit dem Ohr aufgenommen, mehr und mehr aber geht man zum Empfang mit dem Schnell-Morse



171. Gellow empfängt von Amerika

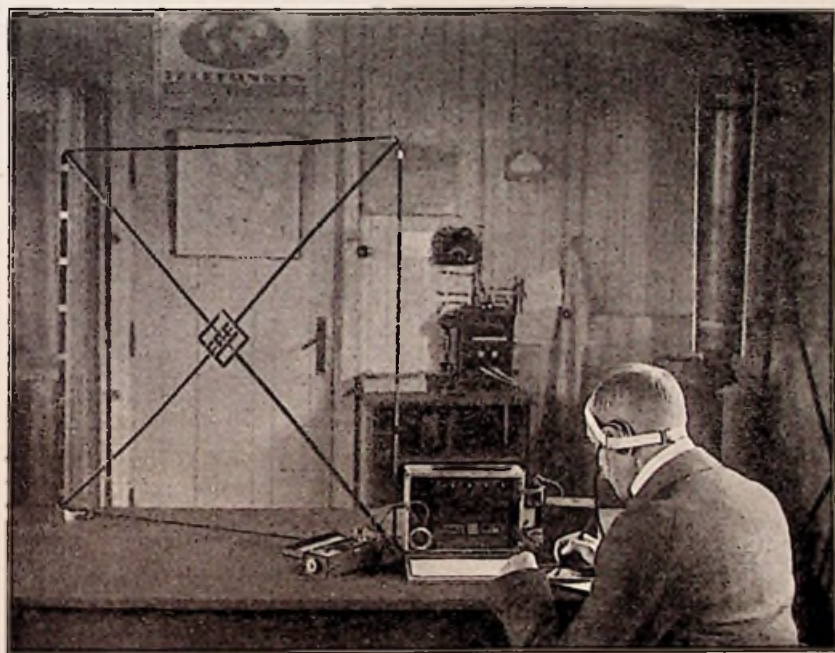
über, so daß zu erwarten ist, daß in kurzer Zeit die Schreibaufnahme das Normale geworden sein wird.

Ein zweiter Rahmen in Gellow ist für den Empfang von Rußland, Norwegen und Spanien aufgestellt. Er kann gedreht und daher leicht in die günstigste Stellung zu jeder dieser Stationen gebracht werden.

Wenn die Wellenlänge einer sendenden Fernstelle nur um wenige Prozent von der Nauen-Welle abweicht, so ist es heute nicht mehr nötig, darauf zu achten, daß die Wellenzüge senkrecht zur Rahmenfläche ankommen. Die Auslesekraft der Empfangs-Einrichtungen ist so groß, daß Nauen dann auch bei günstigster Lage zum Rahmen stumm bleibt. Das Optimum des Empfangs wird jetzt ohne Rücksicht auf die eigene Sendestation dann erzielt, wenn die Verbindungslinie mit dem gerade vorhandenen Gewitterzentrum in den ungünstigsten Winkel gebracht werden kann. Man stellt den Rahmen so lange ein, bis die atmosphärischen Störungen mit ihren wechselnden Wellenlängen ein Minimum erreicht haben.

Der Hauptvorteil, den die Duplex-Einrichtung bietet, ist, wie wir wissen, daß die Sende-Antenne und damit die gesamten Sende-Einrichtungen dauernd zum Abschicken von Telegrammen benutzt werden können. Ein nicht unwichtiger Nebenvorteil entsteht aber auch dadurch, daß der empfangende Telegraphist, sobald er ein Wort nicht verstanden hat, die Gegenseite sofort zur Wiederholung auffordern kann.

Damit die Beamten in Geltow so zu handeln vermögen, befindet sich auf jedem Empfangstisch eine Taste, die durch Drahtleitung mit dem Nauener Sendetisch verbunden ist. Sowie die amerikanischen Mitteilungen unverständlich werden, betätigt der Empfangstelegraphist diese Taste, wodurch er den sendenden Kollegen in Nauen zunächst automatisch abschaltet und nun selbst das Tastrelais von Nauen betätigt. Die Empfangsstelle der Gegenstation drüben vernimmt alsdann die Zwischenfrage. Erst wenn diese beendet ist, kann der



172. Eine Hochleistung der Verstärkerröhren
Auch mit einem so kleinen Rahmen kann man Amerika heute bequem im Herzen von Deutschland hören

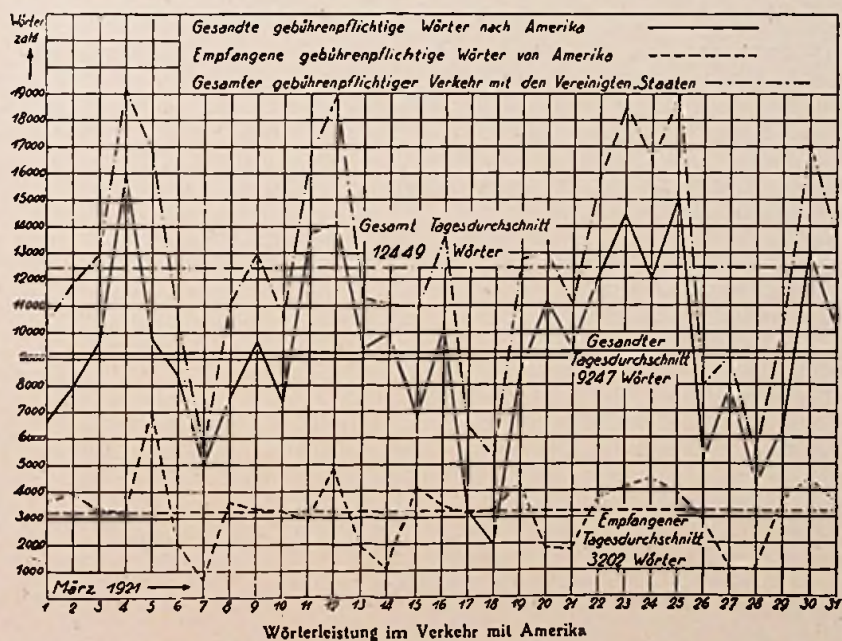
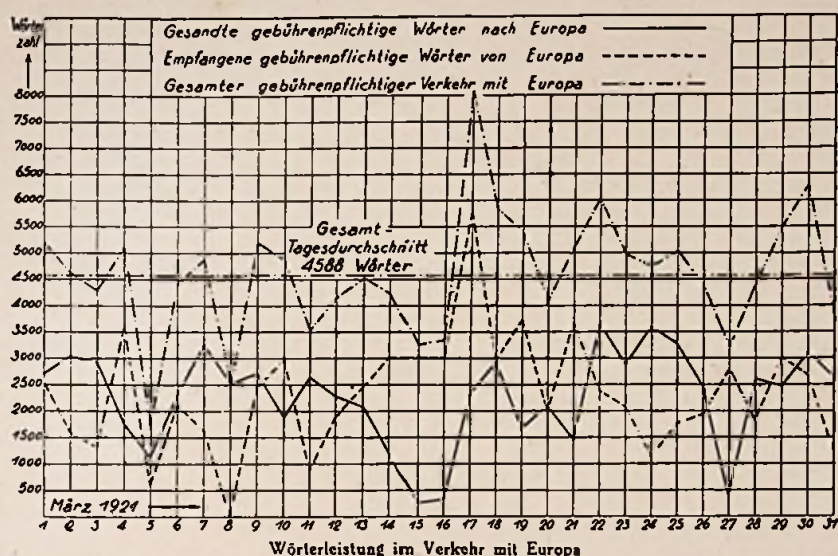
Sendebeamte in Nauen seine Taste wieder einschalten und weiterarbeiten.

Weit bequemer wird es natürlich sein, wenn das Empfangstelephon von Geltow oder der aufnehmende Morse-Schreiber sich ebenso wie die Taste von Nauen in Berlin befinden werden, wo

dann der Sende- und der Empfangsbeamte eng benachbart am gleichen Tisch sitzen können. Nach kurzer Zeit wird diese Vereinigung geschehen sein.

Indessen wird auch die eigentliche Empfangsanlage noch näher an Nauen heranrücken. Man beabsichtigt ihre Unterbringung im Havelland so nahe am Sendehaus, daß man von dessen Dach aus die Brudersiedlung wird sehen können.

Eine gute Übersicht der Leistungen von Nauen und Geltow im März 1921 geben die Kurven auf Bild 173.



173. Der Verkehr Amerika—Nauen und Nauen—Amerika
Übersicht der Wörterleistungen im März 1921

26. Funkbetrieb im In- und Ausland

Der Raum um die Erde wird heute ununterbrochen von den Impulsen der drahtlosen Telegraphie durchzuckt. Die Tastrelais der Großstationen schlagen Tag und Nacht und lassen von den gewaltigen Antennen kraftvolle elektromagnetische Schwingungen ausstrahlen. Die drahtlose Telegraphie hat einen Teil des Verkehrs zwischen den Ländern und zwischen den Erdteilen tatsächlich an sich gerissen. Das Zeitalter der Versuche ist vorbei, der Betrieb hat begonnen.

Solange er nur über Land hinweggeht, wenn er lediglich zur Verbindung von Staaten desselben Erdteils dient, wird er allenthalben freudig begrüßt. Denn es gibt heute kein Reich, in dem das Netz der Drähte nicht unzureichend wäre, so daß die neue Fernmelde-technik, die ohne die Auslegung von Leitungen zu arbeiten vermag, eine treffliche Ergänzung darstellt. Ein wenig anders jedoch denken über sie die Leiter der großen Kabelgesellschaften. Denn die Gefahr für ihren Besitzstand wird immer bedrohlicher.

Eine neue Möglichkeit, Nachrichten über die Meere zu senden, ist erstanden, an die Stelle der streng überwachten schmalen Drahtwege trat der freie Raum, der allen gehört und nicht monopolisiert werden kann. Trotzdem sehen die Börsen mit Recht jetzt noch keinen Grund, Kabelaktien als entwertet zu betrachten. Die Völker diesseits und jenseits der Ozeane haben einander so viel mitzuteilen, daß beiden Arten der Nachrichtenübermittlung genügend viel Aufträge zufließen.

Die Kabel sind alteingebürgert, das Publikum ist an sie gewöhnt, ihre Betriebsbereitschaft in jedem Augenblick ist gesichert, und sie üben die Tugend der Verschwiegenheit. Die Tatsache, daß ein jeder auch drahtlos nach Übersee telegraphieren kann, ist längst noch nicht allgemein bekannt; selbst der Großkaufmann denkt nicht in allen geeigneten Fällen daran. Die Verbindungen zwischen den Großstationen versagen hin und wieder infolge atmosphärischer Störungen, und das Abhören der Antennenstrahlung durch Fremde ist immer möglich, wenn auch bei den heutigen Sendemethoden der Großstationen nur unter Aufwendung sehr erheblicher Mittel.

Man sollte nun meinen, daß die drahtlose Beförderung von Telegrammen bedeutend billiger sein kann als das Kabeln, weil ja die Auslegung der teuren und schwierig zu unterhaltenden Unterseestränge wegfällt. Dieser Vorteil wird aber reichlich aufgewogen durch die gewaltigen Einrichtungen, die als drahtlose Sende-Anlagen zur Verfügung stehen müssen. Während die Kabelstation mit dem Strom bescheidener Batterien von Elementen oder Akkumulatoren arbeitet, braucht die drahtlose Großstation mächtige Maschinen für die Energie-Erzeugung. Die folgenden Angaben des Direktors der Gesellschaft Transradio, Solff, zeigen, wie die Dinge heute liegen:

„Man kann als richtig annehmen, daß sich die Anlagekosten eines Überseekabels zu den Anlagekosten einer drahtlosen Verbindung, wenn man die Strecke Deutschland—Amerika = $\frac{2}{3}$ Erdquadranten zugrunde legt, etwa wie 2 zu 1 verhalten, d. h. die drahtlose Verbindung verlangt nur etwa 50 v. H. des stehenden Kapitals, das die Kabelverbindung benötigt. Dafür sind bei der drahtlosen Verbindung die jährlichen Aufwendungen, d. h. also das umlaufende Kapital, etwa doppelt so hoch wie bei dem Kabel, so daß die Gesteungskosten für das übermittelte Wort zu 5 Buchstaben bei beiden Verkehrsarten ungefähr gleich sind. Dies würde bedeuten, daß bei gleicher Wörterleistung die drahtlose Telegraphie in keinem Fall billiger arbeiten kann als das Kabel. Nun ist aber bekannt, daß die Höchstleistung eines Tiefseekabels trotz aller technischen Kunstgriffe auf einer Strecke von etwa 6—7000 Kilometern mit 175 Buchstaben = 35 Wörtern in der Minute erreicht ist. Bei der drahtlosen Telegraphie gibt es eine solche Begrenzung der Höchstleistung nicht. Es ist schon jetzt möglich, bei Schnellbetrieb mit Maschinensendern auf Großstationen 300 Buchstaben = 60 Wörter in der Minute zu senden, und die angestrebte Leistung von 100 Wörtern = 500 Buchstaben ist nur noch eine Frage der Zeit.

„Da ferner moderne Großstationen mit Hochfrequenzmaschinen-Sendern, wie Nauen, einen 24stündigen Dauerverkehr bei gleichzeitigem Senden und Empfangen durchzuhalten vermögen, so ist es klar, daß in dieser Richtung die Entwicklungsmöglichkeiten des drahtlosen Verkehrs im Konkurrenzkampf mit dem Kabel liegen. Je höher die Wörterleistung, desto geringer kann bei genügend großer Verkehrsfrequenz die Taxe für das einzelne Wort gehalten werden. Die Marconi-Gesellschaft, ebenso die Radio Corporation of America haben auf ihren eigenen Linien schon jetzt den Satz für drahtlose Wortübermittlung auf etwa $\frac{2}{3}$ der Worttaxe für das Kabel festgesetzt. Pressetelegramme werden dabei zu $\frac{1}{3}$ des Tarifs für gewöhnliche Telegramme übermittelt.“ Auch in Deutschland, wo die Tarifffrage durch das Reichspost-Ministerium geregelt wird, ist die Gebühr für Funktelegramme niedriger gehalten als für Kabeldepeschen.

Mag also das Kabel auch in vielen Beziehungen ebenbürtig sein, so muß heute doch jedes Land, das seinen Platz an der Sonne der Weltwirtschaft zu haben wünscht, am drahtlosen Verkehr beteiligt sein. Es gewinnt dadurch, wenn nur genügende Sendekräfte zur Verfügung stehen, die Möglichkeit, mit jedem anderen Staat in unmittelbare telegraphische Verbindung zu treten, es wird frei von der Kontrolle durch die Länder mit großem Kabelbesitz. Die Überzeugung von der Wichtigkeit drahtloser Großstationen ist denn auch heute bereits in allen fünf Erdteilen durchgedrungen, ein Weltfunknetz hat sich herausgebildet.

Der weitaus größte Teil der Anlagen, die hierzu gehören, ist zunächst durch den Wunsch der Staaten mit Kolonialbesitz entstanden, eine bequeme und völlig unabhängige Verbindung mit den durch Meere abgetrennten Landesteilen zu haben. Aber die Weiterführung des Gedankens ist deutlich zu beobachten; immer mehr werden die Großstationen zu richtigen Übersee-Telegraphenanstalten ausgebildet.

Die ordnungsmäßige Abwicklung des Verkehrs im Raum, der allen gemeinschaftlich ist, kann nur auf Grund einer Verständigung stattfinden. Es muß dafür gesorgt sein, daß nicht die eine Großstation alle anderen in den Nachbarländern stört, indem sie zu gleicher Zeit mit gleichen Wellenlängen sendet. Die internationalen Funkkonferenzen, zu denen sich die Staaten vor dem Krieg vereinigten, haben rechtliche Bindung nur für den Verkehr von Schiff zu Schiff und zwischen Schiff und Küste vereinbart. Denn damals war die drahtlose Technik noch nicht so weit entwickelt, daß allgemein gültige Vorschriften für Großstationen hätten aufgestellt werden können. Diese Konferenzen werden deshalb erst im nächsten Abschnitt besprochen. Der Großverkehr zwischen den Festländern hat sich während des Kriegs und nach diesem selbsttätig geregelt.

Ein jeder nimmt auch ohne geschriebene Verpflichtung Rücksicht auf den anderen, da er selbst auch wieder von diesem abhängig ist. Die Wellenlängen, die von den einzelnen Großstationen angewendet werden, sind so ausgesucht, daß der eine dem anderen nicht ins Gehege kommt. Bei der ausgezeichneten Abstimmfähigkeit der heutigen Empfangsanlagen genügen Abweichungen von wenigen Prozent dafür, daß unerwünschte, gleichzeitig Sendende nicht mitgehört wird.

Wenn zwei Großstationen einen regelmäßigen täglichen Verkehr miteinander pflegen, was heute stets im Duplexbetrieb geschieht, so sind sie entweder ständig für den Empfang voneinander bereit, oder sie stellen sich hierfür zu vorher verabredeten Zeiten ein. Will aber eine Stelle Telegramme an eine andere absetzen, mit der sie nicht in dauerndem Austausch steht, so kann sie diese jeder Zeit errufen. Für solchen Zweck wird die international vereinbarte Rufzeichen-Anordnung gewählt. Es werden hierbei nicht die wirklichen,

sondern die Betriebsnamen der einzelnen Stationen angewendet. Diese sind der Bequemlichkeit halber immer nur aus 2 oder 3 Buchstaben gebildet und werden durch das im nächsten Abschnitt erwähnte Internationale Büro in Bern allgemein bekannt gemacht.

Es wird zuerst dreimal der Name der gerufenen und hierauf dreimal der Name der rufenden Station unter Voransetzung des Wörtchens „von“ gesendet. Zum Beispiel:

eab eab eab von irb irb irb

(Name der gerufenen Station) (Name der rufenden Station)

Die gewünschte Empfangsstelle wird sogleich oder nach einiger Zeit, wenn sie, wie üblich, mit gleitender Abstimmung in den Raum hinaushorcht, antworten und entweder mitteilen, daß sie anderweitig besetzt ist oder aufnehmen kann. Im letzten Fall gibt sie dreimal den Namen des Rufenden, hierauf „von“ sowie einmal den eigenen Namen und schließt mit dem internationalen Zeichen der Empfangsbereitschaft k. Wenn alsdann das Telegramm abgesetzt ist, gibt die empfangende Stelle sofort Quittung, oder sie läßt sich Nichtverstandenes wiederholen und quittiert erst dann, wenn der ganze Text ordentlich eingegangen ist.

Die erste Großstation ist von der Marconi-Gesellschaft bei Poldhu im Südwesten der britischen Insel, in Cornwall, errichtet worden. Hier wurde an einem Tag des Jahres 1901 von der Gegenstation St. Johns auf Neufundland das Zeichen . . . = s empfangen. Dieses über den Ozean geflogene s ist die Urzelle des drahtlosen Überseeverkehrs. Die Entfernung betrug 2800 Kilometer.

Ein regelmäßiger Betrieb konnte erst eröffnet werden, nachdem die stärkeren Großstationen Clifden in Irland und Glace Bay in Kanada fertiggestellt worden waren. Vom 17. Oktober 1907 ab fand zwischen ihnen ein leidlich geregelter Telegrammaustausch statt. Von England her die Vereinigten Staaten über 5000 Kilometer hinweg zu erreichen, glückte damals noch nicht, während die heutige Technik die Mittel gibt, selbst den 20 000 Kilometer entfernten wohnenden Antipoden Telegramme unmittelbar zuzusenden, wenn dies als wünschenswert erachtet würde und wirtschaftlich durchführbar wäre.

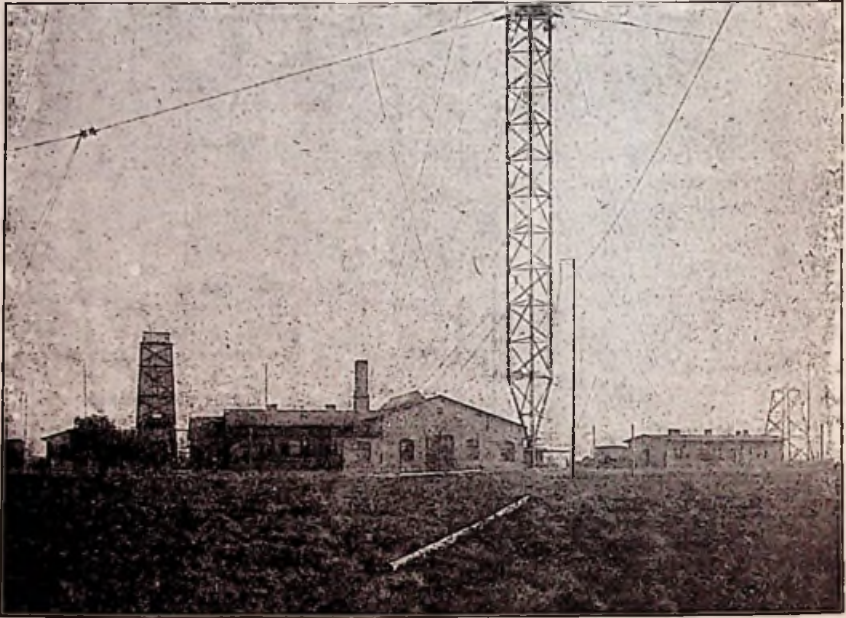
Wir betrachten jetzt die Hauptknotenpunkte in dem Funknetz, das heute die Erde umspannt.

Deutschland unterhält mit den folgenden Ländern regelmäßige funktelegraphische Verbindung: England, Norwegen, Schweden, Holland, Ungarn, Bulgarien, Rumänien, Südslawien, Italien, Spanien, Vereinigte Staaten von Amerika. Hierfür stehen drei Großstationen zur Verfügung: Nauen, Eilvese und Königs-Wusterhausen.

Nauen und Eilvese versehen den Amerikadienst, Nauen arbeitet ferner mit Spanien, Italien, Rußland und Rumänien. Die Abwick-

lung des Verkehrs mit England, Norwegen, Schweden, Ungarn, Bulgarien und Südslawien erfolgt durch die Station Königs-Wusterhausen. Nur für das eng benachbarte Holland wird eine kleinere Funkstelle in Hamburg benutzt.

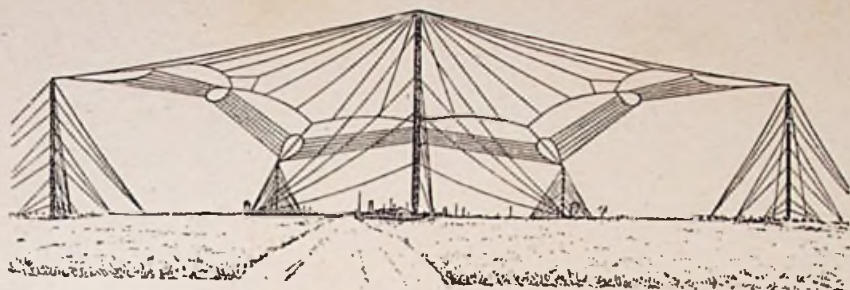
Die Geschichte und die Einrichtungen von Nauen sind uns aus den vorhergehenden Abschnitten bekannt. Die Großstation Eilvese liegt nordwestlich von Hannover im Toten Moor. Die weltabgelegene Stelle wurde wegen des hohen Grundwasserstands gewählt. Inmitten des sumpfigen Geländes befindet sich eine Sandinsel, auf der das



174. Großstation Eilvese im Toten Moor bei Hannover

Gebäude und der Hauptmast errichtet sind. Dieser hat eine Höhe von 250 Metern. In einem Kreis von 920 Metern Durchmesser wird er von sechs weiteren Masten umstanden, die je 122 Meter messen. Sie sind nach der Bauart Rendahl aus Stahlrohren zusammengesetzt, ruhen, wie die Nauener Antennenstützen, mit einem Kugelgelenk auf dem Fundament und werden von Pardunen gehalten. Die Masten tragen zwei Antennen. Die eine von diesen hat Schirmform, die andere ist als Ring ausgebildet. Beide Luftleiter können gleichzeitig zum Senden benutzt werden, wobei der Schirm eine Wellenlänge von 7000 bis 10000 Metern, der Ring eine Wellenlänge von 14000 Metern strahlt.

Der Betriebsstrom wird von dem Kraftwerk Dörverden an der Weser als Drehstrom von 15000 Volt Spannung geliefert. Zur Aus-



175. Die Luftleiter-Anlage von Ellvese
Schirm-Antenne und Ring-Antenne

hilfe stehen fünf Dieselmotoren von zusammen etwa 1000 Pferdestärken zur Verfügung. Zwei Elektromotoren treiben die beiden Goldschmidt-Hochfrequenzmaschinen, die bereits auf Seite 124 besprochen wurden. Die Empfangsstelle befindet sich in einer Entfernung von 5 Kilometern bei dem Dorf Hagen.

Die Anlage ist in den Jahren 1911—13 von der Hochfrequenzmaschinen-Gesellschaft (Homages), einer Gründung der Firma C. Lorenz in Berlin, errichtet worden. Die Station wechselte in dem letztgenannten Jahr die ersten Telegramme mit der von der gleichen Gesellschaft erbauten Gegenstation Tuckerton in den Vereinigten Staaten. Während des Kriegs hat Ellvese, ebenso wie Nauen, bis zur Kriegserklärung der Vereinigten Staaten mit diesen gearbeitet und Deutschland vorzügliche Dienste geleistet.

Eigentümerin ist jetzt die Ellvese-G. m. b. H., eine Zweiggesellschaft von Transradio (Drahtloser Überseeverkehr Aktiengesellschaft). Der Betrieb von Nauen und Ellvese wird durch Transradio geführt. Die Gesellschaft hat zu diesem Zweck von der Reichstelegraphen-Verwaltung eine auf 30 Jahre lautende Konzession erhalten. Der gemeinschaftliche Betrieb gibt die Möglichkeit, Telegramme für Amerika jederzeit über diejenige der beiden Stationen zu schicken, die weniger belastet ist, sodaß die Abfertigung beschleunigt wird. Ellvese wird künftig von dem Reichspostgebäude an der Ecke der Oranienburger und Artilleriestraße in Berlin her getastet werden, das in unmittelbarer Nähe des Haupttelegraphenamts liegt und mit diesem durch einen kurzen Rohrpoststrang verbunden werden soll. Wenn sich auch die Nauener Taste dort in demselben Raum befinden wird, kann sich das Zusammenarbeiten der beiden Großsendestellen in bequemster Weise vollziehen. In dem Erdgeschoß des Gebäudes wird auch eine besondere Annahmestelle für Funktelegramme eingerichtet, und es besteht weiter die Absicht, den gesamten Funkbetrieb aus dem Haupttelegraphenamt dorthin zu überführen. Die Bedienung von Nauen und Ellvese wird weiter von Beamten der Gesellschaft Transradio besorgt werden.

Die Gegenstationen für Nauen und Eilvese jenseits des Ozeans sind im Besitz der Radio Corporation of America, die in engen Beziehungen zu Transradio steht. Sie besitzt die Großstationen Marion, New Brunswick, Tuckerton und die erst kürzlich fertig gestellte große Anlage Radio Central auf Long Island bei New York. Meist wird mit Radio Central gearbeitet, nach Bedarf können aber auch die übrigen Stationen herangezogen werden. Es wird in kurzem dafür gesorgt sein, daß Nauen wie Eilvese gleichzeitig mit mehreren Gegenstationen zu arbeiten vermögen.

Der drahtlose Verkehr dieser beiden Stellen beschränkt sich nicht nur auf den Austausch von Telegrammen mit Nordamerika, es werden auch Depeschen darüber hinaus nach Mittel-, Südamerika und Ostasien befördert. Alle Telegramme, die drahtlos gesendet werden sollen, können, mit dem Leitvermerk „Transradio“ versehen, auf jedem deutschen Postamt aufgegeben werden. Die Gebühren sind aus einer Tafel zu ersehen, die an jedem Postschalter käuflich ist. In Telegrammen nach New York kostet das Wort augenblicklich 18,50 Mark, nach Mexiko 27,50 Mark, nach Haiti 63,50 Mark, nach Venezuela 90,50 Mark. Diese Taxen sind abhängig von der Mark-Valuta.

Außer dem Handelsverkehr wird auch ein umfangreicher Pressedienst unterhalten, insbesondere in der Richtung von Deutschland nach Amerika. Die Gebühr beträgt hierfür etwa ein Viertel der gewöhnlichen Wortgebühr. Die in Deutschland befindlichen Vertreter amerikanischer Zeitungen machen von dieser Möglichkeit der drahtlosen Nachrichtenübermittlung in bedeutendem Umfang Gebrauch. Auf diesem Weg allein kann die deutsche Presse drüben direkt und unkontrolliert mit Nachrichten von hier versorgt werden.

Die Gesellschaft Transradio hat es sich zur weiteren Aufgabe gemacht, direkte funktelegraphische Verbindungen Deutschlands mit Argentinien, Brasilien, Mexiko, Kolumbien, Java und darüber hinaus nach Ostasien herzustellen. Bei Monte Grande in der Nähe von Buenos Aires baut die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie eine Großstation für die Compania Transradio Argentina nach dem Muster von Nauen, die im Lauf des Jahrs 1923 fertig werden und hauptsächlich zum Verkehr mit Deutschland bereitstehen wird. Schon heute ist eine Empfangsanlage in Argentinien vorhanden, welche Nachrichten von Nauen aufnimmt. Bei Malabar auf Java geht ein weiterer Großbau von Telefunken der Vollendung entgegen. Die Station wird mit Assel in Holland und Nauen verkehren. Es wird so die Möglichkeit gegeben, daß Deutschland funktelegraphisch mit allen wichtigeren Ländern auf der Erde unmittelbar verkehren kann.

Während der Amerikadienst von Nauen mit der 400 Kilowatt-Anlage und der großen A-Antenne besorgt wird, steht für das Senden

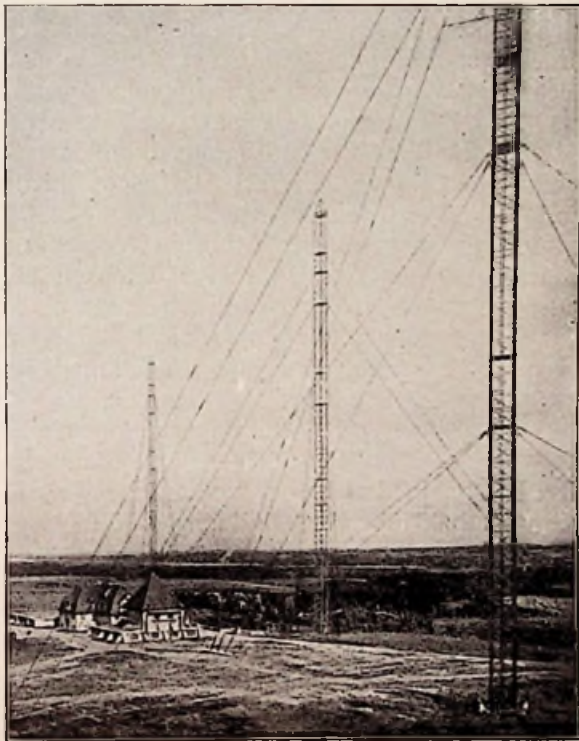
nach Spanien, Italien, Rußland und Rumänien die 130-Kilowatt-Anlage mit der kleineren B-Antenne zur Verfügung.

Die Funkstelle Königs-Wusterhausen liegt auf einem Hügel unweit des Schloßchens, in dem Friedrich Wilhelm I. sein Tabakskollegium abzuhalten pflegte. Die Station wurde während des Kriegs von Telefunken für besondere Zwecke errichtet und 1919 von der Reichstelegraphenverwaltung übernommen. Königs-Wusterhausen ist heute die Hauptstation für den Reichsfunkdienst, von dem wir alsbald zu sprechen haben werden. Welche Auslandsverbindungen die Station außerdem noch unterhält, ist bereits erwähnt worden.

Sie besitzt eine eigene Kraftanlage, bestehend aus 3 Dieselmotoren zu 150 Pferdestärken. Es sind 5 Antennenstützen von je 150 Metern Höhe errichtet, an denen Luftdrähte von T-Form in großer Zahl hängen.

In der Station Königs-Wusterhausen, die sich in ständiger Fortentwicklung befindet, trifft man Sender für ungedämpfte Schwingungen aller Bauarten an. Es arbeiten dort Poulsen-Sender der Bauart Lorenz von 4 und 32 Kilowatt, kleine Hochfrequenzmaschinen sowie 10 Telefunken-Röhrensender von 800 Watt bis 10 Kilowatt.

Die Empfangsstelle befindet sich in Zehlendorf, wo zahlreiche Rahmenantennen für den Empfang aus verschiedenen Richtungen aufgestellt sind. Das Tasten aller Sender in Königs-Wusterhausen erfolgt im Haupttelegraphenamt zu Berlin, wo auch die eigentlichen Empfangsapparate, Abhörtelephone und Morse-Schreiber, untergebracht sind.



176. Königs-Wusterhausen
Die Groß-Funkstelle der Reichspostverwaltung

Die Hauptstationen in England sind Carnavon für die Verbindung mit den Vereinigten Staaten, Clifden für Kanada, Poldhu, das hauptsächlich mit Italien und Spanien arbeitet, Cleethorpes, das häufig mit Malta verkehrt, und die Marinestation Horsea.

Es bestehen weitgreifende Pläne für die Errichtung eines englischen Weltfunknetzes, „The Imperial Chain“ genannt. Der Staatssekretär für die Kolonien hat als Vorsitzender des Staatsverkehrskomitees einen Ausschuß eingesetzt, der Vorschläge unter Berücksichtigung der neuesten Erfindungen machen soll. Die zu überbrückende Entfernung zwischen den einzelnen Stationen soll zur Sicherung eines zuverlässigen Verkehrs, wenn angängig, nicht mehr als 4000 Kilometer betragen. Der Plan sieht Haupt- und Nebenlinien vor, durch die es England ermöglicht werden soll, drahtlose Verbindung mit jedem Teil des Reichs zu unterhalten. Außerdem soll jeder Reichsteil in den Stand gesetzt werden, mit jedem entsprechend ausgerüsteten Schiff in Verkehr zu treten, gleichviel in welchen Meeren es sich in den Grenzen etwa zwischen 60 Grad nördlicher und 50 Grad südlicher Breite aufhält. Als Grundlage für das Netz sind vorläufig in Aussicht genommen:

- 30 Hauptgroßstationen,
- 50 Hauptstationen,
- 100 Zubringerstationen,
- 200 kleinere Lokalstationen.

Der Personalbedarf hierfür wird auf mehr als 17000 Köpfe geschätzt, darunter 2200 Ingenieure und über 9000 Telegraphisten. Die folgenden Linien sollen unter anderen ausgeführt werden:

- Von England nach Indien und von da nach Singapore, Australien und Neuseeland; hierzu eine Zweiglinie Singapore—Hongkong
- von England nach Ägypten und von da nach Ostafrika und Südafrika
- von England über Ägypten nach Indien
- von England nach Westafrika und von dort nach Südafrika
- von England nach den Westindischen Inseln
- von England nach Montreal in Kanada und von da nach Vancouver am Stillen Ozean
- von Vancouver nach Australien (zunächst nur Nachtdienst).

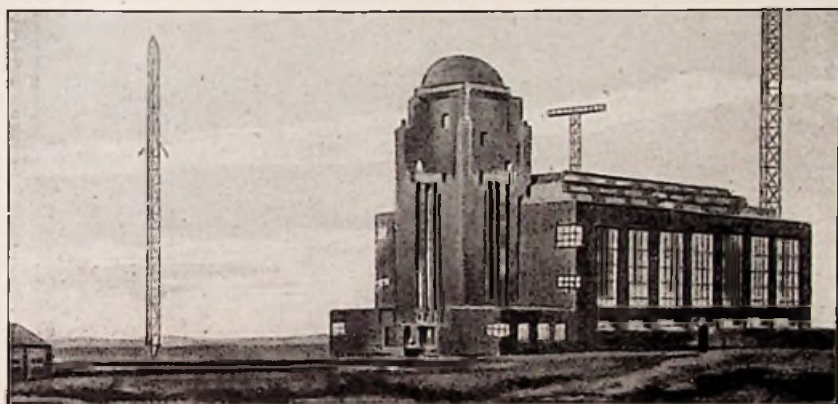
Es darf als sicher angenommen werden, daß diese weitausgreifenden Pläne in nicht allzu ferner Zeit Wirklichkeit geworden sein werden.

Auch Frankreich will seinen Kolonialbesitz funktelegraphisch fest an das Mutterland anschließen. Geplant hierfür sind: je eine Großstation bei Nantes (Nordwesten) für den Verkehr mit den Vereinigten Staaten, bei Bordeaux (Südwesten) für Brasilien und Martinique, bei Arles (Süden) für Nordafrika, bei Nimes (Süden) für Senegambien

und Djibouti. In jeder wichtigeren Kolonie soll eine Sendestelle mit einer Reichweite von 4000 bis 7000 Kilometern errichtet werden. Die Verwaltung der Post und Telegraphie hat ferner einen Vertrag mit der Compagnie Générale de Télégraphie sans Fil abgeschlossen, die eine Zentralstation in Paris mit vier stärksten Sendern und ebenso vielen Empfangsanlagen schaffen soll. Die Station ist für den Verkehr mit europäischen und überseeischen Ländern bestimmt.

In Italien arbeiten Rom und Coltano bei Pisa mit Europa, den Vereinigten Staaten, Abessinien und Tripolis.

Holland baut zur Zeit eine Großstation in Assel bei Kotwijk, deren Hauptgegenstation Malabar auf Java sein wird. Bei der Errichtung beider Anlagen ist die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie



177. Ein Palast der Funktechnik
Die holländische Großstation Assel

hauptsachfend tätig. Assel wird architektonisch besonders großartig durchgebildet und mit Telefunkenapparaten betrieben werden.

Die belgische Regierung plant die Errichtung einer Großstation zur Verbindung mit Amerika und der Kolonie am Kongo.

Polen hat die Lieferungen für eine Großstation bei Warschau an die Radio Corporation of America vergeben; es soll durch die Anlage mit Europa und den Vereinigten Staaten verkehrt werden.

Die norwegische Großstation Stavanger ist in Verbindung mit Marion in Nordamerika. Schweden wird eine Anlage für den gleichen Verkehr schaffen. Spanien betreibt größere Sendestellen in Aranjuez, Barcelona und Carabanchel bei Madrid.

Die Vereinigten Staaten von Amerika werden in nicht allzu langer Zeit gleichfalls ein umfassendes Netz besitzen. Außer den zahlreichen Großsendestellen für den Verkehr im eigenen Land und mit Europa bestehen oder sind geplant Anlagen in Guantanamo auf Cuba, in Pearl Harbour auf Honolulu, in Darien (Panama),

Cavite (Manila), Guam (Kabelstation in den Marianen-Inseln), Guatemala, Brasilien, Argentinien und China.

Den Auslandfunkverkehr Japans besorgen die Stationen Haranomachi und Funabashi; die letzte ist von Telefunken erbaut.

Die folgende Liste gibt eine Zusammenstellung über die wichtigsten im Betrieb befindlichen drahtlosen Großstationen auf der Erde, ohne auf Vollständigkeit Anspruch zu machen, da offizielle Angaben der einzelnen Staaten nicht vollständig vorliegen.

Land	Name	Ruf- zeichen	Land	Name	Ruf- zeichen
Deutschland	Nauen	poz	Finnland	Helsingfors	oja
"	Eilvese	oui	Italien	Coltano	ici
"	Königs-Wuster-		"	Rom	ido
"	hausen	lp	Malta	Rinella Bay	byz
"	Norddeich (Küsten- station)	kav	Japan	Funabashi	jjc
Österreich	Deutsch-Allenburg	ohd	"	Haranomachi	
Ungarn	Budapest	hb	Eritrea	Massaua	icx
Tschechien	Prag	prg	Sudan	Charthum	
Südslawien	Sarajevo	hfb	Südafrika	Durban	vnd
Rumänien	Bukarest	buc		Port Nolloth	bjz
Türkei	Konstantinopel	osm	Ver. Staaten	Annapolis	nss
Rußland	Moskau	msk	"	Bolinas	ket
England	Carnavon	muu	"	New Brunswick	wii
"	Clifden	mft	"	Tuckerton	wgg
"	Horsea	byc	"	Marion	wso
"	Poldhu	mpd	"	Sayville	ndd
"	Cleethorpes	byb	"	Rocky Points (Long Island)	wqk
"	Stonehaven	gsw	Kanada	Glace Bay	gb
Frankreich	Eiffelturm	fl	Kolumbien	Cartagena	ctg
"	Lafayette (Bordeaux)	ly	Peru	Iquitos	
"	Lyon	yn	Uruguay	Cerrito	cwa
"	Nantes	ua	Australien	Sidney	vis
Spanien	Aranjuez	eaa	(Festland)		
"	Barcelona	eab	"	Fremantle	
"	Carabanchel	egc	Neuseeland	Avanui	vla
Holland	Amsterdam	pca	"	Avarua Point	vlb
Norwegen	Stavanger	lcm	Samoa-Inseln	Apia	vmg
"	Kristiania	lch	Hawai-Inseln	Pearl Harbour	npm

Im Anfang des Jahres 1919 bemühten sich die ehemaligen deutschen Heeresfunker, die Errichtung eines besonderen Reichsfunkamts neben dem Reichspostministerium zu erwirken. Die Verhandlungen mit der Regierung hätten vielleicht auch zu diesem Ergebnis geführt, wenn nicht Bredow als sachverständiger Berater hinzugezogen worden wäre und darauf aufmerksam gemacht hätte, daß die verwaltungstechnische Trennung der Funktelegraphie von der Drahttelegraphie die unheilvollsten Wirkungen haben müßte.

Bredow hatte erkannt, daß die Möglichkeit, leitungslos zu telegraphieren, allein imstande sein würde, den völligen Zusammenbruch des

Nachrichtenverkehrs mit dem Ausland zu verhindern. Das Draht- und Kabelnetz reichten bei weitem nicht mehr aus, und die Leitungen befanden sich zudem in einem sehr schlechten Unterhaltungszustand. Der Sachverständige vermochte die Vertreter der Regierung davon zu überzeugen, daß beide Arten der Telegraphie gemeinschaftlich dem Reichspostministerium unterstellt werden mußten. Die Zustimmung hierzu wurde erteilt, und gleichzeitig wurde Bredow von Staatssekretär Rüdlin aufgefordert, die Leitung der neuen Funkabteilung im Ministerium zu übernehmen. Er legte deshalb seine Stellung bei der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie nieder und trat in den Reichsdienst.

Bredows Tätigkeit war von Beginn an sehr erfolgreich. Er gliederte den Funkbetrieb der Reichs-Telegraphenverwaltung organisch an, und er ist heute untrennbar mit dieser verbunden. Die Verdienste Bredows wurden dadurch anerkannt, daß er Anfang 1921 als Staatssekretär zum Leiter des gesamten Telegraphen-, Telephon- und Funkwesens im Deutschen Reich berufen wurde.

Eine seiner wirkungsvollsten Schöpfungen ist die Einrichtung des Reichsfunkdienstes. Dieser hat die Aufgabe, drahtlose Verkehrslinien innerhalb des Reichs zu schaffen und zu unterhalten. Sie werden betrieblich in gleicher Weise benutzt wie die Drahtlinien, und wenn der Telegrammverkehr sich längst wieder in ordnungsmäßiger Weise vollzieht, so hat man das zu einem beträchtlichen Teil dieser Organisation zu verdanken. Besonders willkommen ist es auch, daß bei Störungen der Telegraphenleitungen durch Orkane, Schneestürme oder Rauheif der Funkbetrieb, der solchen Angriffen nicht ausgesetzt ist, sogleich helfend einspringen kann. Auch durch Unruhen wird er weit weniger betroffen.

Die Reichspostverwaltung sendet Telegramme des innerdeutschen Verkehrs, die an den Schaltern aufgegeben werden, nach freiem Ermessen entweder über den Draht oder drahtlos, wenn der Empfänger nicht durch den gebührenfreien Vermerk „Draht“ vor der Adresse den Funkweg ausgeschlossen hat.

Für den Funkdienst ist das Reich in 10 Bezirke geteilt, deren Mittelpunkt je eine Leitfunkstelle bildet. Diese Anlagen befinden sich in Berlin (Hauptfunkstelle Königs-Wusterhausen), Frankfurt am Main, Hamburg, Dortmund, Düsseldorf, Königsberg, Breslau, Leipzig, München, Stuttgart.

Die Hauptfunkstelle kann an alle Leitfunkstellen senden und von diesen in Zehlendorf empfangen. Jede der anderen Leitfunkstellen verkehrt im allgemeinen nur mit Berlin. Jeder einzelnen Leitfunkstelle sind alsdann die kleineren Funkstellen in ihrem Bezirk so zugeordnet, daß sie nur mit der eigenen Leitfunkstelle arbeiten.

Königs-Wusterhausen wird mit 10 Sendern und Empfängern für den Reichsfunkdienst ausgerüstet, die dem Verkehr mit den übrigen

Leitfunkstellen dienen. Die sonstigen Leitfunkstellen erhalten je 2 Sender und Empfänger, damit sie gleichzeitig mit einer benachbarten Leitfunkstelle oder der Hauptfunkstelle und den im zugeordneten Bezirk liegenden Funkstellen Verbindung unterhalten können.

Während das Reichsfunknetz bisher der Beförderung von Telegrammen in gleicher Weise diente wie das Drahtnetz, ist in Aussicht genommen, den Betrieb derartig umzugestalten, daß an Stelle der bisherigen nur stundenweisen Verbindungen Dauerverbindungen zwischen der Hauptfunkstelle und den Leitfunkstellen, sowie zwischen den Leitfunkstellen und den Funkstellen hergestellt werden. Über das so entstehende Netz sollen alsdann sämtliche Telegramme des Überseeverkehrs bevorzugt befördert werden. Sie gehen von jeder Einlieferungsstelle innerhalb der Reichsgrenzen sogleich zur Hauptfunkstelle Berlin, die sie alsbald durch Fernastung über Nauen oder Eilvese nach Amerika absetzt.

Ganz neu wird die Einrichtung der „Blitzfunktelegramme“ sein, die in aller kürzester Zeit und vor allen anderen über das Funknetz befördert werden. Gegen eine nicht unbeträchtlich erhöhte Gebühr wird der Aufgeber die Gewißheit haben, daß die Schnellnachricht den Empfänger in wenigen Minuten erreicht. In besonders dringenden Fällen wird sicherlich hiervon gern Gebrauch gemacht werden.

Damit der Verkehr im Duplexbetrieb möglichst schnell und glatt erledigt werden kann, sind Tasten und Empfangsapparate jeder Stelle grundsätzlich in demselben Raum vereinigt. In Berlin befinden sie sich im Haupttelegraphenamt, an den anderen Stellen ebenfalls in unmittelbarer Nähe der Räume für den Drahttelegraphenbetrieb, so daß die Überleitung von Telegrammen aus dem Drahtverkehr in den Funkverkehr und umgekehrt mit möglichster Beschleunigung vor sich gehen kann.

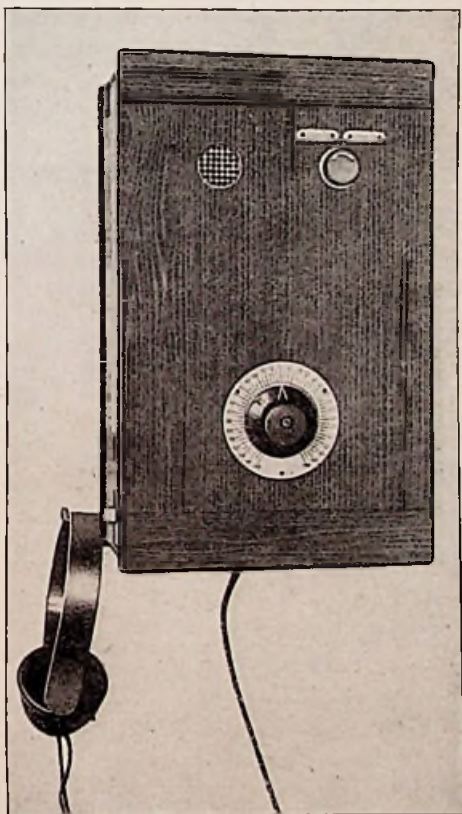
Die technische Grundlage des Reichsfunkdienstes bilden der Telefunken-Röhrensender und der Überlagerungsempfang. Es ist der Wellenbereich 1000 bis 3000 Meter hierfür reserviert, innerhalb dessen wegen der scharfen Abstimmbarkeit und Wellenkonstanz des Röhrensenders mit 35 verschiedenen Wellen gleichzeitig gearbeitet werden kann, ohne daß eine gegenseitige Störung eintritt. Zeitliche Regelung des Sendebetriebs an den einzelnen Stellen nach einem bestimmten Plan fördert weiter eine glatte Abwicklung des Gesamtdienstes.

Außerdem besteht der Rundfunkdienst, der die Möglichkeit ausnutzt, mittels eines drahtlosen Senders gleichzeitig an viele Empfangsstellen Nachrichten zu übermitteln. Die Einrichtung wird vorläufig nur für die Verbreitung wirtschaftlicher Nachrichten benutzt, die von der Eildienst-G. m. b. H. zusammengestellt und beim Haupttelegraphenamt in Berlin eingeliefert werden.

Es werden von dort aus täglich siebenmal die aus New York einlaufenden Notierungen der dortigen Börse für die Mark, das englische Pfund, den französischen Frank usw. gefunkt, sechzehnmal Meldungen von der Amsterdamer Börse, sowie drei- bis fünfmal täglich Devisen-Notierungen von London, Paris, Brüssel, Genf, Madrid und Rom. Ferner werden auf diesem Weg auch Notierungen der wichtigsten Waren des Weltmarkts wie Baumwolle, Wolle, Metall, Häute und Felle, Öle und Fette, Kaffee, Zucker weitergegeben.

Der Empfang geschieht vorläufig an etwa 30 Orten des Reichs mit besonderen Empfangsapparaten in den Telegraphenämtern, welche die Nachrichten den Abonnenten auf schnellstem Weg zustellen. Die Einrichtung, die den deutschen Geschäftsmann auf schnellstmöglichem Weg über alle wichtigen Kurs- und sonstigen Notierungsschwankungen auf dem Weltmarkt in Kenntnis setzt, ist heute bereits ein volkswirtschaftlicher Faktor von großer Bedeutung geworden.

Es wird beabsichtigt, den Rundfunkdienst künftig statt wie bisher telegraphisch mittels drahtloser Telephonie zu vollziehen. Alsdann können die Empfangsapparate in den Räumen der privaten Empfänger untergebracht werden. Der Zwischenweg über die Telegraphenämter der einzelnen Orte fällt fort, da das Telefon ja von jedem bedient werden kann, während der Telegraphenbetrieb einen morsekundigen Empfangsbeamten voraussetzt. Der Rundfunk in der Form des Rundspruchs wird auch zur Verbreitung von Pressenachrichten an Redaktionen und alle sonstigen Interessenten dienen. Jeder Angeschlossene wird zu verabredeten Zeiten vernehmen können, was in Königs-Wusterhausen gesprochen wird. Die Auf-



178. Empfänger für Rundsprach-Telephonie
Kann in jedem Privathaus aufgestellt werden. Oben rechts Drehknopf zum wahlweisen Schalten für Telephonie oder Telegraphie. Unten Griff des Drehkondensators zum Einstellen der Tonhöhe

nahmeapparate sollen so einfache Gestalt erhalten, daß ihre Bedienung nicht mehr Mühe macht, als sie für das Abhören am Drahttelefon aufgewendet werden muß. Nur ein einziger Drehknopf wird als neues Bedienungselement hinzukommen. Durch ihn kann jeder Telephonist die für ihn bequemste Tonhöhe einstellen.

Im Anschluß hieran ist auch der Pressedienst zu erwähnen, den die Transocean-G. m. b. H. unterhält. Durch sie wird das Ausland täglich zweimal auf dem bequemsten und raschesten Weg, und das ist der drahtlose, mit allgemein interessierenden Nachrichten aus Deutschland versehen. Täglich zweimal, um 12 Uhr mittags und 8 Uhr abends, sendet Eilvese einen Text von je 500 Wörtern in deutscher Sprache für die europäischen Empfänger, um 12 $\frac{1}{2}$ Uhr nachts gibt Nauen einen Text von 500 Wörtern in englischer Sprache für die überseeischen Empfänger (500-Wörter-Dienst). Die Nachrichten dürfen nur von Abonnenten aufgenommen werden; ihre sonstige Benutzung ist durch den Zusatz „Copyright Transocean“, das ist der urheberrechtliche Schutzvermerk, verboten.

27. Auf dem Meer

„Schiffe, die sich nachts begegnen,“ heißt ein Roman von Beatrice Harradan. Es wird darin das Schicksal zweier Menschen geschildert, deren Lebenswege einander kreuzen, die sich aber wieder voneinander trennen müssen, ohne daß eine Verbindung zwischen ihnen möglich gewesen wäre. Schiffe, die sich nachts begegnen: das war noch vor zwei Jahrzehnten ein Schauspiel auf See, dessen Beobachtung das Herz tief zu bewegen vermochte.

Einsam lehnt in finsterner Nacht der Fahrgast an der Reling des Dampfers. Gleich einer ehernen Tafel umfaßt der Ozean die Planken des Schiffs. Alles Leben ringsum scheint erloschen, ein schwarzer Vorhang schließt mit schweren Falten den Fernblick ab. Nur die kalten Sterne, die nach den Regungen der Menschenbrust nicht fragen, strahlen aus der unendlichen Höhe des Weltraums mit schwachem Schimmer hernieder.

Da taucht in der Ferne ein Lichtpunkt auf. Langsam wird er größer, der Beobachter erkennt die grüne Steuerbordlaterne eines Schiffs, das dem seinigen sich nähert. Nur dieser grüne Schein ist wahrnehmbar, der von unsichtbaren Händen über das Meer getragen scheint. Die Augen des einsamen Manns an der Reling starren mit weit geöffneten Pupillen zu dem fremden Fahrzeug hinüber. Woher kommt es? Welcher Art ist es? Wohin führt sein Weg? Trägt es die freundliche Last frisch geernteter Südfrüchte oder sind klobige Maschinenteile in seinem Raum verstaut? Befinden sich heitere Menschen darauf oder die kläglichen Gestalten armer Auswanderer?

So fragt der Mann an der Reling. Doch er erhält keine Antwort. Das grüne Licht war größer geworden, schon aber sind seine sanften Strahlen wieder im Entschwinden, um bald ganz zu erlöschen. Durch kein Verständigungsmittel vermochte das fremde Schiff sein Wesen kundzutun.

Eine solche Begegnung stimmte den Sinn eines nachdenklichen Beobachters schwermütig, aber der Vorgang war doch auch voller Poesie. Man konnte sich einen kleinen Segler, der im Dunkeln vorüberglitt, zum Schiff des Fliegenden Holländers umdichten oder

in einem Petroleumdampfer ein stolzes Admiralschiff sehen. Heute sind derartige phantastische Vorstellungen nicht mehr möglich. Längst bevor das grüne Licht sichtbar wird, weiß der Kapitän des eigenen Schiffs ganz genau, wer ihm begegnen wird, und kann jede Auskunft darüber geben. Die Wasserfahrzeuge schwimmen nicht mehr einsam und voneinander getrennt, nun bilden die elektromagnetischen Wellen eine stets bereite Brücke zwischen ihnen. Die an den Masten aufgehängten Antennen sind durch ihre Strahlfähigkeit stark genug, Namen und Art des Schiffs in einem Umkreis von vielen hundert Kilometern aufs genaueste kundzutun.

In keinem Bezirk hat die drahtlose Telegraphie ein so großartiges Wirkungsfeld gefunden wie auf dem schiffbefahrenen Ozean. Was sie hier schuf, war etwas völlig Neues, ganz Unbekanntes, ein Geschenk für die Menschheit, das diese von den Göttern niemals zu erleben gewagt hätte, wenn es ihr nicht als Frucht physikalischer Erkenntnisse von selbst in den Schoß gefallen wäre.

Das Schiff, das die Küste aus dem Gesicht verloren hatte, war früher geradeso einsam wie Robinson auf seiner Insel. Es mochte ihm in der Wasserwüste Glückliches oder Furchtbares begegnen: auf keine Weise konnte es anderen hiervon rechtzeitig Kunde geben. Wenn ein Fahrzeug inmitten der See durch eine Katastrophe vernichtet wurde, zeigte allenfalls eine Flaschenpost, die nach Monaten an irgendeinen Küstenpunkt gespült wurde, das Schicksal der Unglücklichen an. Ihre Verzweiflungsrufe vor dem Untergang aber verhallten im Raum, der kein Ohr für die Qualen der Menschheit besitzt. Kameraden durchfurchten in vielleicht geringer Ferne auf schnellem Kiel den Ozean. Das wußten die Sinkenden; aber alle die anderen Schiffe waren so weit entfernt, daß sie die kläglich am Mast flatternden Nottfähnchen nicht mehr zu sehen vermochten. Und so konnte das Meer seine Opfer verschlingen, ohne daß eine fühlende Seele zu Hilfe eilte.

Heute erreicht jeder drahtlose Notruf mit Bestimmtheit lauschende Ohren. Ein Schiff brennt! Der Funktelegraphist sendet Nachricht hiervon in den Raum, und schon eine Minute später gehen hier und dort kleine Frachtdampfer und mächtige Passagierschiffe aus ihrem Kurs, um mit stärkster Maschinenkraft zu dem Rufenden zu eilen.

Aber auch beim normalen Verlauf der Fahrt entfalten die Funkapparate hohe Nutzwirkung.

Durch die Möglichkeit ständiger Nachrichtenübermittlung werden zahlreiche Gefahrenquellen unschädlich gemacht, wird Verlusten an Menschenleben und an Gütern in wirksamster Weise vorgebeugt. Sturmwarnungen, Mitteilungen über treibende Wracks oder Eisberge, alles für die Navigation Wissenswerte kann dem Kapitän jederzeit zugefunkt werden. Große Vorteile bringt die rechtzeitige Vormeldung

des Schiffs an den Bestimmungshafen, der alsbald Lotsen und Schlepper zum Einholen hinausschicken kann. Handelstechnisch wichtig ist es, daß Frachtdampfer inmitten der See nach einem anderen Hafen befohlen werden können, wenn dort bessere Ladungsmöglichkeiten sich ergeben haben, oder wenn das Frachtgut, was nicht selten vorkommt, weiterverkauft worden ist, während es noch schwimmt.

Die Kosten für eine drahtlose Einrichtung machen sich meist sehr geschwind bezahlt. Wir werden später bei der Erörterung von einzelnen Seerettungsfällen hören, wie unverhältnismäßig groß der Nutzen einer solchen Anlage oft gegenüber der geringen Summe ist, welche für die Einrichtung ausgegeben wurde.

Die Reisenden können in ständiger Verbindung mit der Heimat bleiben, der Kaufmann ist imstande, inmitten des Ozeans die wechselnde Geschäftslage zu beobachten und die Ausführung neuer Entschlüsse anzuordnen. Alle wichtigen Vorgänge auf der Erde werden durch Pressetelegramme den großen Passagierdampfern übermittelt und fast ebenso rasch wie auf dem Land im Druck bekannt gegeben.

Die wichtigste Errungenschaft bleibt aber doch immer die Möglichkeit des Notrufs bei Gefahr, der die Errichtung eines wirklichen und wahren Völkerbunds auf der See herbeigeführt hat.

Es klingt heute recht unwahrscheinlich, wenn erzählt wird, daß die Reeder sich noch vor gar nicht langer Zeit lebhaft gegen die Einführung von Funkapparaten auf ihren Schiffen sträubten. Und doch ist es Tatsache, daß auch diese Neuerung harten Widerstand zu brechen hatte.

Als Bredow im Jahre 1908 in Bremen und Hamburg Propagandavorträge hielt, suchte er auch Karl Woermann, den Besitzer so vieler hochwertiger Schiffe auf, dem er seine Pläne lebhaft entwickelte. Mit skeptischer Miene hörte der Reeder zu; bei der Behauptung Bredows, er würde einst die Funkapparate an Bord seiner Schiffe gradeso nötig brauchen wie den Kompaß, lachte Woermann ironisch, rief einen seiner Prokuristen hinein und sagte zu diesem: „Nun hören Sie sich bloß einmal an, was dieser Herr aus Berlin mir für einen Unsinn erzählt!“ Dann fuhr er fort: „Eine derartige Einrichtung würde für meine Flotte jährlich 50 000 Mark kosten. Glauben Sie vielleicht, ich habe so viel Geld dafür übrig, daß meine Kapitäne auf See sich gegenseitig ‚Guten Morgen!‘ sagen können?“ Bredow erwiderte, das sei nicht eigentlich der Zweck der Einrichtung, diese würde jedoch, abgesehen von der Erhöhung der Sicherheit der Schiffe, dem Reeder jederzeit die Möglichkeit geben, mit seinen Fahrzeugen in Verbindung zu treten. Da aber rief Woermann unwirsch aus: „Ach was! Ich bin froh, wenn ich von dem Schiff nichts mehr höre, sobald es den Hafen verlassen hat!“ Bei dieser Anschauung ist der

Hamburger Reeder freilich nicht lange geblieben, denn die Woermann-Linie war wenige Jahre darauf eine der ersten, die ihre gesamte Flotte mit Funkapparaten ausrüstete.

Die Nützlichkeit der drahtlosen Telegraphie für Wasserfahrzeuge wurde in Deutschland, wo man sich immer gern gegen technische Neuerungen sperrt, von der Allgemeinheit erst sehr spät erkannt. Zahlreiche englische Schiffe waren bereits mit Funkapparaten ausgerüstet, während die Deutschen noch samt und sonders ohne diese auskommen zu können glaubten. Als der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie dann endlich Gelegenheit gegeben war, konkurrierend auf dem Meer aufzutreten, hatte sie einen äußerst schweren Stand gegenüber den Monopolbestrebungen der Marconi-Gesellschaft, die nur durch harten Kampf überwunden werden konnten.

Immerhin hatte die Telefunken-Gesellschaft im Jahre 1910 bereits auf 78 deutschen Fahrzeugen und auch auf einigen ausländischen Funkstellen eingerichtet. Sie führte auf diesen Schiffen auch den Betrieb und gründete Anfang 1911 eine Tochtergesellschaft, die sich ausschließlich dieser Tätigkeit widmen sollte, die Deutsche Betriebs-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie (Debeg).

Eine scharfe Zusammenfassung und Vereinheitlichung des Funkdienstes auf den Schiffen war notwendig. Denn niemals wäre es zu einer richtigen Verständigung, zu einem verläßlichen Telegrammverkehr auf See gekommen, wenn jede Reederei ihre Bordtelegraphisten unabhängig von allen anderen hätte ausbilden lassen, und wenn die Betriebsvorschriften nicht einheitlich gewesen wären. Seit 1911 sind alle deutschen Bordtelegraphisten in der Debeg-Schule erzogen worden, eine internationale Verständigung über den Unterricht und die Betriebsvorschriften wurde erstrebt und bald erreicht.

Die Funkbeamten an Bord der deutschen Schiffe sind fast sämtlich Angestellte der Debeg. Diese Gesellschaft unterhält und überwacht die Apparate, die größtenteils mietweis abgegeben werden, und nimmt weiter den Reedereien jegliche Sorge für den Telegraphenbetrieb an Bord ihrer Schiffe ab. Sie paßt die Funkstellen stets dem jeweiligen Stand der Technik an, erledigt die Verhandlungen und Abrechnungen über den funktelegraphischen Verkehr der Schiffe mit den Telegraphenbehörden und Telegraphengesellschaften aller Länder.

Die folgende Liste zeigt die Vermehrung der Debeg-Apparate auf deutschen Dampfern. Es waren damit ausgerüstet am

1. Juli	1911	150 deutsche Dampfer		
1. September	1912	223	"	"
1. April	1913	301	"	"
1. Juni	1913	335	"	"
1. Dezember	1913	405	"	"
1. Mai	1914	470	"	"

Während durch diese Funkstellen in der Zeit von Mitte 1910 bis Mitte 1911 Telegramme mit 506 421 Wörtern gesandt wurden, gingen in dem gleich langen Zeitraum 1912/13 bereits 1 997 764 Wörter ab. Von den deutschen Küstenstationen, die hauptsächlich den Verkehr mit den Schiffen wahrzunehmen haben, wurden im Kalenderjahr 1913 26 855 Funktelegramme bearbeitet. 6393 hiervon wurden Bordstationen zugefunkelt, 20 462 von Schiffen auf hoher See empfangen.

Wenn ein Funktelegraphist auf dem Meer ein Telegramm abzugeben hat, so sucht er, wenn möglich, in unmittelbare Verbindung mit einer Küstenstation des Bestimmungslandes zu treten. Ist die Reichweite seines Senders hierfür nicht groß genug, so ermittelt er aus einem graphischen Fahrplan, der die Wege aller regelmäßig verkehrenden Schiffe enthält, dasjenige Fahrzeug, über das hinweg die Küstenstation zu erreichen ist. Nicht selten muß eine Depesche über mehrere Mittlerschiffe hinweggehen, und es ist ein internationales Abkommen über die Berechnung der Gebühren für solche Fälle getroffen.

Wird in einem Postamt auf dem Land ein Telegramm aufgeliefert, das für ein Schiff auf hoher See bestimmt ist, so wird es zunächst auf dem Draht- oder Funkweg zum Haupttelegraphenamt geschickt. Hier vermittelt die für solche Zwecke heute im Zentralamt jedes Landes eingerichtete Stelle nach dem auch ihr vorliegenden Fahrplan der Schiffe die geeignete Küstenstation. Diese leitet das Telegramm alsdann direkt oder gleichfalls über schwimmende Zwischenstationen weiter.

Weithin sichtbar, in blendender, scheinwerferartiger Beleuchtung trat der Nutzen der Funktelegraphie auf See beim Ausbruch des Weltkriegs hervor. In jenen Tagen hat die Möglichkeit der Verständigung mit fahrenden Schiffen dem Deutschen Reich wenigstens für einige Zeit mehrere Millionen Tonnen Schiffsraum gerettet.

„So befand sich,“ nach einer Zusammenstellung von Thurn im „Jahrbuch des Norddeutschen Lloyd“, „der Dampfer ‚Göben‘ auf der Reise von Lissabon nach Southampton. Nachdem er das drahtlose Warnungstelegramm von der Küstenstation Norddeich: ‚Drohende Kriegsgefahr!‘ aufgenommen hatte, lief er Vigo an, wo er am 31. Juli nachmittags eintraf. — Der Dampfer ‚Posen‘ war am 29. Juli von Antwerpen nach Australien in See gegangen. Am 31. Juli wurde er durch einen Funkspruch von Norddeich über die ernste politische Lage orientiert. Am 1. August erhielt er von dem in Vigo liegenden Norddeutschen Lloyd-Dampfer ‚Göben‘ drahtlose Nachricht vom Ausbruch des Kriegs und am nachmittag desselben Tags eine ebenfalls vom Dampfer ‚Göben‘ weitergegebene Anweisung vom Norddeutschen Lloyd, Rio de Janeiro anzulaufen. Am 18. August

traf er in Rio de Janeiro ein. — ‚Großer Kurfürst‘ hatte am 30. Juli die Reise von New York nach Bremen angetreten, erhielt am 31. Juli 11 Uhr abends vom Norddeutschen Lloyd durch Funkspruch über Sayville die Anweisung, nach New York zurückzukehren. Am 2. August vormittags traf er wieder in New York ein. — ‚Roon‘ befand sich auf der Reise von Colombo nach Fremantle. Am 1. August wurde von ihm ein vom Norddeutschen Lloyd nach Singapore über Sabang abgesandtes Funkspruchtelegramm aufgefangen, welches das Kommando veranlaßte, im Hafen von Tjilatjap (Sumatra) Zuflucht zu suchen. Ankunft daselbst 8. August vormittags. Der Bordstation von ‚Roon‘ gelang es, auch die Dampfer ‚Kleist‘ und ‚Rheinland‘ funktelegraphisch zu warnen.

„Schiffe, die keine Funktelegraphie an Bord hatten, sind vielfach dem Feind in die Hände gefallen. Dampfer ‚Thüringen‘ hatte am 14. Juli 1914 Antwerpen auf der Reise nach Fremantle in Australien verlassen, in der Nacht des 9. August am Kap der Guten Hoffnung der Signalstation durch Morse-Zeichen seinen Namen gemeldet und am 27. August Mitternacht Rottneß Island (vor Fremantle) gesichtet. Nichtsahnend wurde weitergefahren. Kurz nach Mitternacht wurde ‚Thüringen‘ von dem englischen Kriegsschiff ‚Pioneer‘ angehalten, darauf mit 2 Offizieren und 10 Mann besetzt, in den Hafen von Fremantle gebracht und später als gute Prise erklärt.“

Besonders fesselnd sind die Erlebnisse des Lloyd dampfers „Kronprinzessin Cecilie“, der sich mit einer höchst kostbaren Ladung an Bord zur kritischen Zeit in sehr bedrohlicher Lage befand.

Der Schnelldampfer war am 28. Juli 1914 mit etwa 1200 Fahrgästen sowie mit einer großen Gold- und Silberladung, bestehend aus 10769545 Dollar in Gold und 389846 Dollar in Silber an Bord, von New York abgefahren und sollte am 2. August in dem englischen Hafen Plymouth eintreffen. Die „Kronprinzessin Cecilie“ schwamm inmitten des Ozeans, nördlich der Azoren, als der Befehl der Reederei eintraf, wegen der drohenden Kriegsgefahr nach Amerika zurückzukehren. Der Norddeutsche Lloyd berichtet über die hierauf ergriffenen Maßnahmen:

„Kapitän Polack ließ sofort sein Schiff wenden. Im Schiffsrat wurde beschlossen, den Kurs auf Bar Harbour im Staat Maine zu setzen, weil durch die Funkstation verschiedene Telegramme aufgefangen waren, nach welchen man vermuten mußte, daß die Zuwege nach größeren amerikanischen Häfen, wie New York oder Boston, von feindlichen Kreuzern bewacht würden. Die Zurückbeordnung des Schiffs nach den Vereinigten Staaten erschien unter allen Umständen geboten, weil vor und in dem englischen Kanal, sowie an der spanischen und portugiesischen Küste mit noch viel größerer

Wahrscheinlichkeit die Anwesenheit feindlicher Kriegsschiffe anzunehmen war als an der nordamerikanischen Küste.

„Der Weg nach einem norwegischen Hafen nördlich der Shetlandinseln entlang war aber beim Eintreffen des Befehls zur Umkehr größer als der nach dem nächsten neutralen Hafen der Vereinigten Staaten. Auch war die Gefahr der Beschlagnahme an diesem Teil der europäischen Küste jedenfalls größer als vor dem kleinen Hafen der Union, wo außerdem häufige Nebel dem Schiff einen bedeutenden Schutz gewährten.

„Unter Anwendung aller erdenklichen Vorsichtsmaßregeln fuhr der Dampfer ‚Kronprinzessin Cecilie‘ nach den Vereinigten Staaten zurück. Nachdem Kapitän Polack die Passagiere vom Kriegsausbruch in Kenntnis gesetzt hatte, versuchte eine Gruppe von amerikanischen Finanzleuten die Fortsetzung der Reise durch ein Anerbieten zu erreichen, nach welchem die ‚Kronprinzessin Cecilie‘ in ihren Besitz übergehen und dann unter amerikanischer Flagge weiterfahren sollte. Der Kapitän mußte indessen diesen Vorschlag aus naheliegenden Gründen ablehnen.

„Ohne von feindlichen Kriegsschiffen bemerkt zu werden, erreichte der Dampfer am 4. August, abends 6 Uhr, wohlbehalten Bar Harbour im Staat Maine, nachdem er vom Wendepunkt ab eine Strecke von 1629 Seemeilen zurückgelegt hatte. Die amerikanische Presse zollte der sicheren Einbringung des Schiffs durch Kapitän Polack einmütig lebhafte Anerkennung.

„Das Schicksal der Goldladung der ‚Kronprinzessin Cecilie‘ war durch die glückliche Rückkehr des Schiffs nach den Vereinigten Staaten vorläufig entschieden. Das Gold und Silber wurden gelöscht und nach New York zurückbefördert, wo aber alsbald von der Guaranty Trust Company eine Klage auf Schadenersatz in Höhe von einer Million Dollar wegen Nichterfüllung des Kontrakts über die Beförderung des Golds gegen den ‚Norddeutschen Lloyd‘ eingeleitet wurde.

„Der Dampfer ‚Kronprinzessin Cecilie‘ blieb bis zum 6. November in Bar Harbour liegen und wurde dann unter dem Geleit von amerikanischen Kriegsschiffen nach Boston übergeführt, weil Bar Harbour für das Schiff während der Wintermonate keine genügende Sicherheit gegen Stürme und Eisgang bot.“

Die bereits erwähnte Vorherrschaft der englischen Marconi-Gesellschaft auf See drohte im Anfang des Jahrhunderts die Entwicklung der ozeanischen Funktelegraphie aufs schwerste zu hemmen. Die Marconi-Beamten hatten den Auftrag, die Annahme von Telegrammen zu verweigern, die durch Apparate anderer Systeme abgegeben worden waren. Die englische Gesellschaft wollte auf diese Weise auch die Schiffe aller fremden Staaten zwingen, die Bord-

stationen nur bei ihr zu kaufen. Allein die rasch erstarkende deutsche Funktelegraphie war imstande, gegen dieses verderbliche, eigensüchtige Streben aufzutreten.

Auf Anregung der deutschen Regierung fand im Jahre 1906 die erste internationale Funktelegraphie-Konferenz in Berlin statt. Vertreter von 29 Staaten nahmen daran teil. Zum erstenmal wurden hier durch einen Vertrag alle grundsätzlichen Fragen geregelt, die für eine Fortentwicklung der drahtlosen Telegraphie nach ihrem damaligen Stand wichtig schienen.

Die Marconi-Gesellschaft mußte sich auf dieser Konferenz dazu bequemen, die Gleichberechtigung aller Systeme wenigstens für den Verkehr zwischen Bord und Küste anzuerkennen. Es wurde ferner festgesetzt, daß die Schiffe, um die landfesten Stationen nicht zu stören, ausschließlich die Wellen von 300 und 600 Metern benutzen dürfen. Nur die großen Schnelldampfer sollten auch die Welle von 1800 Metern Länge gebrauchen können. Alle Funkstellen auf See sollten fortan verpflichtet sein, Notanrufe, woher sie auch kommen mögen, mit unbedingtem Vorrang aufzunehmen, zu beantworten und ihnen soweit wie irgend möglich Folge zu leisten.

Als Notzeichen wurde SOS (· · · — — — · · ·) vereinbart, eine zunächst aus betrieblichen Gründen gewählte Buchstabenfolge, der man zur Erleichterung des Festhaltens im Gedächtnis die Bedeutung *Save Our Souls* (Rettet unsere Seelen) untergeschoben hat.

Jedes Schiff mit Funkeinrichtung muß seitdem mit einem Notsender versehen sein, dessen stromgebende Batterie auf dem obersten Deck aufzustellen ist, damit die Anlage auch noch arbeiten kann, wenn die Hauptmaschine im Schiffsinne bereits außer Tätigkeit gesetzt ist. Sechs Stunden lang muß die Hilfsbatterie genügend Strom für ein sicheres Arbeiten des Notsenders abgeben können, der bei größeren Schiffen eine Mindestreichweite von 80, bei kleineren von 50 Seemeilen haben muß.

Es fand ferner die Begründung eines überstaatlichen Verwaltungsorgans, des Internationalen Büros in Bern, statt, das die Aufgabe erhielt, ein Verzeichnis sämtlicher Bord- und Landstationen mit allen für den Verkehr notwendigen Angaben herzustellen und auf dem Laufenden zu erhalten.

Was bei dieser Zusammenkunft nicht erreicht worden war, die Beseitigung des Marconi-Monopols für den Verkehr von Schiff zu Schiff, gelang der zweiten internationalen Konferenz, die 1912 in London stattfand. Schon vorher hatte die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie einen Privatvertrag mit Marconi geschlossen, durch den die volle Gleichberechtigung beider Systeme anerkannt worden war. Es blieb freilich auch jetzt noch ein frommer Wunsch, daß sämtliche seefahrenden Staaten allen größeren Schiffen den gesetz-

lichen Zwang auferlegen sollten, funktelegraphische Apparate an Bord zu führen. Immerhin aber wurde eine allgemein gültige Betriebsregelung für die freiwillig ausgerüsteten Schiffe erreicht.

Danach müssen die hochwertigen Passagierdampfer in ihren Funkstellen einen ununterbrochenen Dienst unterhalten, damit kein ankommender Notruf von ihnen überhört werden kann. Kleinere Fahrzeuge sind verpflichtet, außerhalb der Dienststunden während der ersten zehn Minuten jeder Stunde einen morsekundigen Mann als Horcher ans Telephon zu stellen. Fischdampfer und ähnliche Fahrzeuge von geringer Tonnenzahl sind an keine Bereitschaftsvorschriften gebunden.

Der Untergang der „Titanic“ am 15. März 1912 ließ endlich alle Welt klar erkennen, daß das deutsche Streben nach einem gesetzlichen Zwang zum Einbau von Funkeinrichtungen in alle wichtigeren Schiffe gerechtfertigt war. Die Tatsache, daß mehrere Fahrzeuge dem Unglücksort sehr nahe gewesen waren, aber die drahtlosen Hilferufe nicht gehört hatten, weil sie keine Empfangseinrichtungen besaßen, wirkte erschütternd. Ohne diesen Mangel wären sicherlich alle Insassen des sinkenden englischen Riesenschiffs gerettet worden.

Demzufolge bestimmte die Londoner Konferenz von 1913, daß sämtliche Schiffe, Segler eingeschlossen, die Fahrten zwischen Häfen der Vertragsländer machen und fünfzig oder mehr Personen an Bord haben, mit funktelegraphischen Apparaten ausgerüstet sein müssen.

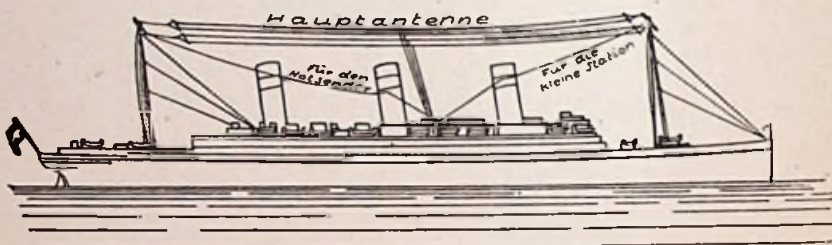
Seit dem 1. Dezember 1920 ist in England ein Gesetz in Kraft getreten, daß alle Schiffe über 1600 Tonnen, die englische Häfen anlaufen, ausnahmslos zu der gleichen Maßnahme zwingt. In kurzer Zeit dürften die meisten Staaten sich dem anschließen, so daß alsdann fast sämtliche seegehenden Fahrzeuge in der Lage sein werden, drahtlose Mitteilungen, insbesondere den Notruf, entgegenzunehmen. In Deutschland befindet sich ein dahin gehendes Gesetz bereits in Vorbereitung.

Die Schiffsfunkstellen aller seefahrenden Nationen, deren Zahl jetzt etwa 12000 beträgt, werden fast sämtlich nach dem System der Tonfunken betrieben. Dieses wird wegen seines heutigen ausgezeichneten Entwicklungsstands und der einfachen Bedienbarkeit halber wohl noch für Jahre herrschend bleiben. Auf den Großschiffen freilich wird schon jetzt ungedämpftes Empfangsgerät mit Audion eingeführt. Ungedämpfte Sender dagegen kommen für Schiffe noch nicht in Betracht, da zur Zeit kein Bedürfnis für besonders große Reichweiten besteht.

Die größten aller schwimmenden Bordstationen waren auf den Riesendampfern der Hamburg-Amerika-Linie „Imperator“ und „Vaterland“ eingebaut. Der „Imperator“ hatte 3 Sende-Einrichtungen und

3 getrennte Antennen-Anlagen. Der Hauptsender lieferte eine Energie von 7,5 Kilowatt an eine zwischen den Masten aufgehängte T-Antenne. Diese konnte sich an Größe mit dem Luftleiter mancher bedeutenden Landsendestelle messen, denn sie hatte eine Länge von 170 Metern und lag 64 Meter über dem Meeresspiegel. Mit dieser Einrichtung vermochte das Schiff während seiner Überfahrt von Hamburg nach New York oder umgekehrt bei Benutzung der 1800 Meter-Welle ununterbrochenen Verkehr mit den Küsten zu unterhalten. Es befand sich noch innerhalb des Wirkungsbezirks von Norddeich, wenn bereits Zeichen von Sayville ankamen. An jedem Morgen konnte deshalb eine Bordzeitung erscheinen, welche die während der Nacht aufgenommenen neuesten Nachrichten aus aller Welt den Fahrgästen zur Kenntnis brachte.

Eine kleinere Anlage mit 1,5 Kilowatt Antennen-Energie diente dem Nahverkehr mit Schiffen und hatte bei Tag eine Reichweite

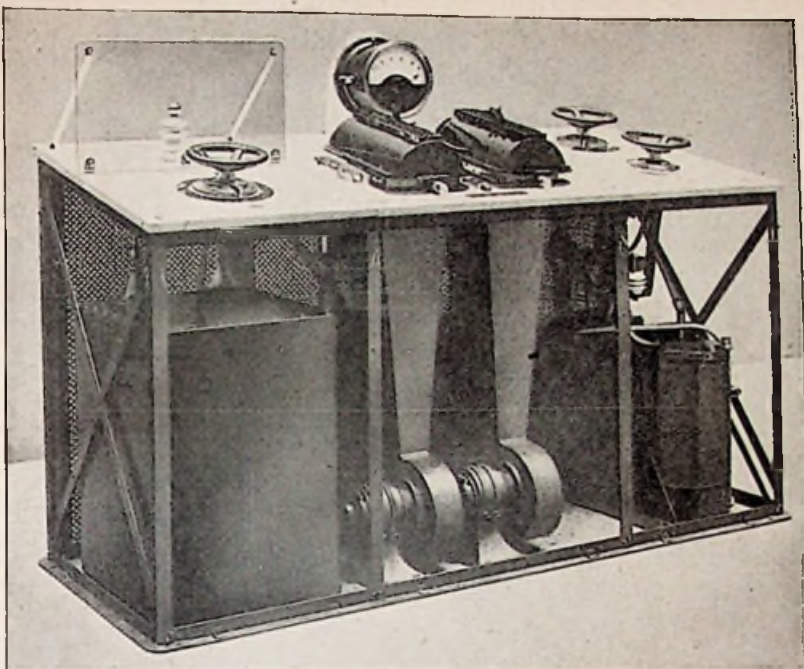


179. Antennen-Anlage des Riesendampfers „Imperator“

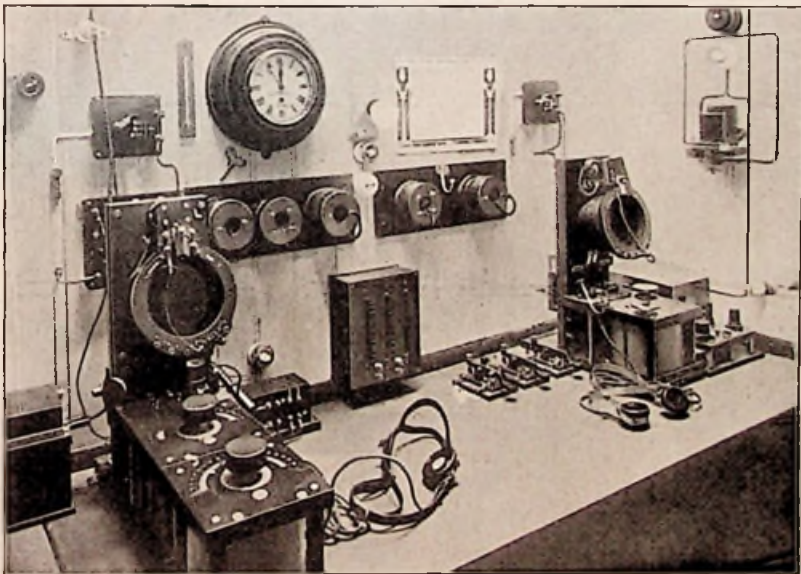
von 600, bei Nacht von 1200 Kilometern. Den dritten Teil der Gesamtanordnung bildete der Notsender.

Die Haupt-Sendeeinrichtung, in ihrem Aussehen nach Entfernung der bekleidenden Schutzbleche, zeigt Bild 180. Links unten steht der Plattenkondensator, in der Mitte des Unterteils befinden sich zwei Ventilatoren zum Kühlen der Funkenstrecken. Dahinter ist der Hochspannungstransformator untergebracht, rechts stehen die Spulen für den Erregerkreis und die Verlängerung des Luftdrahts. In der Mitte der Marmorplatte sehen wir die beiden Serien-Löschfunkenstrecken und das in die Antenne geschaltete Hitzdraht-Ampèremeter. Mittels der drei Handräder kann die Abstimmung des Senders auf eine bestimmte Wellenlänge vorgenommen werden. Mit dem Handrad links wird die Erregerkapazität geregelt, mit den beiden anderen können der Koppelungsgrad und die Selbstinduktion eingestellt sowie das Luftdrahtvariometer bedient werden. Die Taste befindet sich auf einem benachbarten Tisch.

Die Empfänger der größeren und der kleineren Station sind, wie Bild 181 zeigt, auf einem gemeinschaftlichen Tisch aufgestellt. Sie können zu gleicher Zeit benutzt werden, ohne daß die mit der



180. Großer Sender des Riesendampfers „Imperator“
In der Mitte des Tisches die Serien-Funknstrecken, darunter zwei Ventilatoren



181. Empfangsanlage des Riesendampfers „Imperator“
Links Empfänger für die große, rechts Empfänger für die kleine Station

größeren Welle ankommenden Zeichen die mit kürzerer Wellenlänge eingehenden stören.

Bereits während der ersten Hin- und Rückreise hatte die funktelegraphische Station des „Imperator“ einen sehr starken Verkehr zu bewältigen. Es wurden damals 899 Telegramme mit 20979 Wörtern gesandt, 597 Telegramme mit 11884 Wörtern empfangen. Außerdem wurden täglich ungefähr 400 Wörter für die Bordzeitung aufgenommen.

Bekanntlich ist es allein der drahtlosen Telegraphie zu verdanken, daß bei der „Titanic“-Katastrophe 703 von den 2206 Insassen des Schiffs gerettet wurden. Aber auch in sehr vielen anderen Fällen haben die Hinken Finger und die aufopfernde Arbeit der Funktelegraphisten für die Bewahrung des Lebens zahlreicher Menschen gesorgt. In den Geschichtsblättern der Schifffahrt gibt es wenig, das so rührend zu lesen ist, wie die Berichte der Rettungshandlungen auf Grund draht-

Am Bord des D. „Imperator“, den 30. Juni 1913	
Neueste Nachrichten Telefongramme von den Telefunken-Stationen Norddeich und Seydlitz (S. 2.)	Latest News Received from the Telefunken high-power stations Norddeich and Seydlitz (S. 2.)
HALLE a. S. Auf der Bahnhofs-Halle-Castell sind zwölf Dynamit-Patronen gefunden worden. Die Eisenbahndirektion hat für die Entgehung des Täters eine Belohnung von 100 Mark ausgesetzt. BERLIN. Die Abgeordneten Bassermann und Radtke wollten gestern im Reichstage die Anträge, daß die Beibehaltung eines Berliner Blattes nötig sei, aus Deutschland bei den deutsch-englisch-türkischen Verhandlungen über Kuwait, dem Endpunkt der Bagdadbahn, für unser auf die Beteiligung an der Tages-schiffahrt versichert habe. — Infolge verschiedener, hierzu bisher Kriegsgeschichte in der letzten Zeit hat sich eine Kommission gebildet, der Vertreter sämtlicher Parteien angehören, um die Mitten im Mitternachtsstreich zu mildern, vor allem soll den Unruhen die Frage Berücksichtigung werden, ob dem Angeklagten mildernde Umstände zu gewähren sind. Die erste Sitzung der Kommission hat noch zu keinem positiven Ergebnis geführt. SOFIA. Der rumänische General Ghiba hat eine amtliche Erklärung abgegeben, dass sich Rumänien im Falle eines Krieges zwischen Serbien und Bulgarien die Freiheit des Handels vorbehält. TETUAN. Vier Kompanien Infanterie mit regulären, eingetriebenen Truppen zogen gestern bei dem Dorfe Beniual auf eine starke Abteilung feindlicher Truppen. Die Spanier warfen den Feind zurück, wobei sie nur geringe Verluste hatten. Auf Seiten der Eingeborenen sollen 50 Mann getötet sein. KALKUTTA. Bei Onda im Bezirk Bardwan wurde ein Personenzug in den Selbstmord. Nach und anischen Kleidung und vier Personen ertranken. STOCKHOLM. Der Flieger Rudolphus ist hier gestern Nachmittag in der Richtung nach Kopenhagen abgestiegen. PRETORIA. Die Regierung beschließt, die durch den Finanzminister dem Parlament angekündigte Anhörung von 5 Millionen Pfund um 1. August hier zur Zeichnung auszuliegen. KOTTBUS. Das hiesige Schwurgericht hat die Wäre Kottbus, die angeklagt war, ihren Geliebten getötet und den Leichnam verbrannt zu haben, nach erfolgter Verhandlung zum Tode verurteilt.	ARAD. Ministerpräsident Tisa ist bei den gestrigen durch seine Wahl zum Ministerpräsidenten an derischen Neuwahl zum Abgeordnetenhaus gegen den Kandidaten der Opposition Giesle Secheny wiedergewählt worden. NEW YORK. Cooling-humors yesterday morning dissipated a hot wave reported from the West. It is announced that the region from Pennsylvania to the Rockies is engulfed in a terrific heat wave and that many cities reported deaths and great suffering. WASHINGTON. President Wilson is being urged by some of his close friends, especially from Pennsylvania, to go to Gettysburg and attend the anniversary of the battle — Vice-President and Mrs. Marshall are tired of the glare and glitter of one of Washington's fashionable hotels and are now looking about for a house in which to make their home for the next four years. BOSTON. Harry Watermann was injured by the overturning of his automobile on Commonwealth Avenue, Brighton, early yesterday. The accident was caused by breaking a front axle. COPENHAGEN. The newly founded Danish Radio Telegraph Company bought from the Universal Radio Syndicate of London the Poulsen patents for Denmark and the sole right of using this system between Scandinavia and America. Stations will be established in Norway, Denmark, Greenland, Canada, Dutch West Indies and Panama. HALLE (Saale). Germany. On the railroad section Halle-Castell twelve dynamite cartridges were found. The authorities have offered a reward of 100 Marks for the discovery of the culprit. TETUAN. Four companies of Spanish and native infantry attacked a strong division of the enemy at the village of Beniual. The Spaniards repulsed the natives sustaining but a small loss. It is reported that the natives lost 50 men. KALKUTTA. As the result of a railway accident near Onda in the district of Bardwan four persons were drowned in the River Salho. STOCKHOLM. Yesterday afternoon the Swedish Branderjone started for Copenhagen from here.
Die deutsche Zeitungsmittel sind unter and von den deutschen Druckern gekauft für den Handel. Einige m. a. b. (bisher) keine mehr verkauft, da nach dem deutschen Gesetz die deutsche Bauweise ist. Einige mehr.	The German Press Service in Berlin also is bought by the German newspaper publishers for the trade. Some m. a. b. (bisher) not sold, as according to the German law the German style is the only one.

182. Bordzeitung des „Imperator“

loser Notrufe. Hier ist das zu finden, was man sonst innerhalb der Gesellschaft der Menschen so oft vermißt: die Selbstverständlichkeit der Aufopferung ohne jede Rücksicht auf eigenen Nutzen oder eigene Bequemlichkeit.

Der große Amerika-Dampfer strebt mit allen Maschinenkräften dem Hafen von New York zu. Er hat seinen Fahrplan genau so straff innezuhalten wie ein Schnellzug. Haarscharf lenkt der Steuer-matrose das Schiff, daß es wie an der Kante eines Lineals entlang den Ozean durchpflügt. Da meldet der Funktelegraphist aus

seiner Kabine zur Kommandobrücke, daß er den Notruf eines Schiffs vernommen und die Angabe des Standorts erhalten habe. Sofort wird das Steuer umgelegt, der große Dampfer fällt aus seinem Kurs und eilt, während jedermann der Besatzung sein Möglichstes leistet, mit mächtig qualmenden Schloten den gefährdeten Kameraden zu Hilfe. Aus Berichten, die in der „Telefunken-Zeitung“ wiedergegeben sind, seien einige solcher Schiffsrettungshandlungen dargestellt.

Am 24. Oktober 1910 scheiterte der 7500 Tonnen große portugiesische Frachtdampfer „Lisboa“ dicht bei der Saldanha-Bai, etwa 120 Kilometer nördlich von Kapstadt, am Soldatenriff.

Infolge des heftigen Zusammenstoßes füllten sich sofort der Maschinenraum sowie das Vorder- und Mittelschiff mit Wasser, so daß sich die wachhabende Mannschaft mit knapper Not vor dem hereinbrechenden Element auf Deck retten konnte. Nur durch das umsichtige Verhalten des Kapitäns und einiger beherzter Männer aus der Besatzung konnte eine Panik, welche die Furcht vor einer Explosion an Bord verursachte, unterdrückt werden. Es herrschte in dieser Unglücksnacht außer einem furchtbaren Sturm vollständige Dunkelheit, welche die Situation noch schrecklicher gestaltete. Auch der elektrische Strom hatte zwei Minuten nach dem Anprall versagt, und dadurch war auch die drahtlose Station des Schiffs, die in der Hauptsache von dem Maschinenstrom gespeist wurde, auf die Reservebatterie angewiesen.

Der Telegraphist der Bordstation gab die ganze Nacht hindurch mit seiner Notsenderanlage das Notzeichen, das gegen Morgen von der weitreichenden Telefunkenstation des deutschen Dampfers „Adolf Woermann“ in Kapstadt beantwortet werden konnte. Der „Adolf Woermann“ organisierte sofort einen Rettungsdienst, und der zur Hilfe ausgesandte Rettungsdampfer konnte denn auch nach langen Stunden furchtbarer Not die Passagiere und die Mannschaft, die sich schon in die Rettungsboote geflüchtet hatten, ungefährdet ans Land bringen. Es waren 250 Personen. Ein Boot war bereits mit 7 Mann Besatzung an der „Lisboa“ zerschellt. Als letzter sprang kurz vor dem vollständigen Untergang des Schiffs der Funktelegraphist, der bis dahin ununterbrochen seine Pflicht erfüllt hatte, in die hochgehenden Fluten, um sich schwimmend zu retten. Er wurde dann später, vollständig erschöpft, von einem Rettungsboot aufgenommen.

Über den Unfall, der dem Dampfer „Wiegand“ der Roland-Linie zustieß, berichtet der Funktelegraphist an Bord dieses Schiffs:

„Dampfer ‚Wiegand‘, auf der Reise von Antwerpen nach Punta Arenas, passierte Vlissingen am 5. April 1913, 3 Uhr 50 Minuten nachmittags und steuerte auf den Kanal zu. In der Frühe, um 6 Uhr

50 Minuten nach Mitternacht, wurde ich durch einen heftigen Stoß aus dem Schlaf geweckt und hörte sofort hinterher den Ruf: „Alle Mann klar zu den Booten!“ Hinaustretend sah ich, daß das Schiff stark nach Backbord hinüberhing, und mächtige Seen über das Deck hinwegrollten. Die Mannschaft war mit dem Klarmachen der Rettungsboote beschäftigt. Ich lief sofort zur Station hinauf und fragte den Kapitän um etwaige Befehle. Da das Schiff aber plötzlich freikam, sagte der Kapitän, noch solle ich nicht um Hilfe rufen, mich hierzu aber beständig bereithalten.

„Jetzt bemerkte ich, daß durch den heftigen Stoß ein Draht der Antenne gerissen war und sich in den darunter befindlichen Drahtseilen verwickelt hatte, so daß Erdung erfolgt war. Ich schnitt ihn nun an den erforderlichen Stellen ab und befestigte die Enden so, daß jeder Schiffsschluß beseitigt war. Daraufhin konnte ich auch durch Zeichenwechsel mit Boulogne-sur-Mer die vollständige Betriebsfertigkeit der Station feststellen. Bis 8 Uhr 30 Minuten nachmittags hatte ich drei den Unfall betreffende Telegramme an Boulogne-sur-Mer abzusetzen. Mittlerweile war unsere Lage aber derart gefährlich geworden, daß der Kapitän mich beorderte, um sofortige Hilfe aus Seenot zu rufen, da das Schiff sich immer tiefer nach Backbord hinüberlegte und zeitweise dem Ruder nicht mehr gehorchen wollte. Nach Ansicht des Lotsen war schnellste Hilfe durch die Marineverwaltung in Nieuport zu erwarten, und ich rief daher diese Küstenstation mit dem Seenotzeichen an, bittend, sofort das Boot zur Rettung aus Lebensgefahr abzuschicken. Unsere Position war: 4 Seemeilen ab West-Hinder Feuerschiff, W. N. W. dampfend ost.

„Eine Beantwortung erfolgte seitens Nieuport sofort und gab Nachricht, daß das Boot unverzüglich in See gehen würde. Die Uhrzeit war dann 9 Uhr 16 Minuten nachmittags. Wir dampften östlich, um das Schiff auf den Strand zu setzen. Kurz vor 12 Uhr glaubte der Kapitän, daß das Schiff jeden Augenblick sinken könne, da das Wasser in den Räumen beständig stieg. Er befahl mir, alle in der Nähe befindlichen Schiffe zur Assistenz herbeizurufen. Mein Ruf wurde durch den Postdampfer ‚Prinz Hendrik‘ beantwortet, der unserer Position (6 Seemeilen östlich Wandelaar-Feuerschiff) schnellstens zudampfte.

„Um 12 Uhr 50 Minuten nach Mitternacht erreichte er uns, und nahm mit noch einem inzwischen eingetroffenen Lotsenkutter alle Mannschaft, die nicht mehr freiwillig an Bord bleiben wollte, in die Boote. Wir hielten nun mit äußerster Kraft auf Zeebrügge zu. Nachdem wir noch einmal festgerieten, wurden wir unter Assistenz zweier von mir telegraphisch herbeigerufener Schlepper wieder frei und kamen glücklich nach Zeebrügge, wo das Schiff auf Grund gesetzt wurde.“

Der Dampfer ist später doch noch gesunken, dem Bordtelegraphisten aber wurde für seine Besonnenheit und Tüchtigkeit vom Seemannsamt eine besondere Anerkennung ausgesprochen.

Wahrhaft ergreifend und voll echt dramatischer Ereignisse sind die Hergänge, die sich bei dem Brand des Dampfers „Volturmo“ abspielten. Auf diesem Schiff brach, während es sich inmitten des Meers befand, Feuer im Laderaum aus. Um 9 Uhr 30 Minuten morgens, am 9. Oktober 1913, ließ der Funktelegraphist den ersten drahtlosen Notruf ergelien. Um 1 Uhr 45 Minuten nachmittags traf der englische Dampfer „Carmania“ an der Unglücksstelle ein, um 5 Uhr 30 Minuten erschien der deutsche Dampfer „Seydlitz“, um 9 Uhr 34 Minuten das Lloydsschiff „Großer Kurfürst“. Während der Nacht kamen weitere 7 Dampfer herbei, so daß im ganzen 10 Schiffe für die Rettungshandlung bereit waren.

Es herrschte ein furchtbarer Sturm, der zunächst ein Hinablassen von Rettungsbooten unmöglich machte. So sah man hier eine Zeit lang der Menschen ganze Macht und Ohnmacht in einem Sammelbild vereint. Hilfe war in bewundernswertester Weise herbeigerufen worden, aber nun, da sich die Helfer am Ort versammelt hatten, waren ihre Kräfte gelähmt. Erst am Vormittag des 10. Oktober ließ der Sturm nach, so daß Boote zu Wasser gelassen werden konnten. Auch diese würden vielleicht nicht zu dem brennenden Schiff gelangt sein, wenn nicht der gleichfalls herbeigeeilte Petroleumdampfer „Narraganset“ den Inhalt vieler hundert Ölfässer hätte auslaufen lassen, wodurch die Wogen sich glätteten.

521 Personen vom „Volturmo“ wurden gerettet, 136 Fahrgäste, die aus Angst ins Meer gesprungen oder in Rettungsboote gegangen waren, die später umschlugen, kamen ums Leben. Das so viele Menschenleben bewahrt werden konnten, ist in der Hauptsache den fast übermenschlichen Leistungen der Funktelegraphisten auf allen Schiffen zu verdanken, die 50 Stunden lang ununterbrochen ihre Apparate bedienten. Auch die Tatsache, daß 11 Schiffe, die auf engem Raum versammelt waren, so lange Zeit durcheinander funken konnten, ohne daß die Zeichen sich gegenseitig störten, ist sehr beachtenswert. Sie zeigt, bis zu welcher Genauigkeit die Abstimmung der Apparate schon damals getrieben war, und was die Funktelegraphie bei straffer Leitung zu leisten vermag.

Der erste Funker an Bord des größten Schiffs, des „Großen Kurfürst“, hatte sofort die Leitung in die Hand genommen, und er wußte bis zur Beendigung der Rettungshandlung seine Befehlsgewalt vortrefflich zu nutzen. In sehr anschaulicher Weise hat der Funkbeamte des Dampfers „Seydlitz“ die Vorgänge geschildert: „In der Nacht vom 9. auf den 10. Oktober 1913 trat ich um 12 Uhr, in der mir zur Zeit unterstellten Funkenstation des Dampfers

„Seydlitz“ meine Wache an. Es war nur schwacher funktelegraphischer Verkehr im Gang. Ich beschäftigte mich deshalb mit schriftlichen Arbeiten. Da plötzlich, um 9 Uhr 30 Minuten morgens, ertönt durch die Morgendämmerung das funktelegraphische Notsignal, ausgesandt vom englischen Dampfer „Vulturno“! (Vernommen durch das während der Dienstzeit ständig am Ohr liegende Telephon.) Ich meldete dies und die Position des „Vulturno“ zur Kommandobrücke mit der Angabe, daß der Dampfer dringende Hilfe benötige, und schon nach kaum 10 Minuten nimmt unser Schiff Kurs nach der Unfallstelle. Wir befanden uns zur Zeit auf 47,50 Grad Nord und 35,07 Grad West, und die Entfernung vom Dampfer „Vulturno“ betrug 90 Seemeilen.

„Ich meldete dies sofort dem gefährdeten Schiff und erfuhr alsdann, daß durch eine Explosion die Ladung in Brand geraten sei und etwa 700 an Bord befindliche Passagiere elend umkommen müßten, falls nicht schnelle Hilfe einträte. Den zweiten Telegraphisten postiere ich am Telephon zur Kommandobrücke und lasse jede Einzelheit sofort dorthin melden. Die in meiner Reichweite befindlichen Dampfer „Carmania“ und „Großer Kurfürst“ haben ebenfalls den Notruf erhalten und eilen dem Unfallort zu. Dem Telegraphisten auf Dampfer „Vulturno“ melde ich, daß wir mit äußerster Maschinenkraft auf ihn losdampfen und in 6—7 Stunden bei ihm sein werden. Er scheint hierüber sehr beruhigt zu sein, denn nun kann er doch den Passagieren die erste Aussicht auf eine baldige Rettung überbringen.

„Um 5 Uhr 30 Minuten nachmittags erreichen wir das brennende Schiff. Dampfer „Carmania“, ein Schiff von 19 Knoten Geschwindigkeit, war bereits beim „Vulturno“ eingetroffen und machte vergebliche Rettungsversuche. Wir setzen sofort ein Boot mit 3 Offizieren und Mannschaften aus. Das Wetter ist sehr schlecht, und man glaubt jetzt schon, daß eine Rettung mit Booten unmöglich ist. Es ist wahr! Noch keine 150 Meter ist das Boot vom Schiff ab, als wir es wieder umkehren sehen. In dem herrschenden Sturm und der hohen See läßt sich das Boot nicht halten. Wenn auch ungern, das Boot muß wieder an Bord geholt werden, und es bleibt uns nichts anderes übrig, als den brennenden Dampfer zu umkreisen und besseres Wetter abzuwarten.

„Dampfer „Carmania“ hatte inzwischen in einem Umkreis von 15 Meilen den Unfallort nach zwei mit über 100 Passagieren besetzten Booten abgesucht, die der gefährdete Dampfer „Vulturno“ gleich nach der Explosion ausgesetzt hatte, und die durch die hohe See verschlagen waren. Dampfer „Carmania“ kehrte, ohne etwas gesichtet zu haben, zurück, die Boote sind wahrscheinlich im tobenden Meer gekentert, und Mann und Maus hat den Tod in den Wellen gefunden.

„Der Dampfer ‚Großer Kurfürst‘ traf um 6 Uhr abends ebenfalls an Ort und Stelle ein. Vom ‚Volturmo‘ ertönten jetzt nur immerfort die Rufe: ‚Um Himmels willen helft, helft, wir haben noch 550 Passagiere an Bord und werden in kurzer Zeit mit dem Schiff in die Luft fliegen!‘ Ich melde dem Kapitän das bevorstehende Schicksal dieser armen Leute an Bord. Ein trauriges Kopfschütteln: ‚Wir können nichts machen bei diesem furchtbaren Wetter!‘ war die Antwort. Es ist ein schreckliches Gefühl, so nahe am Platz des Elends zu sein und nicht helfen zu können!

„Der Telegraphist zeigt trotz seiner gefährlichen Lage eine bewundernswerte Ruhe. In höchster Not setzt ‚Volturmo‘ ein kleines Boot mit einem Offizier und 4 Mann aus, um von einem der umliegenden Dampfer ein Tau herüberzuholen. Der Versuch mißglückt, das Boot kann sich nicht in der See halten. Die Insassen werden vom ‚Großen Kurfürst‘ im letzten Moment gerettet, das Boot sinkt alsdann sofort. Finstere Nacht ist es inzwischen geworden. Der Bordtelegraphist sitzt noch immer tapfer an seinem nun schon seit Stunden eingeschalteten Notsender. Kurz nach 11 Uhr nachts sendet er die letzten Hilferufe und bittet flehentlich, Boote längsseit zu schicken.

„Plötzlich ist der funktelegraphische Verkehr unterbrochen, ein lauter Knall erschallt durch die stille Nacht, Raketen steigen hoch, und im nächsten Augenblick steht das ganze Mittelschiff in hellen Flammen. Der entscheidende Augenblick scheint gekommen zu sein. Wir müssen den armen Menschen helfen. Schnell werden zwei Boote ausgesetzt und hin geht's zum brennenden Wrack. Von Nordwest braust die See heran, die Nacht ist durch Flammen hell erleuchtet. Ein erschütternder Anblick, dabei der Gedanke: an Bord 550 entweder dem Tod durch Feuer oder Ertrinken ausgesetzte Menschen. Inzwischen sind auf die Notsignale auch die Dampfer ‚Kronland‘ und ‚La Touraine‘ eingetroffen und haben ebenfalls Boote ausgesetzt. Besorgt harren wir der Rückkehr der von uns entsandten Boote. Werden sie je wiederkommen? In banger Erwartung suchen wir mit Ferngläsern das tobende Meer ab. Plötzlich nach 1½ Stunden erschallen vor dem Bug unseres Schiffs Warnungsrufe. Es ist eins unserer Boote, geführt von dem zweiten Offizier, vollbeladen mit Überlebenden.

„Die Geretteten werden an Bord geholt, und besorgt fragt man nach dem zweiten Boot. Es ist nicht gesehen worden. Das glücklich Angekommene wird zum zweitenmal zur Brandstätte hinausgeschickt, um nach dem zweiten Boot zu sehen. Gottlob kehren sie beide nach einer Stunde zurück. Doch trotz äußerster Anstrengung und Opferwilligkeit ist es ihnen diesmal nicht gelungen, auch nur einen Mann zu retten. Wegen weiterer Verschlechterung des Wetters und

wegen der Finsternis muß das Rettungswerk wieder eingestellt werden. 50 Menschen nur konnten in der Nacht durch die Dampfer ‚Seydlitz‘, ‚Großer Kurfürst‘ und ‚Kronland‘ gerettet werden. Wir haben uns alle in den schrecklichen Gedanken zu finden, daß das Achterdeck des Schiffs, auf dem 500 Menschen dicht zusammengedrängt, ohne jeglichen Schutz dem Unwetter ausgesetzt, dem Tod ins Auge sehen, von den Flammen jeden Augenblick ergriffen werden kann.

„Die Zeit geht furchtbar langsam hin, aber das Schicksal scheint ihnen günstig zu sein. Mit Tagesgrauen hat sich das Schiff zwar sehr auf die Seite gelegt, aber es scheint sich noch längere Zeit zu halten. Von Bord aus ertönen markerschütternde Hilferufe. Unsere Boote gehen wieder zu Wasser. Das Wetter ist besser geworden, und alle Schiffe nehmen die Gelegenheit wahr. Das Meer wimmelt von Rettungsbooten, die von nicht weniger als zehn inzwischen an der Unglücksstelle eingetroffenen Dampfern ausgesetzt wurden. Unser erstes Boot, geführt von dem zweiten Offizier, kehrt nach 1½ Stunden vollbesetzt mit Frauen, Mädchen, Knaben, Kindern zurück. Alle werden unter großen Schwierigkeiten an der Bordwand des Schiffs hochgeholt und in Sicherheit gebracht.

„Herzzerreißende Szenen spielen sich ab. Nachdem die Geretteten wieder sicheren Boden unter sich fühlen, fallen sie auf die Knie und wollen in dieser Stellung für ihre Rettung danken. Auch dem Hartherzigsten mußte bei diesem Anblick das Auge feucht werden. Alle sind nur noch sehr dürrig gekleidet, Schuhe haben sie nicht mehr an; eine Frau nennt nur noch ein zerrissenes Hemd ihr eigen, eine andere fällt sogleich nach ihrer Rettung in Starrkrämpfe, eine Mutter schreit nach ihren Kindern im Alter von 1½, 4½, 9 und 11½ Jahren und ihrem Mann; ein Knabe von 4 Jahren ist mutterseelenallein an Bord, drei Schwestern vermissen ihre Mutter mit ihrer vierten Schwester, Mann und Frau sind von ihren drei Kindern im Alter von 7, 6 und 1½ Jahren gerissen, eine Frau beweint ihre 6 und 1 Jahre alten Söhne und ein Mädchen von 3 Jahren; ein gerettetes vierjähriges Mädchen hat Vater, Mutter und Bruder verloren und so fort. Wir haben Elend kennengelernt.

„Unser zweites Boot, geführt von dem ersten Offizier, kehrt auch kurz darauf mit überlebenden Männern vollbeladen zurück. Insgesamt haben wir 46 Menschen gerettet. Sofort teile ich drahtlos allen Dampfern, wie ‚Großer Kurfürst‘, ‚Czar‘, ‚Minneapolis‘, ‚Kronland‘, ‚Narragansett‘, ‚La Touraine‘, ‚Rappahannock‘ und ‚Devonian‘ die Zahl der von uns Geretteten mit und erhalte die Nachricht, daß das Rettungswerk vollbracht ist und alles, was noch an lebenden Wesen heute morgen an Bord war, sich in Sicherheit

befindet. Die anderen Dampfer haben sich heldenmütig an der Rettung beteiligt. Insgesamt wurden 521 Menschenleben gerettet, während 136 Menschen ihr Leben einbüßten; viele durch ihre eigene Schuld, da sie sich in der anfangs ausgebrochenen Panik über Bord stürzten und ertranken. Wenn das Wetter auch nur etwas besser gewesen wäre, so hätten wir sicher alle gerettet.

„Nachdem wir Gewißheit hatten, daß nichts mehr an Bord zu retten sei, begaben wir uns mit den anderen Schiffen auf die Suche nach den mit ungefähr 100 Passagieren besetzten ‚Vultorno‘-Booten. Kein Zeichen wurde von den abgetriebenen Booten entdeckt, das Meer hatte bereits alles verschlungen. Um 12 Uhr mittags setzten wir alsdann unseren Weg nach Baltimore fort.

„Um das Elend an Bord unseres Schiffs wenigstens etwas zu lindern und klagende Mütter, Frauen und Kinder aus ihrer schmerzlichen Ungewißheit zu reißen, stellte ich bei mehreren Dampfern Nachforschungen nach den Vermißten der von uns Geretteten an. Meine Arbeit war von Erfolg gekrönt. In kürzester Zeit konnte ich feststellen, daß sich die fünf Kinder der einen Mutter an Bord des Dampfers ‚Devonian‘ nach Liverpool befänden, der Mann dagegen mit einem anderen Mann, dessen Frau wir retteten, vom Dampfer ‚Großer Kurfürst‘ aufgenommen worden sei. Die Mutter der von uns geretteten drei Schwestern mit der vierten Schwester befanden sich an Bord des Dampfers ‚Czar‘ nach Rotterdam. Über die anderen Vermißten konnte ich leider wenig erfahren, da alle Schiffe meldeten, es sei ungeheuer schwer, sich mit den Polen, Russen und dergleichen zu verständigen. Diejenigen, welche ich über den Verbleib ihrer Angehörigen unterrichten konnte, zeigten ihre Dankbarkeit in rührender Weise. Die Wohlthätigkeit unserer Passagiere für die Überlebenden ließ auch nichts zu wünschen übrig. In kurzer Zeit hatten sie eine Unmenge aller erdenklichen Kleidungsstücke, die den Geretteten so not taten, gesammelt. Es war rührend anzusehen, wie selbst unsere armen Zwischendeckler alles an die armen Schiffbrüchigen abgaben, was sie nur eben entbehren konnten. Abends um 11 Uhr, nachdem ich fast 50 Stunden ununterbrochen im Dienst gewesen war, legte ich mich zur Ruhe. Nun geht alles wieder seinen gewohnten Gang.“

Auch auf den anderen Schiffen haben die Funktelegraphisten noch tagelang gearbeitet, um den Mitgliedern der einzelnen Familien Mitteilungen über den Verbleib ihrer Angehörigen zu machen. Das Band, das die drahtlose Telegraphie über alle Schiffe auf dem Weltmeer schlingt, ist niemals deutlicher fühlbar geworden.

Über die wichtigsten Fälle von Seerettungen mit Hilfe der drahtlosen Telegraphie bis zum Beginn des Weltkriegs gibt die umstehende von Winkler zusammengestellte Tabelle Auskunft.

Schiff	Schiffahrts-Gesellschaft	Zeitpunkt	Art	Zahl der Ge- retteten
		des Unglücksfalls		
Republic . .	White Star Line	23. 1. 1909	Zusammen- stoß	780
Slavonia . .	Cunard Line	10. 6. 1909	Strandung	400
Ohio	Alaska Steamship Co.	27. 8. 1909	.	128
Kentucky . .	.	5. 2. 1910	.	47
Santa Clara .	.	12. 4. 1910	.	95
Carthaginian	Allan Line	30. 4. 1910	?	800
Lithuania . .	Cie. russe de Navigation de l'Asie orientale	?	Strandung	1200
Momus . . .	South. Pacific Co.	23. 7. 1910	Feuer	208
Lisboa . . .	Empreza Nacional de Navegacao	24. 10. 1910	Strandung	250
Olympia . .	Alaska Steamship Co.	12. 12. 1910	.	106
Delhi	Kgl. englische Jacht	13. 12. 1911	.	89
Titanic . . .	White Star Line	15. 3. 1912	Eisberg	703
Veronese . .	Liverpool Brasil & River Plate Steamship Co.	16. 1. 1913	Strandung	204
Templemore	Templemore	30. 9. 1913	Brand	51
Volturno . .	Holland-Amerika-Linie	9. 10. 1913	.	521
Balmes . . .	Pinillos Izquierdo Compania	13. 11. 1913	.	159
Empress of Ireland . . .	Canadian Pacific	29. 5. 1914	Kollision	355

28. Ortsbestimmung — Zeitsignal — Wetterdienst

Ein alter medizinischer Grundsatz lautet: Prophylaxe ist besser als Therapie; das heißt in freier Übertragung: man soll den Ausbruch einer Krankheit möglichst verhindern, dann braucht man sie nicht erst zu heilen. Eben haben wir gesehen, wie oft die drahtlose Telegraphie bereits als Retter aus Seegefahr aufgetreten ist. Sie vermag aber auch Schiffsunfällen vorzubeugen, sie kann dahin wirken, daß die Meeresfahrzeuge immer seltener den Notsender anzuwenden, den Hilferuf SOS auszusenden brauchen.

Hierfür stehen ihr insbesondere drei Wirkungsbereiche zur Verfügung.

Unmöglich ist es, daß die elektromagnetischen Wellen die Gewalt hochgehender Meereswellen und des Sturms zu brechen vermögen. Die Gefahr aber, welche Orkan und andrängende See in Küstennähe bringen, werden nicht wenig gemildert, wenn das umtoste Schiff jeden Augenblick imstande ist, seinen Standort ganz genau zu bestimmen. Kennt es diesen, so vermag es sich in den meisten Fällen durch Einsicht in die Karte von gefährlichen Untiefen und Klippen fernzuhalten. Für eine Ortsbestimmung in Küstengewässern ist die Feststellung der geographischen Lage zu zwei bekannten Punkten, die Kreuzpeilung, das beste Mittel. Gerade aber bei schlechtem Wetter, das keine Fernsicht gestattet, versagen alle hierfür erdachten optischen Werkzeuge. Die drahtlosen Wellen durchdringen ungehindert auch den dichtesten Nebel.

Auf hoher See kann das Schiff seine Lage durch Höhenbestimmung von Gestirnen nur dann ausmachen, wenn es im Besitz einer ganz genauen Zeitangabe ist. Die Winkelmessung mittels des Sextanten hat keinen Sinn, wenn man nicht haargenau weiß, in welcher Sekunde sie vorgenommen worden ist. Es gibt aber keine Schiffsuhr, die tagelang mit absoluter Verlässlichkeit geht; selbst die besten Chronometer haben Fehler. Die drahtlosen Großstationen geben den Schiffen heute die Möglichkeit, zweimal am Tag die Schiffsuhren inmitten des Ozeans mit der wirklichen, durch die besten astronomischen Methoden ermittelten Sternzeit zu vergleichen.

Wenn die Meteorologen auch heute noch nicht imstande sind, das Wetter des nächsten Tags mit Bestimmtheit vorauszusagen, so vermögen sie doch bereits recht verlässliche Angaben über die Witterung der nächsten Stunden zu machen. Wetteränderungen und heranziehende Stürme lassen sich geraume Zeit voraussehen. Werden die in Küstennähe fahrenden Schiffe stets rechtzeitig von der Wetterlage in Kenntnis gesetzt, so vermögen sie sehr wirksame Maßnahmen gegen drohende Gefahr zu treffen. Nachrichten solcher Art können auf das Meer hinaus nur mit Hilfe der drahtlosen Telegraphie gesendet werden.

Schiffsort-Bestimmungen mit Hilfe der Funktelegraphie sind erst möglich, seit wir richtungsempfindliche Empfangs-Antennen besitzen. Der Braunsche Rahmen ist das grundlegende Werkzeug für die Vornahme von Peilungen, d. h. von navigatorischen Richtungsmessungen. Es gibt noch andere Mittel hierfür, sie treten jedoch immer mehr hinter dem Gebrauch der Rahmenantenne zurück. Bei ihrer Anwendung stehen zwei Methoden zur Verfügung: die Fremdpeilung und die Eigenpeilung.

Notwendig ist für beide das Vorhandensein zweier Stationen an der Küste, deren Lage in die Seekarte eingezeichnet, dem Schiff also genau bekannt ist. Bei der Fremdpeilung ruft das Schiff die Stationen an und gibt hierauf eine Zeitlang ein verabredetes Zeichen mit seiner normalen Funkapparatur. Die Landstellen besitzen drehbare Rahmen, an welche Empfänger mit kräftigen Verstärkungseinrichtungen gelegt sind. Wenn diese Rahmen gedreht werden, während das Schiff sendet, so hört man bei einer ganzen Kreisumfahrung den Ton in dem Empfänger zweimal auf- und abschwellen. Der Empfang ist am lautesten, wenn die Schiffsantenne, die als punktförmig angenommen werden kann, in der Verlängerung der Rahmenebene liegt.

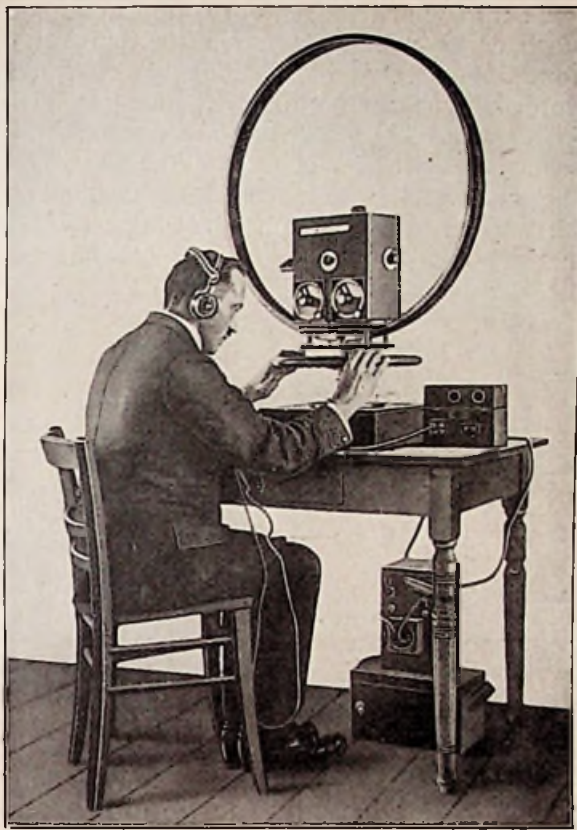
Dieses Maximum tritt aber nicht sehr scharf hervor; bei recht erheblichen Verschiebungen nach rechts und links nimmt der Ton nicht merkbar ab. Dagegen ist das Minimum vorzüglich ausgeprägt, das dann eintritt, wenn die Verbindungslinie zwischen Landstelle und Schiffsantenne senkrecht zur Rahmenebene steht. Für das Peilen wir daher stets das Minimum benutzt. Beide Landstationen wissen, daß beim Auftreten der geringsten Lautstärke im Empfänger die Verbindungslinie zwischen ihrem und dem Schiffsort senkrecht zur Rahmenrichtung steht.

Sie stellen die Winkel fest, welche diese Verbindungslinien zur geographischen Nord-Süd-Richtung bilden, und teilen die ermittelten Zahlen dem Schiff funktelegraphisch mit. Aus diesen Angaben ist, wie wir gleich sehen werden, der Schiffsort leicht zu ermitteln.

Diese Fremdpeilung hat den Vorzug, daß nicht jedes Schiff, um sie zu benutzen, eine Sondereinrichtung mit sich zu führen braucht. Nachteilig ist es dagegen, daß die Landstationen während der Peilung eines Schiffs allen anderen gegenüber taub bleiben müssen. Wenn an einer vielbefahrenen Küste plötzlich Nebel eintritt, so dürften sich bei allgemeiner Benutzung der Einrichtung hieraus große Schwierigkeiten ergeben.

Sie fallen fort, wenn die Schiffe mit Eigenpeilung arbeiten. Beide Landstationen geben alsdann ständig Zeichen von festgesetzter Art. Jedes Schiff besitzt eine Peilvorrichtung, die wieder aus drehbarer Rahmenantenne und angeschlossenem Empfänger mit Verstärkung besteht. Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie hat eine Sondereinrichtung für diesen Zweck mit ringförmiger Antenne ausgebildet, die sehr schnelles Arbeiten gestattet. Dieses ist sehr notwendig, weil ja zur Ortsbestimmung zwei Peilungen vorgenommen werden müssen, und die vom fahrenden Schiff inzwischen zurückgelegte Wegstrecke nur sehr klein gegenüber der Entfernung von den Stationen sein darf, wenn kein störender Fehler auftreten soll.

Auf dem Schiff wird, wiederum durch Einstellen des Rahmens auf das Empfangs-Minimum, zunächst die Richtung der Verbindungslinie zwischen dem Schiff *S* und der Landstelle *A* festgelegt. Ein Zeiger am Rahmen, der sich über einer Scheibe mit Teilkreis bewegt, läßt ohne weiteres die Größe des Winkels *F* zwischen der Verbindungslinie

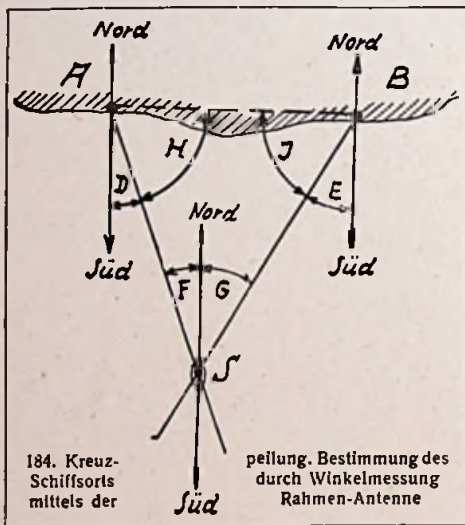


183. Telefunken-Peilrahmen
Dient zur Ortsbestimmung auf Schiffen

und der geographischen Nord-Süd-Richtung ablesen, wenn ein Kennstrich der Scheibe vorher nach der Kompaßangabe (unter Beachtung von Mißweisung und Deviation) in die Nord-Süd-Richtung gebracht worden ist. Hierauf wird die Station *B* gepeilt und auf die gleiche Art der Winkel *G* ermittelt. Wie die Konstruktion auf Bild 184 erkennen läßt, ist Winkel *D* = Winkel *F* (als Wechselwinkel an Parallelen) und Winkel *E* = Winkel *G*. Da die Länge der Linie *AB*, der Abstand der beiden Stationen, sowie die Winkel zwischen dieser Linie und der Nord-Süd-Richtung bekannt sind, so kennt man nun auch die Winkel *H* und *J*. Es kann das Dreieck *ABS* aus drei Stücken, einer Seite und den anliegenden Winkeln, auf der Karte konstruiert

werden. Der Schnittpunkt der beiden Seiten ergibt den Standort des Schiffs.

Es darf nicht verschwiegen werden, daß die Funkpeilungen jeglicher Art heute noch nicht in allen Fällen verläßlich sind, weil die Wellenstrahlung mancherlei Richtungsablenkungen erfährt. Die Bodenbeschaffenheit in der nächsten Umgebung der Landstationen, Eisenbahngleise und Drahtleitungen verwirren den Strahlenweg. Doch die Technik wird bald Mittel finden, diese Störungen auszuschalten.



In trefflicher Weise vorbeugend zu wirken, vermag die Funktelegraphie ferner bei Nebel in vielbefahrenen Meeresteilen, indem die Schiffe sich in solchen Fällen mit ihrer Hilfe gegenseitig anpeilen und über die Kursrichtungen verständigen können, so daß Zusammenstöße vermieden werden. Leuchttürme und andere Seezeichen werden mehr und mehr mit Sendeeinrichtungen versehen, deren Strahlung ein deutlich merkbares Maximum in einer bestimmten Richtung hat. Das läßt sich bei geringen Entfernungen bewirken. Auf diese Weise können Schiffe bei unsichtigem Wetter, wenn alle optischen Merkzeichen versagen, sicher durch schwierige Hafeneinfahrten gelenkt werden. Die gleiche Wirkung haben freilich auch die Unterwasserschallsignale, akustische Wegweiser, bei deren Beobachtung die Richtungsbestimmung heute doch noch leichter ist als bei den drahtlosen Anlagen, da die Richtkraft

von Sendeantennen selbst über kurze Strecken eben doch recht gering ist.

Ganz neu ist der Gedanke, in Hafeneinfahrten Kabel zu verlegen, die mit hochperiodigem Wechselstrom gespeist werden. Drahtlose Empfänger an beiden Schiffsseiten, die getrennt abgehört werden können, gestatten, das Schiff genau senkrecht über dem Kabel laufen zu lassen. Denn sobald eine Verschiebung der Schiffsachse gegenüber der Kabelrichtung eintritt, sind die Töne, welche die beiden Empfänger abgeben, nicht mehr gleich stark. Mit einem solchen Lotsenkabel ist zuerst die schmale Fahrrinne belegt worden, die in den Hafen von New York führt. Es soll hier in nächster Zeit eine zweite Leitung für die Ausfahrt verlegt werden, in der ein Wechselstrom anderer Periode pulst, wodurch es möglich sein wird, daß die ein- und ausgehenden Schiffe auch bei dichtestem Nebel mit Sicherheit getrennte Linien befahren und nicht zusammenstoßen können.

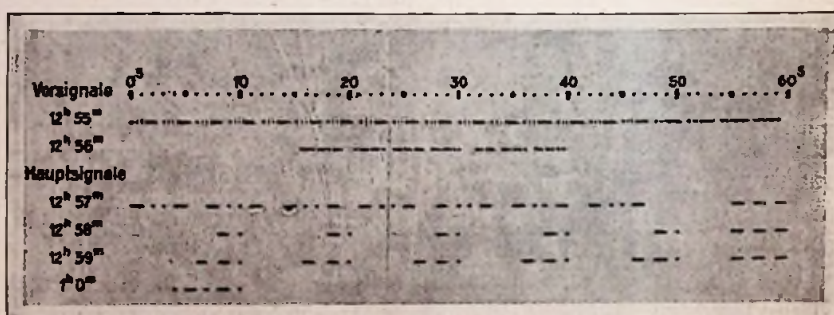
Im Oktober 1912 fand in Paris auf Veranlassung des Bureau des Longitudes eine internationale Konferenz statt, die den Zweck hatte, einheitliche Bestimmungen über die Abgabe von Zeitsignalen auf funktelegraphischem Weg zu treffen. Es wurde angestrebt, einen Weltzeitdienst einzurichten, der es ermöglichen sollte, daß man an jedem Punkt der Erde wenigstens einmal am Tag und einmal in der Nacht eine Zeitmeldung empfangen könne. Obgleich das Zustandekommen einer bindenden Übereinkunft der Staaten in diesem Sinn durch den Ausbruch des Kriegs verhindert wurde, ist der gewünschte Zustand heute dennoch praktisch hergestellt.

Den weitaus größten Vorteil zieht hieraus die Schifffahrt. Größere Uhrenfehler können auf Fahrzeugen, die mit Funkempfängern ausgerüstet sind, nicht mehr auftreten, da immer wieder nach 12 Stunden eine Vergleichung mit der wahren Sternzeit möglich ist. Die Wichtigkeit des Wissens um die richtige Zeit tritt sehr deutlich aus folgender Angabe hervor: geht das Chronometer eines Schiffs, das auf dem 55. Breitengrad fährt, nur Eine Minute vor oder nach, so erhält man bei der Längenbestimmung des Schiffsorts bereits eine Abweichung von der wahren Lage um ein Viertel Bogengrad oder 16 Kilometer.

Wenn die hochwertigen Dampfer auch stets zwei bis drei Chronometer an Bord führen, um den Fehler des einzelnen Zeitweisers unschädlich machen zu können, so waren doch bei Fahrten, die eine Woche und länger dauerten, Abweichungen niemals ganz zu vermeiden. Die Korrektur aber durch das funktelegraphische Zeitsignal schließt jede Falschweisung aus. Das Signal selbst ist, wie wir gleich hören werden, aufs genaueste richtig, und 12 Stunden lang läuft jedes bessere Chronometer mit genügender Genauigkeit.

Vom Jahre 1910 ab gab die deutsche Küstenfunkstelle Norddeich, die sich im Besitz der Reichspost befindet, täglich zweimal ein Zeitsignal. Die Steuerung erfolgte durch das Observatorium in Wilhelmshaven. 1916 wurden die Ankündigungen von Norddeich aus militärischen Gründen eingestellt. Die deutschen Seefahrer hatten sich aber bereits so sehr an die Einrichtung gewöhnt und ihre Wichtigkeit so stark empfunden, daß sie dringend um Neuaufnahme des Zeitsignaldienstes ersuchten.

Seit dem 5. Januar 1917 ist denn auch die Großsendestelle Nauen hiermit beauftragt, und sie gibt von jenem Tag an täglich zwei Zeitmeldungen ab, die überall in der Nord- und Ostsee und im nördlichen Teil des Atlantischen Ozeans wahrgenommen werden können. Es wird um Mittag und Mitternacht der Zeitpunkt 12 Uhr

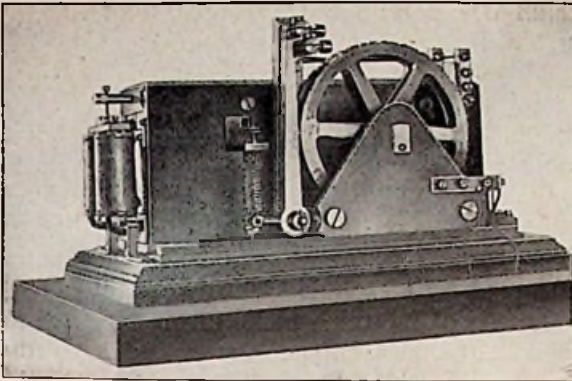


185. Die Zeichenfolge des Nauener Zeitsignals

Greenwicher Zeit, das ist 1 Uhr unserer Mitteleuropäischen Zeit, übermittelt. Die Zeichen werden durch die Europa-Antenne mit der Welle 3900 Meter ausgestrahlt.

Bis zum 31. Oktober 1919 wurde der Nauener Sender für diesen Zweck von der Sternwarte des Hamburgischen Staats in Bergedorf über eine von der Reichspost zur Verfügung gestellte Kabelader in Tätigkeit gesetzt. Der ganze Steuermechanismus befand sich in Bergedorf, so daß sämtliche für die Abgabe des Signals erforderlichen Stromstöße durch das Kabel gingen. Seither ist die astronomische Leitung auf die Deutsche Seewarte in Hamburg übergegangen. Von hier aus aber wird nur noch ein kurzer Auslösungsimpuls abgegeben, die eigentliche Steuerung erfolgt jetzt in der Großstation selbst.

Das Nauener Zeitsignal setzt sich aus der Vorankündigung und der eigentlichen Zeitmeldung zusammen. Der erste Teil der Sendung hat den Zweck, den Schiffen die scharfe Einstellung ihrer Empfänger auf die ihnen bekannte Welle 3900 Meter zu ermöglichen. Während die zweite Zeichenserie abgegeben wird, ist dann Gelegenheit, die Hauptschiffsuhr mehreremal mit der Zeitmeldung zu vergleichen.



186. Der Vorsignalgeber in Nauen

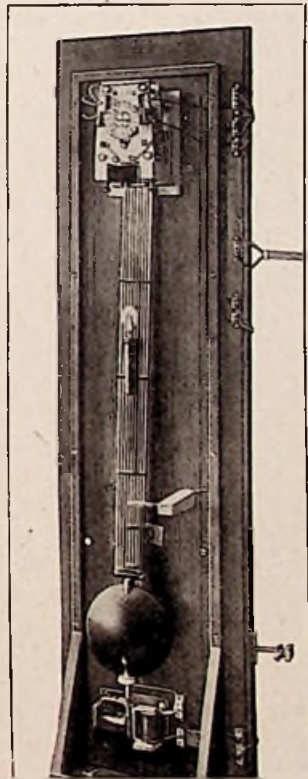
Der Verlauf des Nauener Zeitsignals ist auf Bild 185 dargestellt. Für die Hauptserie wird das internationale Onogo-System verwendet, sogenannt, weil in ihm die Morse-Zeichen für o, n und g in der durch das Wort gekennzeichneten Folge angewendet werden.

Um 12 Uhr 54 Minuten 55 Sekunden wird durch ein genaues Uhrwerk in Nauen der Vorsignalgeber ausgelöst. Dies ist eine runde Scheibe mit teils spitzen, teils breiteren Vorsprüngen, die beim Vorbeigleiten an einer Feder kurze und lange Kontakte machen und so durch Bewegen des Tastrelais die Ausstrahlung von Morse-Punkten und -Strichen bewirken.

Fünf Sekunden lang läuft die Scheibe, die durch einen Gewichtsantrieb bewegt wird, leer. Alsdann gibt sie während der ganzen Minute 12 Uhr 55 zwanzigmal das Zeichen v ab. Hierauf werden inmitten der Minute 12 Uhr 56 Minuten das Anrufzeichen, hierauf das Kennwort von Nauen Poz und die Buchstaben MGZ (Mittlere Greenwicher Zeit) gefunkt.

Um 12 Uhr 56 Minuten 55 Sekunden trifft der regelnde Stromstoß von der Deutschen Seewarte in Hamburg ein. Fünf Sekunden darauf setzt die Hauptuhr, ein Präzisionspendelwerk mit Kontaktmechanismus, den Sender für die eigentliche Zeitmeldung in Tätigkeit.

Es wird zunächst 50 Sekunden lang x gegeben. Alsdann folgen drei Striche (o), deren letzter genau am Ende der 57. Minute schließt. Während der 58. Minute wird fünfmal n gegeben und zwar so, daß der Punkt mit jeder zehnten Sekunde



187. Die Zeitsignal-Hauptuhr in Nauen

erscheint. Den Abschluß der Minute bilden wieder drei Striche. Die 59. Minute ist durch fünf g gekennzeichnet, und wenn hierauf der letzte der drei Striche endet, ist es genau 1 Uhr nach Mitteleuropäischer Zeit. Darauf folgt das internationale Schlußzeichen, dessen Abgabe zugleich die Richtigkeit der Zeitmeldung bestätigt.

Die zunächst wohl ein wenig kompliziert erscheinende Zeichenabgabe ist sehr sinnvoll getroffen und in ihrer Wirkung ausgezeichnet, da sie drei Minuten lang die Uhrenvergleichung gestattet und jede Minute durch einen besonderen Kennbuchstaben von den anderen unterscheidbar macht. Die Ansprüche an die Genauigkeit sind außerordentlich groß; die Abweichungen sollen nicht mehr als $\frac{1}{100}$ Sekunde betragen. Tatsächlich sind während des Jahrs 1920 die Fehler im Gesamtdurchschnitt nicht größer gewesen als $\frac{6}{100}$ Sekunde. Das ist eine Präzision, die für alle nautischen Zwecke unbedingt ausreicht. Wenn während der Abgabe der Zeichen beobachtet



188. Uhrenbild des Nauener Zeitsignals

wird, daß die Abweichung von der wahren Zeit größer als zulässig ist, so wird an Stelle des Schlußzeichens sogleich die Meldung „Zeitsignal ungültig!“ gegeben.

Die Nauener Zeitzeichen sind so eng wie möglich an die große Weltuhr, die scheinbare Sonnenbewegung, angeschlossen. Mittels eines Passagefernrohrs wird in der Deutschen Seewarte zu Hamburg in kurzen Abständen der Durchgang des Sonnenmittelpunkts durch den Meridian beobachtet und hiernach die Einstellung von astronomischen Präzisionsuhren vorgenommen. Der Lauf der Auslöseuhr für Nauen wird mit diesen übereinstimmend gehalten. Außerdem beobachten das Geodätische Institut in Potsdam und das Marine-Observatorium in Wilhelmshaven die Abgabe der Zeitsignale, und sie senden nach jeder Beobachtung ein Telegramm an die Seewarte mit der aus ihrer Zeitbestimmung errechneten Abweichung.

Das Uhrwerk in Nauen, durch welches das Tastrelais für die eigentliche Zeitangabe betätigt wird, läuft immer nur während der Signalzeit. Der Auslösestromstoß aus Hamburg betätigt zu der angegebenen Zeit einen Elektromagneten, dessen Anker das Pendel bis-

her festgehalten hat. Dieses macht nun seine Ausschläge, wodurch die Kontaktscheibe betätigt wird. Nach vollendetem Umlauf der Scheibe um 1 Uhr 0 Minuten 14 Sekunden wird das Pendel von neuem angehalten. Wegen der geringen Abnutzung, der die Teile der Nauener Uhr infolge ihrer kurzen Gangzeiten unterworfen ist, kann auch sie keine Ungenauigkeit in die Zeitabgabe hineinbringen.

Etwa um 12³/₄ Uhr tritt Nauen jedesmal mit Hamburg über die Drahtverbindung, mittels welcher die Auslösung erfolgt, durch Morse-Schreiber in telegraphische Verbindung, um den guten Zustand der Leitung festzustellen.

Augenblicklich wird zur Abgabe des Zeitsignals noch die alte Tonfunkenstation benutzt. Sie soll jedoch auch in diesem letzten Bereich ihrer Wirksamkeit alsbald durch die Sendeanlage für ungedämpfte Wellen ersetzt werden. Da aber die meisten Schiffe noch keine Empfangsanlagen mit Überlagerer besitzen, so wird es alsdann notwendig sein, die Überlagerung am Sendeort vorzunehmen. Zu diesem Zweck wird der Gleichstrommagnetisierung des letzten Frequenztransformators in der 130 Kilowatt-Anlage ein 500periodiger Wechselstrom aus einer kleinen Maschine zugesellt werden. Infolgedessen kann in jedem einfachen Detektorempfänger die Zeitmeldung nach wie vor mit dem Ton 1000 abgehört werden.

Das Zeitsignal ist natürlich auch auf dem ganzen Festland von Europa wahrzunehmen. Das machen sich auch hier viele zunutze, für die der Besitz einer genauen Zeitangabe wichtig ist. Mit besonderer Erlaubnis des Reichspostministeriums lassen wissenschaftliche Institute, Normalzeitgesellschaften, Uhrmacher einen Zeitsignalempfänger bei sich aufstellen, der für Aufnahme der Welle 3900 Meter eingerichtet ist und ausschließlich zum Abhören der Zeitmeldung benutzt werden kann.

Der Wettervorhersage dient die drahtlose Telegraphie in doppelter Art. Sie allein ermöglicht es den großen meteorologischen Zentralstellen, sich mehrmals täglich Meldungen von zahlreichen Orten über den dortigen Barometerstand, die Himmelsbedeckung, Wetterlage usw. machen zu lassen, durch deren Zusammenstellung und Vergleichung erst eine Voraussage möglich wird. Bei der Überlastung der Drähte könnten so umfangreiche Benachrichtigungen, die ja nur dann einen Zweck haben, wenn sie sehr rasch übermittelt werden, auf keine andere Art gewonnen werden.

Wenn die Zentralstelle die Überzeugung gewonnen hat, daß in kurzem ein bedrohliches Unwetter über die Meeresstriche in der Nähe der Landesküste hinaufziehen wird, dann vermag sie den dort sich aufhaltenden Schiffen nur auf drahtlosem Weg hiervon Kunde zu geben. Solche Meldungen sind von ganz besonderer Wichtigkeit für die Fahrzeuge der Hochseefischerei, weil die ausgelegten



189. Zeitsignal-Empfänger

Netze, die sehr wertvoll sind, dann rechtzeitig geborgen werden können.

In der Vorkriegszeit wurden die Sturmwarnungen der Deutschen Seewarte durch die Küstenfunkstelle Norddeich verbreitet. Damals besaßen nur erst wenige Fischdampfer eigene Empfänger. Die Meldungen wurden daher durch Marinefahrzeuge, die sich zur Unterstützung der Hochseefischerei ständig in See befanden, am Tag durch Flaggen, nachts durch Scheinwerfersignale weitergegeben. Heute empfangen die Fischereifahrzeuge mehr und mehr die Meldungen unmittelbar. Wenn es möglich

wäre, statistisch festzustellen, wie viele Menschenleben und welche Gütermengen hierdurch bereits bewahrt worden sind, so würde von neuem Gelegenheit sein, ein hellklingendes Loblied der drahtlosen Telegraphie zu singen.

Die deutschen Küstenfunkstellen Norddeich und Swinemünde geben heute zweimal täglich das „Funkwetter“ auf die See. Norddeich meldet es um 10 Uhr 15 Minuten vormittags und 10 Uhr 30 Minuten abends für die Nordsee, Swinemünde je 15 Minuten später für die Ostsee. Sturmwarnungen werden stets sogleich nach ihrem Eintreffen dreimal nacheinander hinausgefunkt. Außerdem kann jedes Schiff durch Anruf sich jederzeit einen Wetterbericht von den Stationen geben lassen.

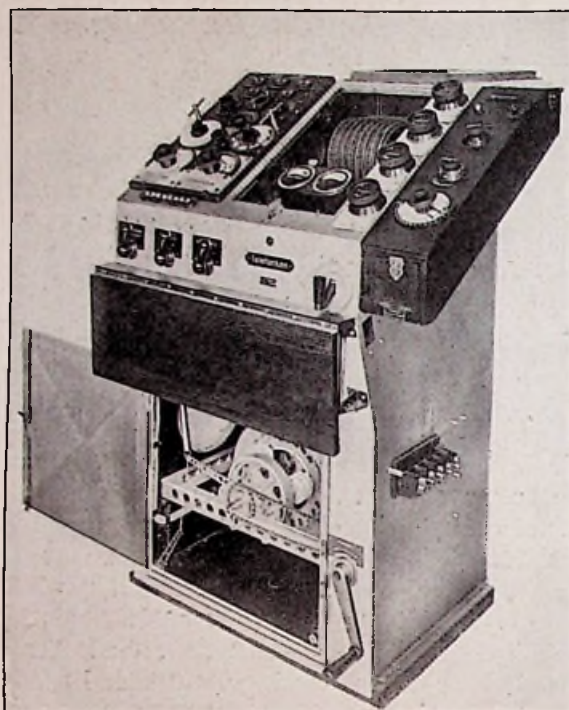
29. In der Luft

Das Wasser ist alter befestigter Grundbesitz des Verkehrs, die Luft beginnt er gerade jetzt allmählich zu erobern. Ist die drahtlose Telegraphie den Schiffen ein hochwillkommener Helfer, so wird sie den Luftfahrzeugen in der nächsten Zukunft ganz unentbehrlich sein. Ein Luftverkehr ohne die Mithilfe der Funktelegraphie ist undenkbar.

Wenn das Riesenflugzeug wirklich ein Wettbewerber der Eisenbahn werden will, so muß es aufhören, ein Schönwetterfahrzeug zu sein. Solange es nicht völlig sicher ist, daß der Luftomnibus zur fahrplanmäßigen Zeit abfährt, falls nicht gerade ein Orkan brüllt, wird er auf einen Massenzustrom von Fahrgästen nicht rechnen können. Das Fliegen aber bei starker Bewölkung, durch welche die Bodensicht verloren geht, bei Nebel und in sternlosen Nächten ist nur möglich, wenn der Luftkapitän Navigationsmittel besitzt, die ihm ständigen Anschluß an Festpunkte auf dem Boden gestatten.

Wenn der schwarze Mantel völliger Finsternis sein Fahrzeug umgibt, oder wenn er von dem gespenstischen Grau unabsehbarer Nebelschwaden eingehüllt ist, verliert der Flugzeugführer trotz der Vielzahl der Richtapparate, die er an Bord führt, gänzlich seinen Weg. Er weiß nicht mehr, ob er geradeaus oder im Kreis fliegt, ja ob die Tragflächen seines Flugzeugs wagerecht stehen oder in scharfem Winkel geneigt sind. In dieser völligen Weltverlassenheit hilft ihm göttergleich die elektrische Welle. Wie die winkende Hand Jupiters zerteilt sie das Gewölk und legt einen weiten Bezirk der festen Erde dem Erkennen des Luftfahrers bloß. Der Peilrahmen erst macht ihn bei jeglichem Wetter zum Herrn seines Fahrzeugs.

Es ist leicht, für jede Luftverkehrslinie eine ausreichende Zahl von Wegweiser-Stationen auf dem Boden einzurichten. In Abständen von 200 Kilometern etwa werden immer wieder zwei Sender aufgestellt, die in der Richtung senkrecht zur Fluglinie ein paar Meilen voneinander entfernt sind. Die Stationen funken ununterbrochen mit bestimmter Wellenlänge ihre Kennung mit Morse-Zeichen in den Raum. Durch Kreuzpeilung, wie wir sie auf Seite 278 für Schiffe kennengelernt haben, kann der Flugzeugführer dann stets seinen Standort feststellen und den Weg finden.

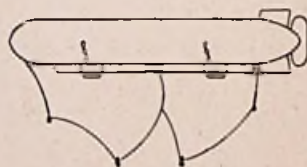


190. Ältester Sender für Zeppelin-Luftschiffe

Viel wichtiger noch als auf dem Wasser ist in diesem Bezirk die Fähigkeit der Peilvorrichtung, Zusammenstößen vorzubeugen. Die Meeresfahrzeuge liegen bei Nebel still oder bewegen sich nur sehr langsam vorwärts. Das Flugzeug muß seine rasche Fortbewegung unter allen Umständen beibehalten, weil es nur durch diese, durch die senkrechte Auftriebskomponente, die beim Vorwärtsflug entsteht, sich schwebend zu er-

halten vermag. Wenn der dreidimensionale Luftraum gegenüber der zweidimensionalen Wasserfläche auch den Vorteil bietet, daß nicht nur nach rechts und links, sondern auch nach oben und unten ausgewichen werden kann, so wäre doch auf den verkehrsreichen Linien die Gefahr von Zusammenstößen allzu groß, könnte man sich bei unsichtigem Wetter nicht schon aus weiter Entfernung gegenseitig wahrnehmen. Wenn jedes der Fahrzeuge in Nebel und Wolken ständig ein Kennzeichen funkt, so wissen alle Begegnenden oder Herankommenden durch die Töne im Telefon ihrer Peilempfangsvorrichtungen, daß ein Fahrzeug in der Nähe ist, ob es sich voraus oder querab befindet und in welcher Richtung es fliegt.

Auch die Kenntnis der Wetterlage ist für das Luftfahrzeug noch wertvoller als für das wasserfahrende Schiff. Dieses kann sich im Verlauf vieler Stunden nur über einen beschränkten Bezirk vorwärts bewegen, das Flugzeug aber mit seiner hohen Geschwindigkeit steigt stets mit der Absicht auf, weit, weit über das Land zu ziehen. Beim Abflug in Berlin muß der Führer wissen, welches Wetter er in Leipzig, in Hannover



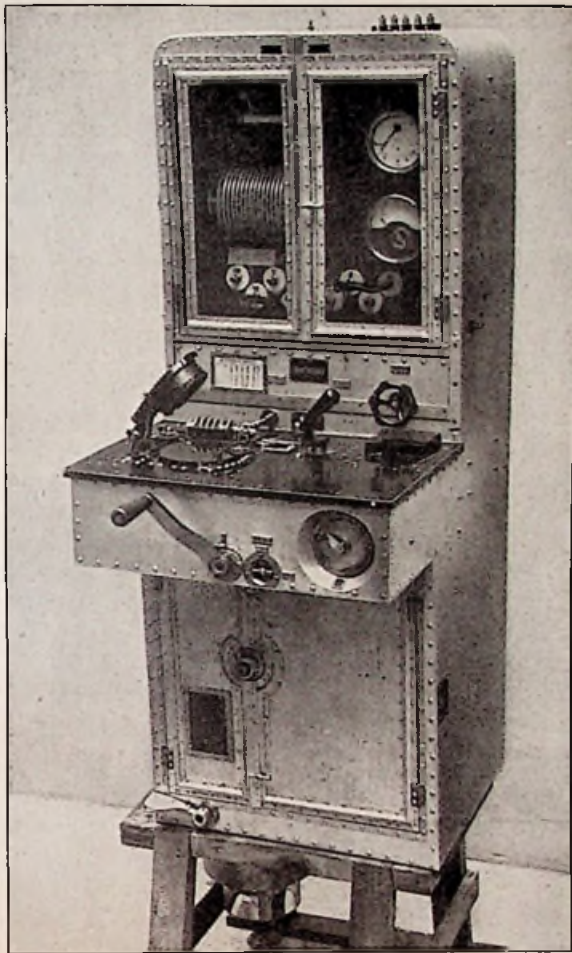
191. Antennenanlage eines Zeppelin-Luftschiffs

oder über der Ostsee antreffen wird. Die Navigation wird ihm in grundlegender Weise erleichtert, wenn er auch während des Flugs ständig von Änderungen der Wetterlage am Zielort unterrichtet werden kann. Die Auskünfte der beiden genannten Arten sind nur mit Hilfe der drahtlosen Telegraphie zu erlangen.

Die Freizügigkeit der leitungslosen Fernmeldungen allein ermöglicht es, daß jeder größere Flughafen ständig darüber unterrichtet ist, welches Wetter an allen wichtigeren Landungsstellen im Umkreis von mehreren hundert Kilometern herrscht. Für die Übertragung der überaus zahlreichen Tele-

gramme solcher Art die Drähte zu benutzen, ist wiederum wegen ihrer hohen Inanspruchnahme für andere Zwecke nicht angängig.

Nähert sich das Flugzeug bei Nacht oder bei unsichtigem Wetter dem Zielhafen, so wird es in diesen durch elektromagnetische Wellen hineingelotet. Der Flugplatz zeigt die sichere Landungsstelle durch ständiges Funken seiner Kennung an, deren Ausgangspunkt mittels Peilung festgestellt wird. Daneben erhält das einkommende Flugzeug Mitteilungen über Stärke und Richtung des Bodenwinds, der ja oft von den Luftbewegungen in höheren Schichten abweicht, so daß in Ruhe die rechte Art des Anflugs gewählt werden kann.



192. Neuerer Sender für Zeppelin-Luftschiffe

Die Aufrechterhaltung eines regelmäßigen Luftverkehrs wird sehr begünstigt, wenn der Heimathafen immerwährend von dem Verbleib eines abgelassenen Fahrzeugs unterrichtet ist. Es kann ja nicht ausbleiben, daß das eine oder das andere der Flugzeuge von unerwarteten Ereignissen betroffen wird, die es zwingen, aus dem Kurs zu gehen, einen anderen Ort als den vorausbestimmten anzulaufen oder irgendwo im freien Feld notzulanden.

Gerade in diesem letzten Fall ist es sehr wichtig, ein Mittel in der Hand zu haben, welches das sofortige Herbeirufen von Hilfe gestattet. Da man damit rechnen muß, daß bei einer Notlandung außer der Antenne des Flugzeugs auch der Hauptmotor und dadurch



193. Zeppelin L 59,
der die längste aller Luftreisen ausgeführt hat

die Kraftquelle für den drahtlosen Sender unbrauchbar wird, so ist für ausreichenden Behelf zu sorgen. Jedes größere Passagierflugzeug wird daher einen ausziehbaren Mast nebst den nötigen Drähten mitnehmen, damit die Mannschaft rasch eine kleine Schirmantenne aufzurichten vermag, und der Motor des Senders wird so gebaut sein, daß er

auch mit Handkurbeln betrieben werden kann, die zum Aufsetzen bereit liegen.

Wenn Luftreisen zum täglichen Brot des Verkehrs geworden sein werden, dann wird sicher auch ein lebhafter Austausch von Privattelegrammen zwischen den Fahrzeugen und dem Boden stattfinden. Die Fahrgäste werden, wenigstens zu einem Teil, erfreut darüber sein, daß sie inmitten des Luftozeans nicht vereinsamt sind, sondern die Verbindung mit der Außenwelt aufrechterhalten können, die Unternehmungen werden den Verdienst, der ihnen durch die Depeschbeförderung bis zum nächsten geeigneten Telegraphenamte zufließt und vielleicht eine nicht unbedeutende Höhe erreicht, mit freundlichen Gesichtern buchen.

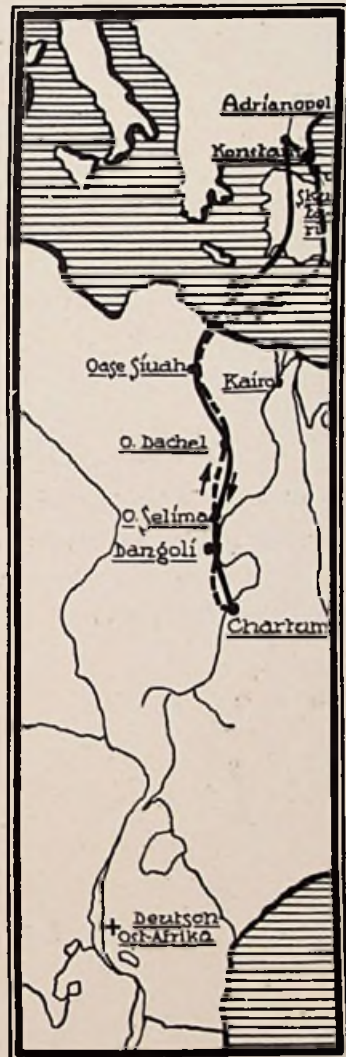
Die enge Paarung zwischen Flug- und Funktechnik, die heute bereits besteht, ist erst auf den Schlachtfeldern angebahnt worden. Die beiden sind kriegsgetraut. Vorher lehnten die Flieger es störrisch ab, die jüngste Tochter der Elektrotechnik näher kennen zu lernen.

Es fiel das berühmte Wort, daß man zu den Gefahren des Flugs nicht noch die Schrecknisse des elektrischen Hinrichtungsstuhls gesellen wolle. In der Tat schien es zuerst höchst gefährlich, Funkstrecken in der Gondel von Lenkluftschiffen, also in der Nähe großer Massen leichtentzündlicher Gase, aufzustellen oder Leitungen, die sehr hohe Spannungen führen, neben dem Benzintank der Flugzeuge und dessen Verbindungsrohren mit dem Motor zu verlegen.

Auch die Funktechnik selbst hatte die Aussteuer für diese Eheschließung nicht bereit. Ingenieure, die noch nie geflogen waren, glaubten die normalen Bodenapparate ohne weiteres in Luftfahrzeuge setzen zu können. Die Vorrichtungen waren aber zu schwer, beanspruchten viel zu viel Platz, und die Kontakte, besonders die beweglichen, wurden Ursache schwerster Störungen, da sie die ständigen Erschütterungen nicht auszuhalten vermochten.

Es ist auch ein anderes, den Empfänger im stillen Raum einer geräumigen Landstation oder auf dem engen Flugzeugsitz beim Geknatter des Motors zu bedienen, das beinahe jeden Laut verschlingt. Trotz aller äußeren Gegenmaßnahmen schienen die Schwierigkeiten des Abhörens ankommender Zeichen fast unüberwindlich, solange nur die leisen Töne der Detektorkreise zur Verfügung standen. Die Verstärkung mittels Hochvakuumröhren, die das Zirpen des Telefons in Gebrüll von beliebiger Lautfülle verwandelt, hat auch hier, wie in so vielen anderen Bezirken, erst die Bahn für eine breite Wirkung geschaffen. Die Funkingenieure lernten auch rasch, Sonderapparate für Luftfahrzeuge zu bauen, und diese werden jetzt von den Fliegern für fast ebenso unentbehrlich erachtet wie der Motor oder die Steuerung.

Im Anfang des Kriegs konnten die Luftfahrzeuge, die zur Artilleriebeobach-

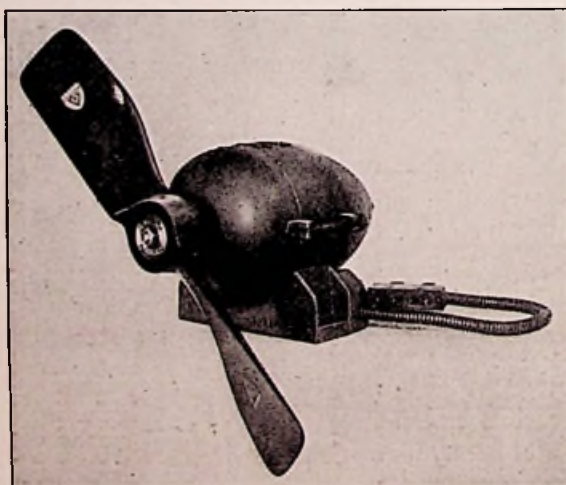


194. Weg des Zeppelin L 59
Adrianopol—Chartum—Adrianopol



195. Steuergriff eines Jagdeinsitzers mit Funktelegraphie

Deutschland 1910 von Telefunken in ein Parseval-Luftschiff eingebaut. Der Körper dieses unstarren Fahrzeugs besitzt



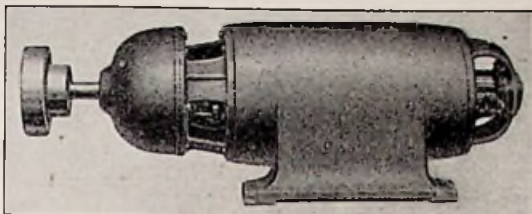
196. Dynamo für Flugzeug-Sender mit Luftschrauben-Antrieb

tung aufstiegen, ihre Meldungen zum Boden nur mittels Abwurf taschen oder Leuchtpistolen übermitteln. Es bedeutete einen Wendepunkt der Kriegstechnik für damals und alle absehbaren Zeiten, als die drahtlose Verbindung zwischen Beobachtungsflugzeugen und Artillerie-Kommandostellen begann. Aus der Entwicklung der Apparate für diese Zwecke zieht der friedliche Luftverkehr heute schon die größten Vorteile.

Die erste fliegende Station wurde in den Gefürchteten, durch Induktion veranlaßten Funkenentladungen hätten auftreten können, und die Gondel ist ziemlich weit von dem Gasbehälter entfernt. Als Antenne diente ein Draht, der 200 Meter tief hinab hing, als Gegengewicht waren die Metallteile der Motor-gondel verwendet.

Die Luftdrahtenergie betrug 75 Watt.

Das günstige Arbeiten der Station ermutigte zur Ausrüstung der Zeppelin-Luftschiffe mit ähnlichen Einrichtungen. Es zeigte sich, daß man das riesige Aluminiumgerippe vor-



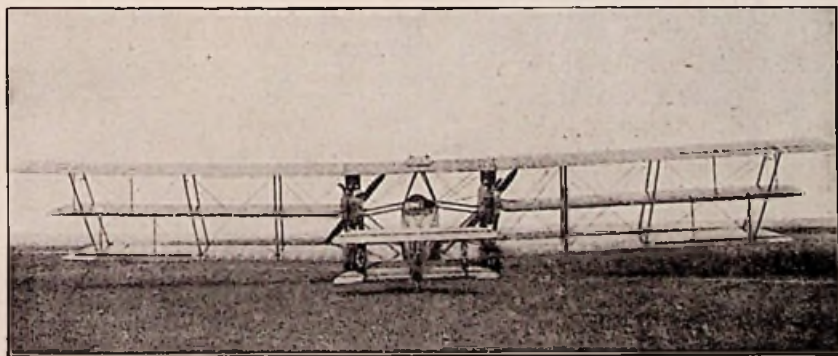
197. Dynamo eines Riesenflugzeug-Senders für Antrieb durch einen besonderen Motor

trefflich und mit günstigster Wirkung als Gegengewicht zu verwenden vermochte, ohne daß daran Funken auftraten, durch welche der Wasserstoffinhalt der eingelagerten Ballonetts hätte entzündet werden können. Die gesamten Sende-Einrichtungen waren in einem Schrank untergebracht, die Türen mit gasdichten Verschlüssen versehen. Die Taste unterbrach die feste Einschließung nicht, da das Loch, durch das sie hinausragte, mit einer nachgiebigen Gummimembran verschlossen war.

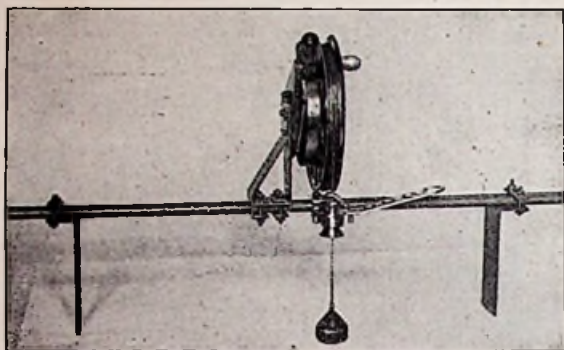
Die Antenne hatte die auf Bild 191 dargestellte Form; sie näherte sich also der T-Gestalt. Die elektrisch wirksamen Teile bestanden aus Bronzelitzen von 2 Millimetern Querschnitt. Zum Straffhalten waren eiserne Gewichte von Eiform angehängt. Die Antenne konnte vor dem Landen mittels der Kurbel, die auf Bild 190 unten rechts sichtbar ist, dicht an den Körper des Luftschiffs herangezogen werden.

Die immer besser ausgebildeten Stationen haben alsdann den Zeppelin-Schiffen im Krieg ausgezeichnete Dienste geleistet. Nur durch die drahtlose Verbindung mit Bodenstationen in Cleve und Tondern konnten sie bei westlich gerichteten Expeditionen auch bei schlechtem Wetter ihren Weg finden.

Unvergessen wird in der Geschichte der Luftfahrt wie der Funktechnik die Reise bleiben, welche das Zeppelin-Schiff L 59 am



198. Riesenflugzeug



199. Antennenhaspel für ein Flugzeug

21. November 1917 von Adrianopel aus antrat. Es sollte den bedrängten Truppen in Deutsch-Ostafrika die von ihrem Führer, General von Lettow-Vorbeck, funktelegraphisch angeforderten dringendst benötigten Bedarfsgegenstände, besonders

Medikamente, überbringen. Das von Kapitän von Butlar geführte Fahrzeug war bereits zwei Tage unterwegs, als die deutsche Heeresleitung davon benachrichtigt wurde, daß Ostafrika inzwischen gänzlich von den Engländern besetzt worden sei. Man wußte nicht, wohin Lettow-Vorbeck sich zurückgezogen hatte. Um das Luftschiff davor zu bewahren, in Feindeshand zu fallen, gab es nur ein Mittel: den Befehl zur Umkehr mittels drahtloser Benachrichtigung.

Die Signale erreichten den Zeppelin tatsächlich und zwar, als er über Chartum, tief im Innern Afrikas, schwebte. Die Entfernung von Nauen, dessen Antenne die Befehlsworte in den Raum gestrahlt hatte, betrug 4500 Kilometer. Die Nauener Wellen hatten es fertig gebracht, ein einzelnes bestimmtes Körnchen im ungeheuren Luft-ozean aufzufinden. Das Luftschiff wendete und traf nach weiteren zwei Fahrttagen wohlbehalten im Heimathafen ein. Es hatte ohne Zwischenlandung eine Strecke von 8000 Kilometern zurückgelegt, die weit länger ist, als die Entfernung Berlin – New York.

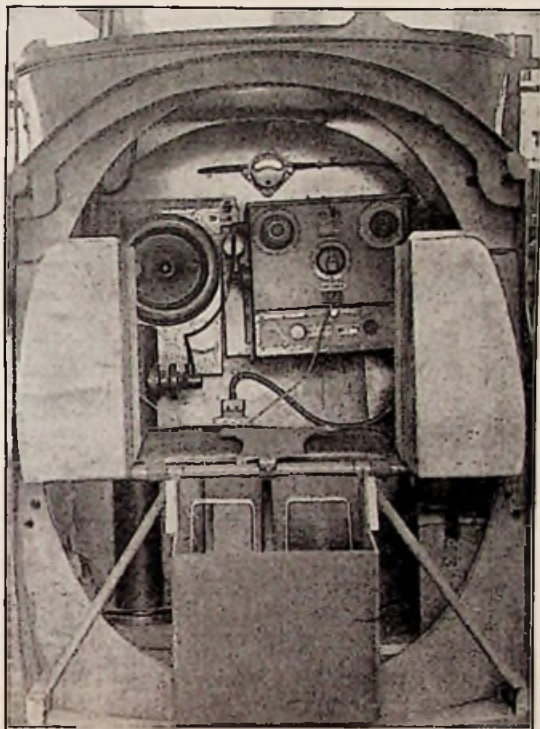
Die Stationen für Flugzeuge haben eine sehr harte Entwicklungszeit durchgemacht. Auf der einen Seite mußten die Konstruktionen immer kleiner und leichter gemacht werden, damit sie auch in Jagdeinsitzer eingebaut werden konnten, andererseits verlangten die zu abenteuerlichen Größen an-



200. Fliegerhaube mit eingebautem Empfangstelephon

wachsenden Riesenflugzeuge Anlagen ganz besonderer Form mit großen Reichweiten. Die deutsche Funktechnik ist stets in der Lage gewesen, allen Anforderungen zu entsprechen, die während des Kriegs an sie gestellt wurden.

Der Antrieb des Generators zur Bereitung der Sende-Energie erfolgte eine Zeitlang durchgängig mittels einer kleinen Luftschraube, die auf die Achse der Maschine gesetzt wurde (Bild 196). Man brachte die Dynamo so unter, daß die Luftschraube sich vor der Vorderwand des Fahrgestells befand, oder man hängte die Maschine am Spannturm zwischen den Tragflächen auf. Es zeigte sich aber, daß die Fluggeschwindigkeit durch die zweite Schraube vermindert wurde, weshalb bei Fahrzeugen bis zu mittlerer Größe jetzt allgemein auf den Antrieb des Generators durch den Motor mittels Kettenübertragung übergegangen ist. Es entsteht hierdurch freilich der Nachteil, daß während des Gleitflugs, also vielleicht gerade in einer Notlage, keine Sende-Energie zur Verfügung steht, weil alsdann der Motor stillgesetzt ist oder zu langsam umläuft.



201. Flugzeug-Senderempfänger,
in den Beobachterstand eingebaut

In Riesenflugzeugen, die sehr lange Gleitflüge auszuführen pflegen und Anforderungen besonderer Art an die Raumverteilung stellen, werden jetzt stets besondere Benzinmotoren für den direkten Antrieb der recht großen Wechselstrommaschinen aufgestellt. Die größten der Luftriesen bergen heute Einrichtungen, die weder an Vielzahl der Einzelteile noch an Wirkungskraft hinter den Ausrüstungen wichtiger Landstationen zurückstehen.

Als Antenne wird am Flugzeug meist ein einfacher Hängedraht (Bild 63 Seite 94) bis zu 200 Metern Länge benutzt, der mittels eines

Handhaspels auf- und abgewickelt werden kann. Für die Abstimmung der Station braucht man kein Luftdrahtvariometer, sondern ändert die Länge der Antenne selbst in entsprechender Weise durch den Haspel. Bei Anwendung von Röhrensendern genügt eine kürzere Antenne. Sie kann alsdann fest am Flugzeug verlegt werden, z. B. als Saum um die Kanten des oberen Tragdecks oder als Schirmantenne, für die ein kurzer Hilfsmast aufgerichtet wird.

Bei offenen Flugzeugen wird das Empfangstelephon in die Haube eingebaut, die der Beobachter trägt. Es muß fest am Ohr liegen, damit der scharfe Wind die Töne nicht davonträgt. Um das Motorgeräusch möglichst abzuhalten, ist eine kräftige Filzeinpackung vorgesehen.

Bild 201 zeigt einen modernen Röhren-Senderempfänger, der in den Beobachterstand eines offenen Flugzeugs eingebaut ist. Die Station besitzt einen Dreiröhrenverstärker und Audionempfänger mit Rückkoppelung. Sie kann Wellen von 300 bis 750 Metern senden und empfangen. Die Reichweite beträgt 250 Kilometer.

Auch die telephonische Verbindung mit Luftfahrzeugen ist bereits gelungen.

30. Im Dienst der Eisenbahn

Der Lokomotivführer steht auf der Maschine des Schnellzugs Berlin-Hamburg.

Er lehnt, das Pfeifchen im Mund, an der rechten Seitenwand des Führerstands und blickt durch das gerundete Fenster, vorbei an dem eisernen Rumpf der Lokomotive, auf die Strecke. Immer wieder in kurzen Abständen tauchen die Umrisse eines Signalmastes auf, die sich dunkel gegen den hellen Horizont abheben. Der bewegliche Arm daran ist schräg nach oben gerichtet, um anzuzeigen, daß der folgende Streckenabschnitt frei ist.

Ein paar Dutzend dieser Kennzeichnungen für ungehinderte Fahrt hat der Lokomotivführer seit der Abfahrt vom Lehrter Bahnhof in Berlin bereits gesehen, und immer weiter künden die Arme ihm: „Fahrt frei! Fahrt frei!“ So ist er es von vielen früheren Fahrten des durchgehenden Schnellzugs gewöhnt, der $3\frac{1}{2}$ Stunden ohne Zwischenhalt durch die Lande rollt. Denn mit allen Mitteln machen die Streckenaufsichtsbeamten vor diesem geschwindesten Zug in Deutschland die Strecke frei.

Vor den Augen des Führers eilt das immer gleichmäßige, öde, braune Band der Strecke unaufhaltsam nach hinten, eintönig kehrt immer dieselbe Signalanzeige wieder. Alle Teile der Lokomotive selbst, die von einem tüchtigen Heizer betreut wird, sind in bester Ordnung, der Zeiger des Fahrtmessers weist gleichbleibend 95 Kilometer Stundengeschwindigkeit — der Führer braucht die Hand nicht zu bewegen, er hat gar nichts zu tun.

Mit gewohntem Pflichteifer schaut und schaut er nach den Signalen. Sie sind die einzige Verbindung des Führerstands mit der Außenwelt, sie allein sprechen zu der sonst völlig vereinsamten Lokomotivmannschaft, ihre Weisung ausschließlich gibt Kunde davon, daß alle Weichen auf den durchrasten Zwischenbahnhöfen richtig liegen, und daß von keinem vorausfahrenden Zug oder einem anderen Hindernis auf den Schienen Gefahr droht. Das Bewußtsein von der unvergleichlichen Wichtigkeit der Signalbeobachtung lebt in dem Lokomotivführer. Aber die Untätigkeit und das Gleichmaß des Eindrucks ermüden ihn unbewußt. Auch er ist ein Mensch mit einem Privat-

leben. Gedanken, die weit hinwegführen aus dem engen eisernen Gehäuse, kommen und gehen.

Jetzt nimmt der Führer mit rascher, besorgter Bewegung die Pfeife aus dem Mund. Hat das eben vorbeigeglittene Signal wirklich auf Fahrt frei! gestanden oder hat es etwa Halt! gezeigt? Sein Auge hat das Signalbild erfaßt, aber das Gehirn hat es nicht gedeutet. Sekundenlang nur war der Arm sichtbar, und schon ist er wieder verschwunden. Der Führer hat indessen gerade an irgend etwas gedacht, das ihn zu Hause erwartet. Die Sorge über die nächste Zukunft des Zugs springt auf und schwindet erst wieder mit dem Anblick des nächsten schräg gerichteten Signalarms.

Ein Vorgang wie der eben skizzierte gefährdet die Sicherheit der Eisenbahnfahrten, und da das Nichtbeachten einer Haltanzeige bei dem augenblicklichen Zustand des Signalwesens* bei uns und in allen anderen Ländern stets möglich ist, so wird eine Verbesserung angestrebt.

Das Gegebene hierfür ist die Signalanzeige im Führerstand der Lokomotive selbst in Verbindung mit einem Aufmerkzeichen. Die Eisenbahnverwaltungen fast aller Länder sind sich indessen im Augenblick darüber einig, daß man dem Führer nicht Gelegenheit geben soll, innerhalb des Lokomotivhauses zu erkennen, ob der nächste Streckenabschnitt als frei oder als besetzt gemeldet wird. Man will, daß der Beamte nach wie vor nach den Signalen draußen anschauen muß, damit er sich nicht überhaupt der Gepflogenheit entwöhnt, auf die Strecke zu achten. Als erwünscht aber gilt seit langem das Erscheinen eines scharf auf die Sinne wirkenden Aufmerkzeichens im Führerstand, sobald der Zug sich einem Signal nähert. Es scheint auf den ersten Blick sehr leicht, Konstruktionen mit solcher Wirkung herzustellen, die Aufgabe hat sich aber als sehr schwer lösbar erwiesen.

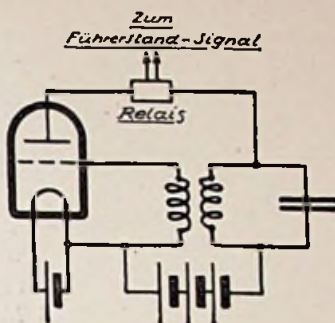
Der nächstliegende Gedanke war, einen kräftigen eisernen Arm dicht neben die Schienen zu setzen, der in das lichte Profil, den stets freizuhaltenden Raum über dem Gleis, hineinragt. Ein Anschlaghebel an der Lokomotive sollte hiergegen prallen und durch seine Bewegung das Merkzeichen auslösen. Man mußte jedoch wahrnehmen, daß bei einer Schnellzugsgeschwindigkeit von etwa 30 Metern in der Sekunde oder rund 100 Kilometern in der Stunde solche mechanischen Kontakte unmöglich sind. Wenn der Anschlaghebel auf der Maschine für die Versuche auch noch so leicht gemacht, sein Drehlager so reibungslos wie möglich gestaltet wurde, der bewegliche Hebel und meist auch der feste Arm gingen bereits

* Gemeinverständlich geschildert in dem Buch des Verfassers: „Die Welt auf Schienen“, eine Darstellung der Einrichtungen und des Betriebs auf den Bahnen des Fernverkehrs (Verlag Albert Langen, München).

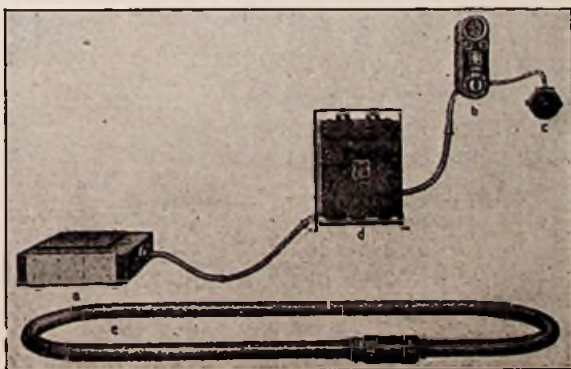
beim ersten Zusammenprall in Stücke. Auch elektrische Streichkontakte, bestehend aus einem Flacheisen neben der Schiene und einem Kupferdrahtbesen an der Lokomotive, erwiesen sich durch allzu raschen Verschleiß als unbrauchbar.

Berührung eines körperlichen Teils am fahrenden Zug mit einem festen Gegenstand auf der Strecke mußte also völlig ausscheiden. Man versuchte es nun mit einfacher Induktionswirkung, bei der Geber und Empfänger nur noch elektrisch, also unkörperlich, gekoppelt waren. Es wurde z. B. ein hufeisenförmiger Elektromagnet so am Maschinenrahmen befestigt, daß seine Pole sich in geringem Abstand vom Schienenkopf befanden. Kurz vor jedem Signal war in das Gleis an Stelle einer Schiene aus dem gewöhnlichen Material eine solche aus Nickelstahl gelegt. Wenn der Elektromagnet darüber hinwegglitt, änderte sich die Selbstinduktion in den Magnetspulen, wodurch das Lokomotivsignal ausgelöst wurde. Aber auch hier traten allzu viele Versager auf, da der lange Lokomotivrahmen während der Fahrt stark federt, so daß der Magnet entweder auf den Schienenkopf stieß und abbrach oder in so weiten Abstand gebracht wurde, daß keine Änderung der Induktion mehr auftrat.

Es wurde deutlich, daß der hier beschrittene Weg richtig war, daß man zu einer brauchbaren Konstruktion gelangen würde, wenn man nur den Abstand zwischen Geber und Empfänger groß genug wählen, von 1 Zentimeter etwa auf $1\frac{1}{2}$ Meter übergehen könnte. Als geeignetes Zwischenmittel bei einer solchen Anordnung boten sich die elektromagnetischen Wellen der drahtlosen Telegraphie fast von selbst an. Während der langsame Wechselstrom der Induktionsvorrichtung nur einen geringen Zwischenraum überbrücken kann, wirkt



202. Röhrensender für Lokomotiv-Signal
Schaltenschema mit dem Relais, durch welches das Führerstandsignal ausgelöst wird



203. Die Apparate für das Lokomotiv-Signal
a Röhrensender; b Signalkasten; c Abstellknopf; d Relais;
e Auslöser-Rahmen, der auf den Schwellen festgemacht ist

der hochperiodige Wechselstrom, den die Ätherwellen darstellen, ja über weite Bezirke. Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie hat eine Auslösevorrichtung für Aufmerkzeichen auf der Lokomotive nach folgenden Grundsätzen hergestellt.

Unter dem Lokomotivrahmen ist in einem halben Meter Höhe über den Schwellen ein kleiner Röhrensender in geschlossenem Holzkasten untergebracht. In dem Anodenkreis der Röhre (Bild 202) liegt ein Relais, das auf den eigentlichen Signalgeber im Führerstand wirkt. Auf der Strecke ist kurz vor jedem Signal ein Rahmen aus Metallrohr von 3 Metern Länge, 50 Zentimetern Breite und 8 Zentimetern Rohrdurchmesser zwischen den Schienen eines Gleises auf den Schwellen festgekrampft. Das Rohr enthält Selbstinduktionsspulen und Kondensatoren, die den Rahmen zu einem geschlossenen schwingungsfähigen Kreis von bestimmter Selbstinduktion machen.

Wenn der Röhrensender unter der Lokomotive, der während der Fahrt ständig strahlt, über diesen Rahmen, auf den er abgestimmt ist, hinweggeht, so werden in diesem Schwingungen erzeugt. Die Energie, welche diese Schwingungen hervorruft, muß notwendigerweise dem Senderkreis entnommen werden. Die darin pulsierende Energie nimmt also ab, und das hierdurch bewirkte Absinken der Stromstärke im Anodenkreis läßt das eingebaute Relais ansprechen. Der abfallende Relaisanker schließt einen Kontakt, am Signalgeber im Führerstand leuchtet hinter einem Fensterchen eine Lampe auf, und es ertönt eine kräftige Hupe, die mit Druckluft aus dem Bremsbehälter der Lokomotive betrieben wird. Sowohl das akustische wie das optische Zeichen bleiben so lange in Wirksamkeit, bis sie vom Lokomotivführer durch Druck auf einen Kontaktknopf abgestellt werden.

Diese Bewegung, die der Führer vor dem Herankommen an jedes Signal ausführen muß, ist geeignet, seine Aufmerksamkeit unter allen Umständen wachzurütteln. Man kann nicht annehmen, daß er auch dann noch ein Signal unbeachtet lassen wird.

Hört während der Fahrt infolge einer Störung die Strahlung des Röhrensenders auf, dann wird ebenfalls das Signal ausgelöst. Es ist aber in solchem Fall nicht möglich, es durch Betätigen des Druckknopfs abzustellen. Hieran erkennt der Führer, daß es sich um eine Störung und nicht um die Vormeldung eines Streckensignals handelt. Um jedoch Versager fast gänzlich auszuschließen, sind in den Senderkasten drei Röhren eingebaut, die mittels Schaltgriffs am Signalkasten nacheinander eingeschaltet werden können.

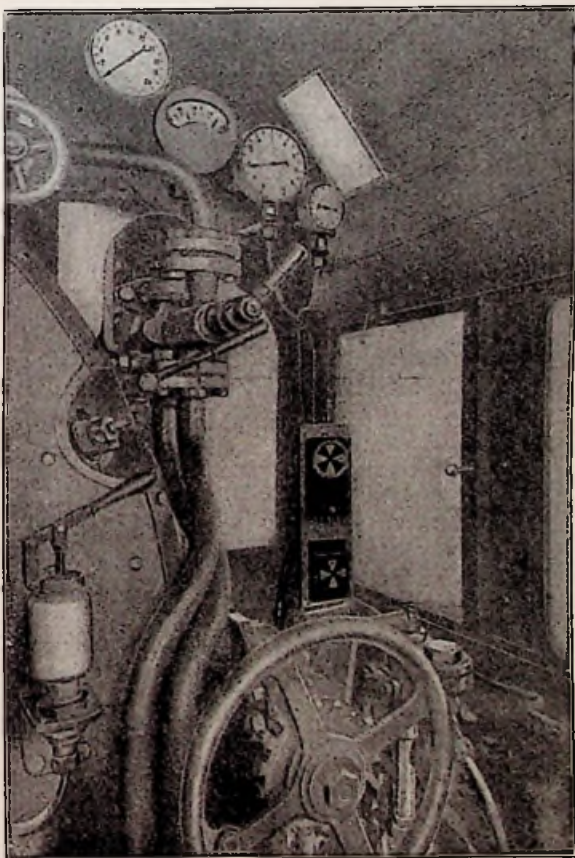
Die geringe elektrische Energie, die zur Betätigung des Röhrensenders und für die Auslösewirkung notwendig ist, kann aus einer Akkumulatorenbatterie entnommen, aber auch durch eine kleine Dynamo bereitet werden, die von einem Dampfturbinchen angetrieben

wird. Die Vorrichtung wird vor Antritt jeder Fahrt eingeschaltet, und hierbei kann der Lokomotivführer sofort erkennen, ob alles daran in Ordnung ist; denn auch bei diesem Einschalten wird das Signal ausgelöst und muß durch den Druckknopf abgestellt werden.

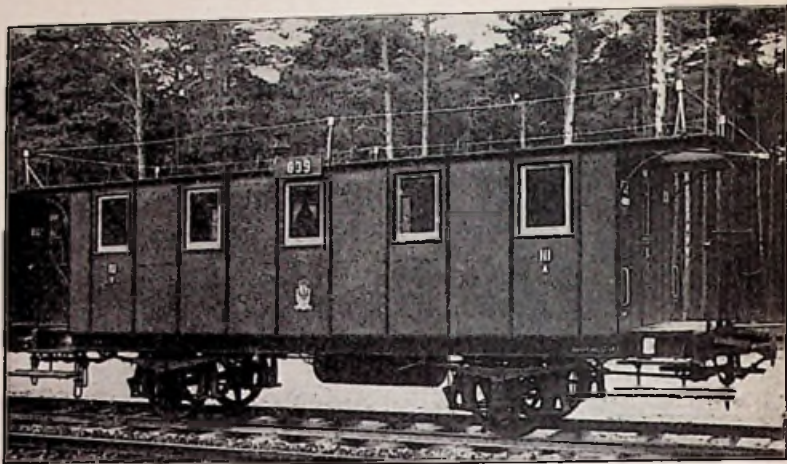
Die Einrichtung hat sich beim Probetrieb auf zahlreichen Strecken des In- und Auslands gut bewährt, sie bedeutet also eine wichtige Bereicherung der Signaltechnik. Unschwer wäre es möglich, nach denselben Grundsätzen eine wirkliche Signalstandmeldung auf der Lokomotive auszubilden. Hierzu wären z. B. zwei Sender unter der Lokomotive anzubringen, die Wellen verschiedener Länge strahlen. Auf der Strecke müßten gleichfalls zwei Rahmen mit entsprechender Abstimmung liegen. Bei Halt-Stellung des Signals würde der eine, bei Fahrtfrei-Stellung der andere Rahmenkreis durch Herausklappen eines Kontaktstücks mittels des Signaldrahtzugs unterbrochen sein, so daß beim Darüberfahren immer nur der eine entsprechende Sender auf der Lokomotive betätigt würde. Auch das selbsttätige Schließen des Dampfventils und das Anziehen der

Bremse könnten mittels einer solchen Einrichtung leicht bewirkt werden. Es wäre aber falsch, einem toten Apparat die Gesamtaufsicht über die Sicherheit des Zugsanzuvertrauen. Diese bleibt nach wie vor am besten in den Händen der bewährten Lokomotivmannschaft.

Zum Austausch betrieblicher Mitteilungen kann der fahrende Zug heute ohne Schwierigkeit in telegraphischen, besser noch telephonischen Verkehr



204. Lokomotivführerstand mit Aufmerksignal



205. Drahtlose Telegraphie auf der Eisenbahn
Senderwagen mit Dachantenne

mit beliebigen Verkehrsstellen treten. Eine gar nicht sehr komplizierte Anlage von geringem Gewicht in einem Wagen und eine Antenne, die um das Dach des Fahrzeugs gelegt ist, genügen hierfür. Die Sende-Energie darf besonders gering sein, weil die abgesendeten oder ankommenden Wellen vorzüglich durch die Drahtleitungen geführt werden, die an der Strecke entlang laufen. Über dieses Phänomen hören wir Näheres in Abschnitt 32.

In Amerika, wo ja tagelange Reisen in demselben Zug keine Seltenheit sind, hat man bereits Abteile eingerichtet, von denen aus private Telefongespräche geführt werden können. Die Empfangsstelle an der Strecke kann die drahtlos ankommenden Schwingungen so leiten, daß sie als elektrische Impulse im Draht weitergehen. Auf diese Weise ist es möglich, vom Zug aus mit jedem Fernsprechteilnehmer in weitem Umkreis zu sprechen.

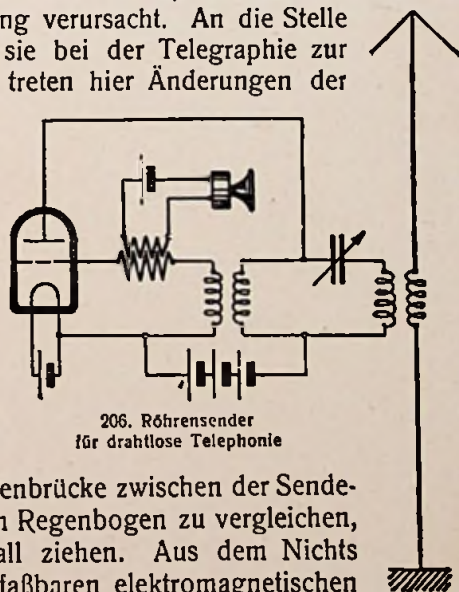
Die deutsche Technik ist selbstverständlich in der Lage, ähnliche Einrichtungen zu schaffen. Versuche hierfür sind im Gang, die sehr bald zu abschließenden Ergebnissen führen werden.

31. Telephonie

Der Geist der drahtlosen Telephonie ist leicht zu fassen — für jeden, der den ersten Teil dieses Werks mit Aufmerksamkeit gelesen hat. So seltsam die Wirkung ist, wenn ohne verbindende Leitung die menschliche Stimme über Hunderte und Tausende von Kilometern übertragen wird, etwas grundsätzlich Neues gegenüber den Geräten für die drahtlose Telegraphie enthalten die hierzu notwendigen Einrichtungen nicht.

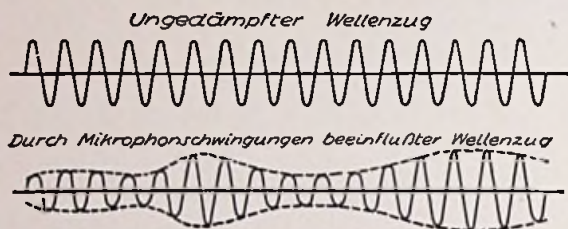
Der Empfänger kann sogar ganz unverändert bleiben, denn er ist ja ohnedies schon für Aufnahme durch das Gehör eingerichtet. Die Detektoren jeglicher Art, einschließlich des Audions, leisten erfreulicherweise völlig ausreichende Dienste auch für das drahtlose Fernsprechen. Am Sender wird die Telegraphiertaste durch das Mikrophon (Seite 141) ersetzt, das gleichfalls einen Schalter darstellt. Ein Unterschied besteht nur darin, daß dieser Schalter die Antennenenergie nicht vom Maximum auf Null steuert, sondern bloß ein Schwanken der ständigen Strahlung verursacht. An die Stelle von Stromunterbrechungen, wie sie bei der Telegraphie zur Zeichenbildung benutzt werden, treten hier Änderungen der Schwingungshöhen, der Amplituden.

Grundlegende Voraussetzung für eine klare und verständliche Übertragung der Sprachlaute durch den Raum ist allerdings das Vorhandensein ungedämpfter Schwingungen. Der Sender muß, solange die Schallplatte des Mikrophons unbewegt ist, ununterbrochen Wellenzüge von gleichmäßiger Schwingungshöhe ausstrahlen. Die so entstehende Wellenbrücke zwischen der Send- und der Empfangsantenne ist dem Regenbogen zu vergleichen, über den die Götter nach Walhall ziehen. Aus dem Nichts gefügt, mit Hilfe der sinnlich unfaßbaren elektromagnetischen



Feldwirkungen aufgebaut, ist sie doch fest genug, um die Fußtritte der Sprachlaute auszuhalten. Der ungedämpfte Wellenzug ersetzt den Verbindungsdraht, der für die ältere Art des Fernsprechens stets notwendig ist.

Bild 206 zeigt eine vereinfachte Sende-Einrichtung für drahtlose Telephonie, an der wir uns die grundsätzlichen Vorgänge klar machen können.

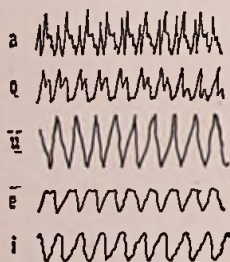


207. Wirkung des Mikrophons bei der drahtlosen Telephonie

An den Gitterkreis des Röhrensenders ist mittels einer Induktionsspule ein Mikrophon geschaltet. Während der Sender bei ruhendem Mikrophon ungedämpfte Schwin-

gungen von stets gleicher Amplitude aussendet, ändern sich die Schwingungshöhen, sobald die Schallplatte des Mikrophons durch dagegenprallende Luftschwingungen erschüttert wird. Denn die elektrischen Bewegungen, die jetzt in dem Teil der Induktionsspule auftreten, der im Gitterkreis liegt, üben eine mehr oder weniger bremsende Wirkung auf die Schwingungen (Bild 207). Die Sendeanenne strahlt fortwährend eine andere Amplitude, die in der Empfangsantenne Energiepulsationen gleicher Art hervorruft. Man läßt diese durch die Einrichtungen des Empfängers, der von irgendeiner der uns bekannten, zur Aufnahme ungedämpfter Schwingungen geeigneten Art sein kann, unverändert zum Telefon übertragen, dessen Schallplatte nun ebenso schwingt, wie die Membran des Mikrophons am Sender.

Die Telephonie ist eine verfeinerte Telegraphie.



208. Luftschwingungen beim Aussprechen der Vokale

An die Stelle der grob hämmernden Taste, die nur ein Oben und ein Unten kennt, ist die Membran des Mikrophons mit ihrer fein gestuften Wirkung getreten. Welch verwickelte Steuerarbeit sie zu leisten hat, zeigen uns die Kurven auf Bild 208. Sie stellen die Luftbewegungen dar, die beim Aussprechen der verschiedenen Vokale entstehen. Man hat die Kurven erhalten durch vergrößerte photographische Aufnahme eines Schnitts durch eine Grammophon-Wachplatte, auf die der spitze Stift seine kopierende Grabwirkung geübt hatte.

Deutlich ist zu erkennen, daß nicht nur die Amplituden, sondern auch die Frequenzen der Schallschwingungen von Vokal zu Vokal

stark wechseln. Beim Aussprechen von Konsonanten, insbesondere von Zischlauten, entstehen noch weit abwechslungsreichere Kurven.

Die Zahl der Schwingungen, die vom menschlichen Kehlkopf in jeder Sekunde hervorgerufen werden, wechselt von etwa 100 bei einer Baßstimme bis zu 1000 beim Sopran. Läßt man einen Laut eine Sekunde lang ertönen, so ruft er also in dieser Zeit durchschnittlich mehrere hundert Schwingungen hervor. Während beim Schnellasten für Telegraphie höchstens 50 Stromunterbrechungen in der Sekunde geleistet werden können, werden bei der Übertragung der Sprache bis zu 1000, beim Übermitteln hoher musikalischer Töne noch weit mehr Intensitäts-Einstellungen bewirkt. Trotz dieser außerordentlichen Geschwindigkeit der Schaltungen können durch die menschliche Stimme Hunderte von Pferdestärken, z. B. die gesamte Energie der großen Nauener Anlage gesteuert werden.

Es ist leicht einzusehen, daß für die Übertragung von Tönen gedämpfte Schwingungen, wie sie von echten Funksendern hervorgerufen werden, nicht verwendet werden können. Wenn die Gruppenfrequenz auch so weit gesteigert werden kann, daß sie keinen störenden Eigenton mehr erzeugt, so treten doch bei den gedämpften Schwingungen, eben wegen ihrer Dämpfung, fortwährend Veränderungen der Amplitude auf, die jede saubere Tongebung verhindern.

Weit unangenehmer aber sind die so überaus zahlreichen langen Unterbrechungen der Strahlung (siehe Bild 49, Seite 81), während deren Dauer jegliche Tonübertragung notwendigerweise wegfallen muß. Die gedämpften Schwingungen gleichen einer Brücke, deren Fahrbahn zerstört ist und aus der noch dazu einzelne Bogenstücke gänzlich herausgesprengt sind. Die sehr empfindlichen Sprachschwingungen können aber nur über einen Weg wandern, der gleichmäßige Bildung, geradezu polierte Glätte zeigt.

Wenn man beim drahtlosen Telephonieren drüben verstanden werden will, so muß jeder Laut Gelegenheit haben, zahlreiche Einzelschwingungen zu beeinflussen. Wählt man beim Sender eine ungedämpfte Grundschwingung von 300 Metern Wellenlänge, so findet in der Antenne während jeder Sekunde eine Million elektrischer Schwingungen statt. Bei einer Wellenlänge von 3000 Metern sind es immer noch 100 000 sekundliche Schwingungen. Jede einzelne der Sprachschwingungen kann also in beiden Fällen auf lange Züge elektrischer Wellen einwirken, die Amplituden-Änderungen werden scharf ausgeprägt. Die Grundschwingung selbst ist natürlich wegen ihrer hohen Frequenz im Empfangstelephon unhörbar.

Die Möglichkeit, im drahtlosen Verkehr auch gesprochene Worte übermitteln zu können, ist von sehr hohem praktischen Wert. Durch unmittelbare Unterhaltung lassen sich die meisten Dinge sehr viel rascher erledigen als durch Telegrammaustausch. Private Empfangs-

stellen brauchen nicht besonders geschulte Telegraphisten anzustellen, die Morse-Zeichen zu deuten verstehen. Freilich ist der Energieverbrauch bei Telephonanlagen größer, da es bei ihrem Betrieb keine Pausen gibt, in denen Unterbrechung der Strahlung stattfindet. Die Grundschrwingungen müssen vielmehr, solange Betriebsbereitschaft besteht, ständig ausgesendet werden. Die Reichweite ist vorläufig beim Telephonieren noch geringer als beim Telegraphieren, die Störungsfreiheit längst nicht so groß wie beim Verkehr mittelst Tastens.

Gegenüber der Drahttelephonie tritt als überaus wichtiger Vorzug die bequeme Überwindung großer Entfernungen, gleichgültig ob über Land oder über Wasser, hervor. In jedem Draht werden durch die Sprechströme Kapazitäts-Erscheinungen geweckt, durch welche die Sprache verzerrt wird. Bei sehr langen Leitungen treten diese störenden Einflüsse so stark auf, daß jede Möglichkeit der Verständigung schwindet, selbst wenn man durch Anbringen von Pupinspulen oder andere Mittel dagegen zu wirken versucht. Es sind schon sehr erhebliche Kunstgriffe notwendig, wenn man sich zwischen Berlin und Mailand über 1350 Kilometer telephonisch verständigen will. Darüber geht es auf dem Land vorläufig nicht hinaus.

Sehr viel ungünstiger noch liegen die Verhältnisse bei der Telephonie über trennende Meere hinweg. Jedes Kabel ist ein riesenhafter Kondensator, eine Leidener Flasche von abenteuerlicher Länge, bei der die Kupferleitung die innere, das Wasser die äußere Belegung, die Isolierung das Dielektrikum vorstellen. Bei einer Kabelleitung übt ein Strom, der auf der einen Seite hineingeschickt wird, drüben erst dann seine Wirkung, wenn der Kondensator voll aufgeladen ist. Das Auftreten von Kapazitäts-Schwankungen macht es notwendig, schon beim Telegraphieren über lange Kabel ganz langsam zu arbeiten, wenn die Impulse nicht ineinander fließen sollen. Die schnell aufeinander folgenden Impulse der Telephonie werden daher leicht zu einem formlosen Brei zusammengedröhrt.

Es erscheint heute noch völlig unmöglich, von Europa nach Amerika durch eine Unterseeleitung zu telephonieren. Das längste aller Fernsprechkabel auf der Erde liegt bezeichnenderweise in der Ostsee. Es ist zwischen der samländischen und der pommerschen Küste zur Verbindung des abgetrennten Ostpreußen mit dem übrigen Deutschland ausgestreckt. Seine Länge beträgt nur 180 Kilometer. Die Leistung, welche die deutsche Technik hier vollbrachte, ist überall bewundert worden.

Drahtlos aber telephoniert man heute schon über Ozeanbreiten. Es wird sicherlich in wenigen Jahren möglich sein, daß die menschliche Stimme durch diese Übertragungsart auch die längste Entfernung auf der Erde überwindet.

Eine telephonische Verbindung mit beweglichen Empfangsstellen, mit Eisenbahnzügen, Schiffen und Luftfahrzeugen kann selbstver-

ständig nur auf drahtlosem Weg hergestellt werden. Es ist hübsch, zu denken, daß Nordpolfahrer in naher Zukunft die Möglichkeit haben werden, sich aus ihrer sonst völligen Abgeschlossenheit heraus, von der Region des ewigen Eises her, mit ihren Angehörigen zu Hause zu unterhalten. Bei alledem spielt die überaus hohe Empfindlichkeit, zu der die Empfangseinrichtungen durch die Audion- und Verstärkerröhren entwickelt sind, eine ausschlaggebende Rolle.

Eine Sonderleistung des drahtlosen Telephonie-Senders ist der bereits in Abschnitt 26 erwähnte Rundspruch. Beliebige Teilnehmer können mit geeigneten Aufnahme-Apparaten das Gesprochene, Gesungene oder Töne hören, die durch Instrumente hervorgebracht werden. Vergrößerung der Empfängerzahl bedingt keine Verstärkung der Sende-Energie. Ohne daß erst in langwierigem Verfahren eine Leitung verlegt zu werden braucht, kann jeder rasch an das System angeschlossen werden. Auf solche Art vermag man Mitteilungen zu verbreiten, die viele interessieren: Pressenachrichten, Börsenkurse, Sportberichte. Ein Konzert zum Beispiel, das in Berlin stattfindet, kann in jeder Stadt Europas mitangehört werden. Selbst ein musikalischer Feinschmecker wird sich nicht zu scheuen brauchen, einen Anschluß für solche Darbietungen in seinem Haus aufstellen zu lassen, denn die drahtlose Tonübertragung ist frei von den Verzerrungen, die wir von der Drahtübermittlung her kennen; sie gibt jeden Ton in ungetrübter Reinheit wieder.

Es ist andererseits vorläufig noch nicht daran zu denken, einen drahtlosen Ortsverkehr einzurichten. So viele Sprechstellen, wie heute in den Großstädten angeschlossen sind, können nicht gleichzeitig in drahtloser Verbindung miteinander stehen. Die gegenseitige Beeinflussung wäre zu groß. Bei den kurzen Entfernungen, die hier in Betracht kommen, stellen sich aber auch die Anordnungen alter Art billiger, weil die Kosten für die Drahtverlegung weitaus aufgewogen werden durch das Zusammenhalten der Energie in jedem Draht. Sprechstellen mit so bescheidenen Energiequellen, wie sie heute in Gebrauch sind, kennt die drahtlose Telephonie vorläufig noch nicht.

Die erste drahtlose Sprachübertragung konnte nicht früher stattfinden, als bis der erste Sender für ungedämpfte Schwingungen erfunden war. Poulsen hatte sogleich erkannt, daß seine Lichtbogenapparatatur auch für die Zwecke der Telephonie zu verwenden sei. Es gelang ihm im Herbst 1906, zwischen zwei von der C. Lorenz Aktien-Gesellschaft in Berlin hergerichteten Stellen über 15 Kilometer zu sprechen. Im folgenden Jahr vermochte er bereits die Entfernung Berlin—Jüterbog zu überwinden.

Telefunken machte gleichfalls 1906 Versuche mit einer eigenen Lampenkonstruktion. Hiermit wurde zuerst, aber gleichzeitig mit einer Sende-Einrichtung von Fessenden in Amerika, eine größere

Reichweite erzielt. Weihnachten 1906 konnte von Nauen nach Berlin über 40 Kilometer hinweg gesprochen werden. Am 15. November 1907 glückte eine gute Verbindung zwischen Berlin und Rheinsberg über 75 Kilometer. Mit einer kleinen Hochfrequenzmaschinen-Anlage der Bauart Arco, bei 6 Kilowatt in der Antenne, wurde im Juni 1913 von Nauen nach Wien gesprochen. Die Verständigung über die Entfernung von 600 Kilometern war vorzüglich.

Unter Benutzung der 130 Kilowatt-Anlage konnte Nauen im Sommer 1921 mit einem nach Argentinien fahrenden Dampfer über mehr als 4300 Kilometer hinweg sprechen. Zu gleicher Zeit wurden auch mit den großen Lichtbogensendern in der Reichspoststation Königs-Wusterhausen erfolgreiche Versuche angestellt. Mit ihrer Hilfe wurden Konzerte für ganz Europa veranstaltet, und selbst Schiffe im Atlantischen Ozean konnten auf diese Art unterhalten werden. Marconi denkt an die Einrichtung eines regelmäßigen Telephonverkehrs zwischen England und Amerika. Von Arlington bei Washington aus will man bereits nach Pearl Harbour auf den Hawaii-Inseln, über einen beträchtlichen Teil des Großen Ozeans hinweg, 9000 Kilometer weit, gesprochen haben.

Es ist heute nicht mehr zweifelhaft, daß bei Benutzung der großen Nauener Hochfrequenzmaschinen-Anlage, die 400 Kilowatt in die Antenne gibt, das gesprochene Wort zu einer geeigneten Empfangsstation in den Vereinigten Staaten geschickt werden könnte. Denkt man sich eine gleichstarke Sendestelle drüben bereitgestellt, so wäre kein technisches Hindernis mehr für eine außerordentliche Leistung der drahtlosen Technik vorhanden: jeder Besitzer eines Fernsprechanchlusses in Deutschland könnte alsdann mit jedem Teilnehmer in den Vereinigten Staaten telefonieren.

Die Leitung des rufenden deutschen Teilnehmers z. B. würde durch das Hauptfernprechamt in Berlin mit einer Verstärkeranlage in Nauen verbunden. Diese wirkte auf die Tastspule für die Übersee-Antenne, so daß die von hier ausgehenden ungedämpften Schwingungen durch die Bewegungen der Schallplatte im Mikrophon des deutschen Teilnehmers gesteuert würden. Die Empfangsstelle in Amerika leitete die ankommenden Impulse wieder zu einer Verstärkeranlage, über die hinweg eine Verbindung mit dem gerufenen Teilnehmer hergestellt würde. Wenn die amerikanische Sendestelle mit einer anderen, genügend weit abliegenden Wellenlänge arbeitete, so daß der eigene Empfänger durch sie nicht beeinflusst würde, so könnte gleichzeitig auch von Amerika nach Deutschland telefoniert werden. Es wäre also ein richtiger Gegensprechverkehr möglich, wie wir ihn bei der Drahttelefonie üben.

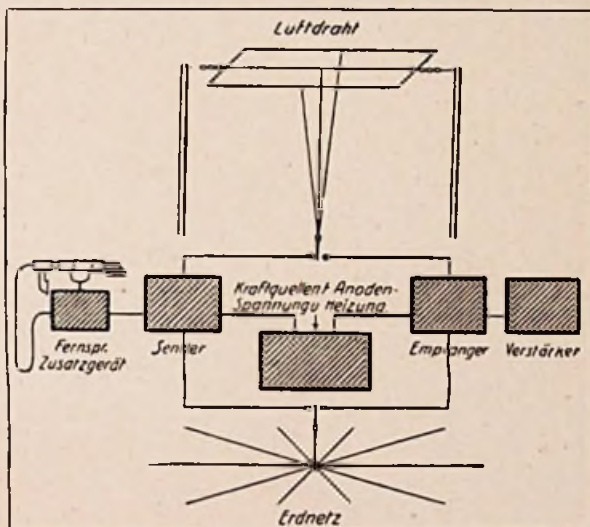
Doch das sind Zukunftsträume. Die Großstationen mit ihren sehr teuren Anlagen können heute noch nicht für den Austausch privater

Telephongespräche zur Verfügung gestellt werden, da durch diese kein genügendes kommerzielles Ergebnis zu erreichen wäre. Ein Bedürfnis zu einem lebhaften Fernsprechverkehr zwischen den Ländern oder gar zwischen den Erdteilen besteht im Augenblick noch nicht. Ob ein lohnender Sprechbetrieb zwischen Europa und Amerika jemals wird eingerichtet werden können, ist fraglich, weil es ja infolge des Zeitunterschieds nur wenige Stunden innerhalb eines astronomischen Tags gibt, in denen die Europäer und die Amerikaner gleichzeitig in ihren Geschäftsräumen weilen.'

Wichtig geworden aber sind bereits die Telephonie-Einrichtungen für geringe Reichweiten. Sie brauchen nicht mehr den schwer zu bedienenden Lichtbogensender oder kostspielige Maschinenanlagen, sie bedienen sich des Röhrensenders, dieses nach außenhin so überaus einfach sich gebenden Apparats, der auch vom Nichtfachmann ohne weiteres zu verstehen ist.

Dem Röhrensender gehört die Zukunft in der Telephonie noch weit mehr als in der Telegraphie. Denn die von ihm erzeugten Hochfrequenzschwingungen haben eine unvergleichliche Konstanz, so daß sie die Sprache in nahezu vollkommener Reinheit übertragen. Die Anschaltung des Mikrophons ist sehr bequem, da es immer nur die schwachen Ströme des Gitterkreises zu beeinflussen braucht (Bild 206). Als Empfangseinrichtung wird auch hier, wie bei allen vorher beschriebenen Anlagen, die Verstärkeranlage nach Bild 105, Seite 155, aber mit Audion an Stelle des Detektors, verwendet.

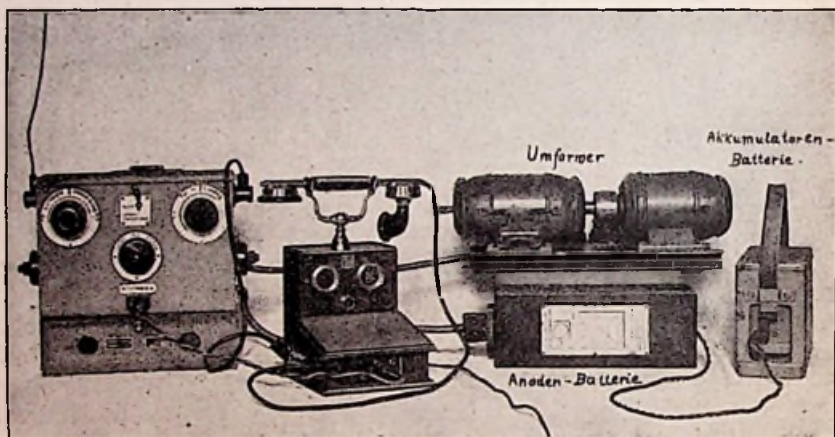
Solch eine kleine, heute bereits als normal zu bezeichnende Anordnung für drahtlose Telephonie kann entweder mit je einer Antenne auf jeder Seite für Wechselsprechen oder mit getrennten Luftleitern für Senden und Empfangen, also mit im ganzen vier Antennen, zum Gegensprechen eingerichtet werden. Wechselsprechen findet



209. Theoretische Darstellung der Einrichtungen für drahtloses Wechselsprechen

statt, wenn die Apparate bei *A* ausschließlich auf Empfang stehen, während *B* spricht, und umgekehrt, wenn also jeder erst eine Umschaltung vornehmen muß, sobald er vom Sprechen zum Hören oder vom Hören zum Sprechen übergehen will. Beim Gegensprechen ist beiderseits zugleich Senden und Empfangen möglich.

Eine Telephonie-Anordnung für Wechselsprechen mit nur Einem Luftdraht nach dem System Telefunken ist zunächst grundsätzlich auf Bild 209 dargestellt. Wir sehen den Luftdraht und den Erdanschluß, zwischen die sowohl der Röhrensender wie der Empfänger gesetzt sind. Die Kraftquelle liefert die Anodenspannung für die Senderöhre und die Verstärkerröhren im Empfänger sowie den Heiz-



210. Apparate einer Station für drahtloses Wechselsprechen

strom. An den Röhrensender, der die in der Telegraphie übliche Einrichtung besitzt, ist der Fernsprecher als Zusatzgerät so angeschlossen, daß nach dem Niederdrücken eines Knopfs am Handgriff das Mikrophon auf den Gitterkreis der Röhre zu wirken vermag. Bei losgelassenem Knopf ist das Telephon mit dem Empfangsverstärker verbunden, was in der Zeichnung nicht angedeutet ist. Der bewegliche Handapparat, Mikrotelephon genannt, an dem Mikrophon und Telephon angebracht sind, ruht auf der Umschaltgabel, über deren Wirkung an dieser Stelle sogleich gesprochen werden wird.

Bild 210 zeigt die wirkliche Form der Apparate. Die Kraftquelle ist danach dreigeteilt. Sie besteht aus der Heizbatterie, die aus Akkumulatoren zusammengesetzt ist, der Anodenbatterie für die Röhren im Empfänger, die aus Trockenelementen besteht, und einem Umformer, der die sehr viel höhere Anodenspannung für den Sender liefert. Der Motor des Umformers kann aus dem Netz oder aus einer weiteren Akkumulatorenbatterie gespeist werden. Die Dynamo

gibt, wenn der Motor läuft, Gleichstrom von genügender Spannung ab. Die Senderöhre und die Verstärkerröhren sind in einem gemeinschaftlichen Kasten untergebracht. Die Senderöhre wird während des Empfangs als Audion benutzt.

Bei aufgelegtem Mikrotelephon ist die Anlage auf Anruf geschaltet. Heizbatterie und Anodenbatterie geben ständig Strom ab, der Umformer aber steht still. Sobald auf der Gegenseite der am Fernsprecherkasten sichtbare Knopf niedergedrückt wird, sendet ein kleiner Funksender, ein Sum-

mer, Energie in die Antenne, die hinüber gestrahlt wird. Die Verstärkeranordnung läßt den dumpfen Summerton, kraftvoll gesteigert, einem besondern laut sprechenden Telephon zufließen, dessen Ton im ganzen Zimmer hörbar ist. Es kann auch mittels Relais eine Klingel zum Ertönen gebracht werden. Durch einfaches Abnehmen des Mikrotelephons kann nunmehr gehört werden, was der andere spricht. Vor dem Antworten muß der Knopf niedergedrückt werden, der aus dem Handgriff des Mikrotelephons hinausragt.



211. Station für drahtloses Gegensprechen

Jetzt läuft der Umformer an, die Senderöhre beginnt zu strahlen, und drüben vernimmt man bei losgelassenem Knopf am Telephon das Gesprochene.

Soll Gegensprechen stattfinden, so müssen zwei Antennen vorhanden sein, und die Wellenlänge des Senders hüben muß um mindestens 10 vom Hundert von der durch den Sender drüben erzeugten Wellenlänge verschieden sein. Sender und Empfänger derselben Station sind jetzt getrennte Geräte. Die sonstige Einrichtung ist dieselbe wie bei der vorher geschilderten Anlage. Der Umschaltknopf am Mikrotelephon fällt fort, der Umformer läuft ständig,



Rede und Gegenrede vollziehen sich genau wie am Leitungsfern-
sprecher.

Mit einem 10 Kilowatt-Röhre sender, den Telefunken in Königs-
Wusterhausen aufgestellt hat, konnte bereits über 3500 Kilometer
hinweg telephoniert werden. Sämtliche drahtlosen Fernsprechstationen
lassen sich durch Anbringen einer Taste ohne weiteres zum Tele-
graphieren verwenden.

Während des Kriegs sind die Kampfschiffe aller Staaten mit Ein-
richtungen für drahtlosen Fernsprechverkehr versehen gewesen. In
der deutschen Marine wurde hierfür hauptsächlich der Lichtbogen-
sender benutzt. Das Fernsprechen zwischen Handelsschiffen ist heute
noch nicht üblich. Denn die allgemeine Einführung des Tele-
phonierens auf dem Meer wird durch eine Schwierigkeit behindert,
die auf den ersten Blick unwichtig und äußerlich erscheint, aber
doch von grundsätzlicher Bedeutung ist.

Die Telegraphierzeichen sind international vereinbart und werden
von jedem Bordtelegraphisten verstanden. Was aber geschieht, wenn
etwa ein griechisches Fahrzeug mit einem deutschen, ein siamesisches
Schiff mit einem amerikanischen wirklich reden will? Eine baby-
lonische Sprachverwirrung müßte die Folge sein. Ist es doch sogar
beinahe unmöglich, daß ein Deutscher sich englisch mit einem
Japaner oder Argentinier unterhält, auch wenn alle drei die benutzte
Sprache gut erlernt haben. Eine amerikanische Zeitschrift brachte,
als zum erstenmal der Gedanke eines drahtlosen Fernsprechver-
kehrs auf dem Weltmeer auftauchte, die in Bild 212 wiedergegebene
Scherzzeichnung. Die unglückliche Empfangstelephonistin vernimmt
in ihrem Hörer Wörter aller lebenden Sprachen und will verzweifeln.

Erst dann, wenn man sicher sein kann, daß sich auf jedem Schiff
ein Beamter mit umfassenden Sprachkenntnissen und ganz besonderer
Schulung auf diesem Gebiet befindet, wird auch auf den Meeren

das Telegraphieren weiter und weiter durch das Fernsprechen verdrängt werden.

Dem Telephonverkehr vom Boden aus mit Flugzeugen, die sich in Fahrt befinden, steht kein Hindernis mehr entgegen. Bereits während des Kriegs haben Unterhaltungen solcher Art stattgefunden. Die Engländer haben für die Flugzeuge, die auf den regelmäßig befahrenen Strecken London—Paris und London—Brüssel verkehren, Nachrichtenstellen eingerichtet, die den Beobachtern Wetter- und andere Meldungen zusprechen. Aus der Luft kann auf gleiche Art geantwortet werden. Da das Mikrophon jedes Geräusch, also auch das Brüllen des Motors, in Schwankungen der Antennen-Energie umsetzt, so muß wie der Hörer auch der Sprechtrichter im Flugzeug schalldicht eingehüllt sein. Der auf Bild 213 dargestellte Beobachter hält den an beweglicher Leitung angebrachten Druckknopf in der Hand, mit dem er seine Apparatur wechselweis für Senden und Empfangen schalten kann.

Während eines Vortrags, den Graf Arco am 2. September 1919 in Nürnberg hielt, fand ein Sprechverkehr mit dem Zeppelinluftschiff „Bodensee“ statt, das sich auf der Fahrt nach Berlin befand. Das Fahrzeug hatte einen Telefunken-Röhrensender an Bord, der eine Schwingungsenergie von 15 Watt in die Antenne, einen einfachen, 4 Meter weit hinabhängenden Draht, lieferte. Die Gegenstation in Nürnberg hatte gleiche Leistung. Die Sprechverständigung war vorzüglich, bis das Luftschiff sich in einer Entfernung von 140 Kilometern über Plauen befand. Die Reichweite war hier noch längst nicht vollständig ausgenutzt, die Unterhaltung wurde aber aufgegeben, da die Schiffsleitung Wettermeldungen telegraphisch entgegennehmen mußte.

Aus einem Bericht von O. Hanke über eine Fahrt desselben Luftschiffs von Berlin nach Stockholm sei das Folgende wiedergegeben.



213. Flugzeug-Beobachter
mit Ausrüstung für drahtlose Telephonie
Telephon und Mikrophon sind schallsicher abgedichtet
Der Druckknopf dient zum Umschalten von
Sprechen auf Hören

„Frühmorgens um 3 Uhr wird es im Schein der Lampen im Luftschiffhafen Staaken lebhaft. Der Kommandant und ich verlassen unser Nachtquartier, um uns für die Reise zu stärken. Inzwischen sind die Passagiere angelangt und mit der Zollrevision beschäftigt, während die Besatzung das Schiff, der FT-Leiter und ich die FT-Station klar zur Fahrt machen. Dann werden die Passagiere im Schiff untergebracht, dieses abgewogen, und um Punkt 5 erfolgt der Befehl zum Verlassen der Halle. Die Propeller surren zur Probe ihr Morgenlied, und im Strahl der Hallenscheinwerfer wird die ‚Bodensee‘ von dem Haltetrupp aus der Halle auf den Platz gebracht. Noch einmal schnell abgewogen und dann: ‚Achtung — hoch!‘ — die Erde senkt sich unter uns — ein kurzes Signal des Maschinentelegraphen — mit voller Kraft voraus zieht das Schiff in den dunklen Morgen hinein. Richtung: Stettin—Stockholm.

„Antenne herab, klar zum FT-Betrieb!“ — das Mikrophon eingeschaltet und nun, solange wir noch in der Telephonierreichweite sind, dem Hafen mündlichen Gruß und Bericht gesandt. Schon meldet sich auf den Anruf: ‚Hallo, hier Bodensee!‘ der Hafen. Hier gibt es gottlob noch eine glatte Verbindung, kein ‚Besetzt! Bitte später rufen!‘ oder — ‚Hier Schieber & Co. in Seife und Schokolade!‘ — ‚Falsch verbunden, bitte anhängen!‘ Später wird es aber auch hier wohl manchmal heißen: ‚Gehen Sie bitte aus meiner Welle ‘raus!‘

„Bald sind wir infolge der Geschwindigkeit des Schiffs, das rascher als ein D-Zug seine Bahn durch die Luft zieht, so weit von Staaken entfernt, daß wir uns mit der kleinen provisorischen Telephonstation im Schiff nicht mehr gegenseitig ‚anbrüllen‘ können; wir müssen uns nun im Rhythmus der Morse-Zeichen gegenseitig anpfeifen . . .

„An Bornholm vorbei über Artholme nähern wir uns dem Kalmar-Sund. Schwedisches Land liegt unter uns, und nicht mehr lange wird es dauern, dann haben wir unser Ziel erreicht. An Bord herrscht frohe Stimmung. Nach kurzer telegraphischer Verständigung über Wellenlänge usw. rufe ich Stockholm telephonisch an. Sofort meldet sich mein schwedischer Funkkollege auch telephonisch, und der anwesende Reporter vom ‚Svenska Dagblad‘ kann ihm als erster in seiner Muttersprache einen Gruß zurufen und seiner Freude über unsere telephonische Verbindung Ausdruck geben. Dann verständigen wir uns telephonisch über Wetterlage, Barometerstand und Höhenlage des Landungsplatzes, die der Kommandant zum Zweck der glatten Landung wissen muß. Nun Schluß des Gesprächs — ‚Auf Wiedersehen in Stockholm!‘ . . .

„Stockholm in Sicht! Antenne ein!“ — Glatt geht die Landung vonstatten.“

32. Hochfrequenz-Telephonie und -Telegraphie längs Leitungen

„Die Not bringt seltsame Schlafgesellen!“ sagte der Fernsprecher — da wurde er mit Hochfrequenz gespeist.

Du meldest in Berlin ein Gespräch nach Hannover an und wirst in überraschend kurzer Zeit verbunden. Du unterhältst dich mit deinem Geschäftsfreund in jener Stadt, die 300 Kilometer entfernt ist, und sagst dir am Ende der Unterredung: so störungsfrei habe ich kaum je mit Hannover gesprochen, die Verständigung war fast besser als im Berliner Ortsnetz! Die Drahtverbindung muß ja ausgezeichnet in Ordnung sein!

Nun mußt du aber wissen, lieber Fernsprecher, daß du wohl unter Benutzung des Drahts mit Hannover geredet hast, aber doch nicht durch den Draht. Dieser war während deiner Unterhaltung vielleicht gerade von einem deiner Konkurrenten in Anspruch genommen, der zu gleicher Zeit eine ihm nützliche, aber dich schädigende Transaktion mit Hannover verabredete. Die Reichspostverwaltung aber wollte dich trotzdem nicht warten lassen. Auszarten elektromagnetischen Schwingungen schuf sie eine zweite Verbindung zwischen Berlin und Hannover, die sich nur leicht auf den Draht stützte, so daß ein Doppelgespräch stattfinden konnte, ohne daß die eine Sprechgruppe der anderen im geringsten gewahr wurde.

Und es wäre gar nicht erstaunlich, wenn zu gleicher Zeit noch ein drittes Gespräch an demselben Draht entlang stattgefunden hätte. Ja, wenn die notwendigen Einrichtungen in Berlin und Hannover getroffen gewesen wären, hätten sogar noch andere Sprechlustige zugeschaltet werden können. Ihr alle, ein Häuflein von 6 bis 8 Personen, hättet dann tapfer auf denselben Draht eingeredet, und doch würde jeder nur das verstanden haben, was sein eigener Partner sprach.

Das hier angewendete Verfahren stellt wahrhaft eine technische Nothilfe dar. Man kann es kennzeichnen als drahtlose Telephonie mit Draht; denn es werden elektromagnetische Schwingungen hierbei verwendet, die am Draht entlang ziehen. Die gegenwärtige Unzulänglichkeit der Fernsprechnetze nicht nur in Deutschland, sondern in allen Ländern der Erde, ist bekannt genug. Es kann

angesichts der gewaltigen Kosten nicht daran gedacht werden, in absehbarer Zeit einen genügenden Ausbau der Leitungen herbeizuführen. Da schwingt die Fernmeldetechnik ihren neuesten Zauberstab, die Hochvakuum-Senderöhre — und die Leitungen vervielfachen sich von selbst.

Die in den vorliegenden Abschnitten bereits öfters erwähnte Eigenschaft der Ätherwellen, bei ihrer Ausbreitung die Richtung weitgedehnter leitender Flächen zu bevorzugen, wird hier systematisch ausgenutzt. Sind Sende- und Empfangsort, zwischen denen ein drahtloser Verkehr stattfinden soll, auf irgendeine Art oder aus irgendwelchem Grund durch ein leitendes Medium miteinander verbunden, so kann genügende Reichweite schon mit einem so kleinen Sender erzielt werden, wie er sonst nicht ausreichend wäre.

Wir haben die günstige Wirkung des hochliegenden Grundwasserspiegels, der Meeresflächen und passend liegenden Flußläufe kennen gelernt. Eine gut isolierte Drahtleitung ist ein noch weit kräftigerer Helfer. Sie dient der Strahlung als ein Schienenweg, an dem sie fest geführt wird. Der Draht ist, wenn der Sender in geeigneter Weise mit ihm in Verbindung gebracht wurde, von einem elektromagnetischen Hochfrequenzfeld umgeben, das an ihm haftet, aber nicht in ihn eindringt.

Das wunderbarste jedoch ist, daß mehrere solcher Hochfrequenzfelder um denselben Draht gelegt werden können, ohne daß das eine von dem anderen gestört wird. Bedingung ist nur, daß die Sender mit verschiedenen, nicht einmal so sehr weit auseinander liegenden Frequenzen arbeiten. Am Ende des Drahts vermag man dann mittels einer entsprechenden Vielzahl von Empfängern die Wirkung jedes einzelnen Senders von den Impulsen auszusondern, welche durch die anderen Sender hervorgerufen werden. Die Möglichkeit hierzu bietet selbstverständlich die Abstimmfähigkeit des einzelnen Empfängers auf die Frequenz des zugehörigen Senders.

Es wurde bereits einmal darauf hingewiesen, daß die Photosphäre der Sonne ein überaus vielfach unterteilter Sender ist, der elektromagnetische Schwingungen der verschiedensten Wellenlängen strahlt. Nachdem alle diese Frequenzen in einem Sonnenstrahl gemeinsam den Weltraum durchheilt haben, trennen wir sie mittels eines Prismas sauber voneinander und nehmen mit einem vielfältig abgestimmten Empfangsapparat, unserem Auge, die einzelnen Wellenlängen getrennt als verschiedene Farben wahr. Diese physikalischen Vorgänge entsprechen genau den Geschehnissen bei der Hochfrequenz-Mehrfach-Telephonie.

Sind die verschiedenen elektromagnetischen Brücken in Gestalt von Wellenzügen mit konstanten Amplituden erst einmal längs des Drahts aufgebaut, so kann man über jeden einzelnen dieser Wege

Sprachschwingungen schreiten lassen, indem ein Mikrophon in jedem Sender die Amplituden derart beeinflußt, wie wir es im vorigen Abschnitt kennen gelernt haben. Gleichzeitig kann der gewöhnliche Fernsprechverkehr durch den Draht selbst ungehindert stattfinden. Wird eine Doppelleitung verwendet, wie sie ja heute in den weitaus meisten Fällen zur Verfügung steht, so ist das Gegensprechen allen Telephonierenden gewährleistet.

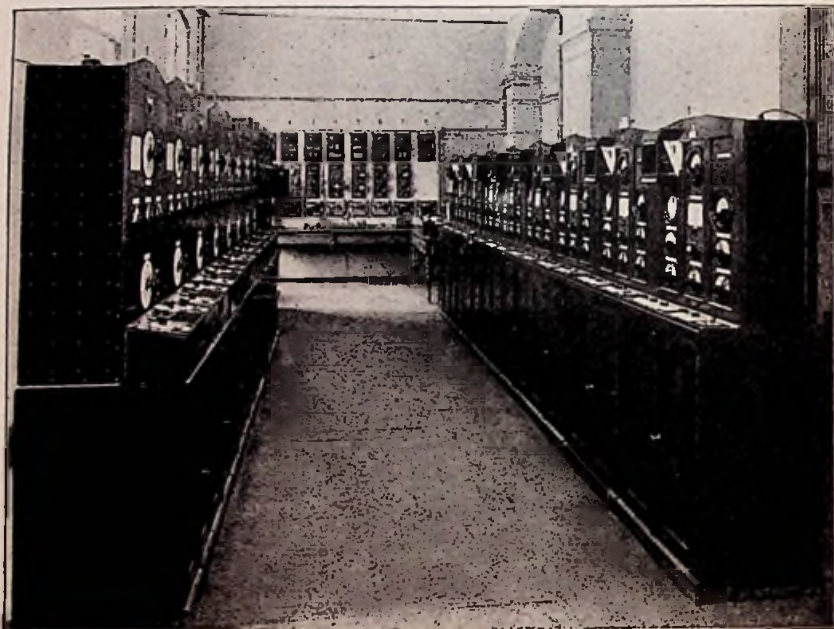
Zur Einrichtung eines gleichartigen und gleichzeitigen Hochfrequenz-Sprechverkehrs in beiden Richtungen ist es nicht einmal notwendig, daß für das Hin und das Zurück die beiden Drähte derselben Telephon-schleife benutzt werden. Man kann ebensogut auch als zweite Leitung einen Draht nehmen, der zu einer anderen Telephonverbindung zwischen den beiden Orten gehört, oder einen Telegraphendraht. Dabei ist es bemerkenswert, daß die elektromagnetischen Verbindungen auch dann noch bestehen bleiben, wenn der gewöhnliche Betrieb über die Drähte nicht mehr durchgeführt werden kann, weil die Isolierung aus irgendeinem Grund schlecht geworden ist. Unter allen Umständen bleiben selbstverständlich die hochfrequenten Grundschwingungen ohne Einfluß auf die Schallplatten der Telephone oder die Magnete der Telegraphenapparate.

Mit Vorrichtungen, welche die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie ausgebildet hatte, wurde zuerst im Oktober 1919 ein Probebetrieb für Hochfrequenz-Telephonie auf den meist beanspruchten deutschen Strecken, Berlin—Hannover und Berlin—Frankfurt, von der Reichspostverwaltung eingerichtet. Für den gleichen Zweck wurde dann die Strecke Berlin—Breslau mit Apparaten der Deutschen Telephonwerke ausgerüstet. Später kam die Linie Berlin—Stralsund hinzu. Es werden bis jetzt im praktischen Betrieb nur zwei Gespräche gleichzeitig längs eines Drahts geführt, doch sind Versuche im Gange, um die Zuschaltung einer größeren Zahl von Apparatsätzen zu ermöglichen. Die Arbeiten werden von Telefunken gemeinsam mit dem Telegraphen-Versuchsamt unter Leitung dessen Vorstehers, des Professors Wagner, durchgeführt.

Die Röhrensender, welche die hochfrequenten Grundschwingungen liefern, und die zugehörigen Empfänger werden an die benutzten Drahtleitungen mittels induktiver Koppelung angeschlossen. Bei reger Benutzung der neuen Einrichtung wird neben dem Fernamt alter Art ein Hochfrequenzamt betrieben werden. Die beiden Stätten können räumlich getrennt oder auch vereint angelegt werden. In jedem Fall aber arbeiten die Beamtinnen an den Vermittlungsschränken in ihrer gewohnten Art weiter. Sie stellen die Verbindungen her, als ob sie eine entsprechend höhere Zahl von Drahtleitungen zur Verfügung hätten. Die alten Anrufvorrichtungen, Einschaltapparate usw. können nach wie vor verwendet werden.

In derselben Weise wie für Telephonie lassen sich die Hochfrequenz-Einrichtungen auch für die Telegraphie verwenden. An die Stelle des gebenden Mikrophons im Teilnehmerapparat tritt alsdann eine Morsetaste oder der Geber eines Typendrucktelegraphen. Im Empfänger werden die ankommenden Impulse nicht auf ein Telephon übertragen, sondern auf eine Relaisapparatur, wie sie auf Seite 176 beschrieben wurde, die alsdann den telegraphischen Empfänger betätigt.

Seit langem schon werden auf einer Doppelleitung zwischen Berlin und Frankfurt a. M. mittels überlagerter Hochfrequenzschwingungen



214. Hochfrequenz-Amt

drei Siemens-Schnelltelegraphen sechs bis acht Stunden lang täglich in beiden Richtungen betrieben. Die hierbei erreichte Wortleistung stellt einen Rekord dar. Es können nämlich nicht weniger als 4500 Buchstaben in der Minute befördert werden, das sind in sechs Stunden 162 000 Buchstaben oder 27 000 Wörter. Rechnet man das Telegramm zu zehn Wörtern, so bedeutet das die Übermittlung von 2700 Telegrammen am Tag auf Einer Doppelleitung!

Die Zusatzapparate, die für die Hochfrequenz-Telephonie oder -Telegraphie bereitgestellt werden müssen, sind nicht ganz einfach und daher teuer. Bei geringen Entfernungen ist die Auslegung einer neuen Drahtleitung billiger. Beträgt der Abstand der Sende-

von der Empfangsstelle aber mehr als 500 Kilometer, dann wird bei den jetzigen Preisen die neue Verbindungsart bereits billiger, und die Ausgaben hierfür bleiben bei wachsender Entfernung immer weiter unter den Kosten für eine neu auszustreckende körperliche Leitung.

Die drahtlose Telephonie mit Draht kann auch außerhalb des Postbezirks nutzvoll angewendet werden.

Die großen Elektrizitätswerke müssen mit ihren Unterwerken in ständiger Fernsprechverbindung stehen. Angesichts der Wichtigkeit dieser Einrichtungen für die Allgemeinheit gestattet die Postverwaltung den Werken das Anlegen eigener Telephonleitungen. Diese werden dann in den weitaus meisten Fällen an den Masten verlegt, welche die Starkstrom- oder die Hochspannungsleitungen tragen. Die Kosten für die Herrichtung der Fernsprechverbindung sind in diesem Fall weit geringer, als wenn besondere Pfosten hierfür aufgerichtet werden.

Es entsteht aber der große Nachteil, daß der telephonische Verkehr meist gerade dann unterbrochen ist, wenn er am nötigsten gebraucht wird, nämlich bei schweren Störungen in der Stromleitung. Ein herabfallender Draht der Energie-Übertragung pflegt häufig die Fernsprechleitung zu zerreißen oder so starke elektrische Einwirkungen auf die Apparate an den Enden des Fernsprechdrahts zu üben, daß sie nicht mehr benutzt werden können.

Nun stellen aber die Starkstromdrähte wieder eine leitende Verbindung zwischen den Sprechorten dar, an der Hochfrequenz-Impulse vorzüglich geführt werden. Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie hat deshalb auch Einrichtungen für den telephonischen Verkehr von Kraftwerken ausgebildet. Es werden hierzu die auf den Bildern 210 und 211 dargestellten Apparate benutzt. An die Stelle der hochgeführten Antennen für Fernstrahlung treten an jedem Anschlußort zwei wagerecht ausgelegte parallele Drähte, die in geringem Abstand von den Starkstromleitungen etwa 100 Meter weit an diesen entlang laufen. Die Luftleiter solcher Art werden treffend als Kopelungs-Antennen bezeichnet.

Die Übertragung wird nicht gehindert, wenn z. B. von drei Kraftleitungsdrähten zwei gebrochen sind und mit den Enden an Erde liegen. Desgleichen wird die Sprachübertragung nicht wesentlich verschlechtert, wenn die Leitungen unterwegs in Schalthäuser oder Transformatoren ein- und wieder ausgeführt werden. Die Wicklungen der gewöhnlichen Transformatoren haben infolge der Dichte ihrer Windungen und wegen des eingelegten Eisenjochs gegenüber den hochfrequenten Schwingungen keine so hohe Drosselwirkung wie gegenüber den niederfrequenten Strömen. Die führende Leitung darf scharfe Knicke machen, ohne daß die Schwingungen sich von ihr ablösen; wenn die Starkstromdrähte sich verzweigen, ist es leicht,

durch kurze, auf die Hochfrequenz abgestimmte Übertragungs-Antennen den Schwingungen den rechten Weg über die Zweigstelle hinweg zu weisen.

Eine Anlage solcher Art für Gegensprechen ist seit längerem zwischen dem Riesenkraftwerk Golpa und seinem Unterwerk Berlin-Rummelsburg in Tätigkeit. Die Entfernung beträgt 135 Kilometer. Die Einrichtungen arbeiten durchaus zufriedenstellend. Insbesondere hat es sich gezeigt, daß der niederfrequente Wechselstrom von 50 Perioden keine Wirkung auf die Empfangseinrichtungen übt. Selbst das Ab- und Anschalten gewaltiger Leistungen in Golpa — es handelt sich dabei oft um viele Tausende von Pferdestärken — schadet den feinen Bauteilen der Apparate nichts, obgleich hierbei in den Leitungen ungeheure elektrische Stöße auftreten.

Wenn eine Störung an den Hochspannungsdrähten eingetreten ist und Wiederherstellungsarbeiten auf freier Strecke ausgeführt werden müssen, ist es wünschenswert, daß eine gute Sprechverbindung zwischen der Arbeiterkolonne und dem Kraftwerk hergestellt werden kann. Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie hat für diese Zwecke eine besondere kleine Apparatur ausgebildet, die entweder in einem Personenautomobil aufgebaut oder in kleinen Lasten getragen werden kann. Diese Hilfsstation verbindet sich auf freier Strecke mit der Hochspannungsleitung durch Errichten einer provisorischen Zwischenantenne, die gleichfalls aus wagerecht verlegten Drähten besteht. Damit die Apparate möglichst einfach sein können, wird hier auf Gegensprechen verzichtet, man begnügt sich mit zeitlichem Wechsel von Hören und Sprechen mittels einer Umschaltvorrichtung.

Die Oberleitungen von Straßenbahnen, die Stromschienen von Stadt-Schnellbahnen und alle anderen gut isolierten Leitungen können für die Führung von Hochfrequenzschwingungen benutzt werden. Weniger gründlich werden diese von Eisenbahnschienen, langen eisernen Rohrleitungen, Drahtzäunen, Eisenbrücken und ähnlichen Anlagen festgehalten, die nur eine schlechte oder gar keine Isolierung gegen Erde haben. Aber alle solche Verbindungen zwischen Orten, die einen drahtlosen telephonischen oder telegraphischen Verkehr miteinander pflegen wollen, sind nützlich, und es ist mit Sicherheit zu erwarten, daß die energiesparende Technik der geführten Schwingungen bald vielfältig angewendet werden wird.

*

*

*

Es ist verlockend, am Ende dieses Buchs, das von den stärksten Wunderleistungen der neuzeitlichen Technik handelt, den Blick in die Zukunft hinauswandern zu lassen, den Stand der drahtlosen Telegraphie und Telephonie gegen Ende des Jahrtausends voraus-

zukünden. Was allein im letzten Jahrhundert geschaffen worden ist, gibt das Recht, alles, was man erdenken kann, auch als erfüllbar anzusehen. Aber die Unzahl der Möglichkeiten ist es eben, die den Ausflug in die Zukunft unlohnend erscheinen läßt. Für diesen Bezirk trifft Schillers Spruch nicht zu: „Alles wiederholt sich nur im Leben, ewig jung ist nur die Phantasie!“ Das Leben, die natürliche Entwicklung, wird hier das Unerhörte, das Niedagewesene leisten, die Phantasie vermag ihren Flug doch nur vom festen Grund des schon Vorhandenen zu beginnen.

Wenn Cicero vielleicht einmal versucht hat, sich vorzustellen, welche Mittel dem Verkehr in ferner Zukunft zur Verfügung stehen werden, ist ihm sicherlich nicht die Lokomotive eingefallen. Der bernsteinreibende Thales von Milet konnte, auch wenn er sich noch so kräftig die Stirn rieb, nicht den Elektromotor vorausahnen, und die altägyptischen Isispriester, wenn sie sich nach einer anstrengenden Himmelsbeobachtung niederlegten, träumten keineswegs vom achromatischen Fernrohr. Sophokles sagt das Rechte mit den Worten: „Doch eh' er schaut, weissagt kein Mensch die Geschicke der Zukunft!“

Wir wollen deshalb davon absehen, den Nachen unserer Vorstellungskraft in den unbegrenzten Ozean der fernen Zeit hinausfahren zu lassen, und uns mit der Betrachtung dreier Zielstationen der drahtlosen Technik begnügen.

Wie in der Seekriegstechnik Geschoß und Panzerplatte einen ständigen grundsätzlichen Kampf miteinander führen, bei dem bald der Angreifer, bald der Verteidiger überlegen ist, so streiten die funktetelegraphischen Sender und Empfänger unaufhörlich um den Vorrang. Als die tönenden Löschfunken aufgekommen waren, der Fritter aber gerade erst durch recht unzuverlässige Detektoren ersetzt werden konnte, war die Sendeseite um viele Längen voraus. Heute befindet sich der Empfänger auf der Sonnenseite.

Die unvergleichliche Wirkung der Verstärkerröhren gestattet ihm, jede gewünschte Leistung mit Apparaten kleinster Abmessungen zu vollbringen. Er setzt noch das geringste Energiequantum in kräftige Wirkung um. Der Sender jedoch braucht die eiffelturm hohen, kilometerlangen Antennen, und die gewaltigen Schläge dieser elektromagnetischen Großgeschütze dienen hauptsächlich dazu, den Raum nutzlos mit Energie anzufüllen. Nur ein geringer Bruchteil der Strahlung wird tatsächlich für die Fernübertragung der Gedanken nutzbar.

Es ist eine Aufgabe der nahen Zukunft, auch den Sende-Antennen Richtkraft zu verleihen, wie sie den Empfangsrahmen bereits inneohnt. Strahlt alsdann die abgehende Energie nicht mehr überall hin, sondern nur noch über einen schmalen Streifen zum Emp-

fänger hinüber, so kommt man bei gleicher Reichweite mit sehr viel kleineren Schwingungs-Erzeugern aus. Die Antennen können schrumpfen, und es entsteht die Möglichkeit, in jedem Land an geeigneter Stelle eine einzige Sendestelle anzulegen, die mit zahlreichen, radial angeordneten Antennen gleichzeitig in die verschiedenen Richtungen sendet.

Weitaus günstiger freilich wäre es noch, wenn der Strahlungstreifen, der parallel der Erdkrümmung verläuft, zur Bahnform der Geschosse von Steilfeuergeschützen umgewandelt werden könnte. Der elektromagnetische Abschluß am Sender stiege zunächst in große Höhen auf, um dann, durch Reflexion in passendem Winkel umbogen, gerade auf den Empfänger aufzutreffen. Das Abhören der drahtlosen Sendungen durch andere wäre bei derartigen Anlagen nicht mehr möglich, und die dann noch notwendigen bescheidenen Strahldrähte würden im Maschinenhaus selbst Platz finden.

Doch hiermit haben wir schon wieder den festen Boden des wirklich Vorausssehbaren verlassen.

Über die Weiterentwicklung der drahtlosen Telephonie läßt sich sicher Begründetes ebensowenig in größerem Umfang aussagen. Dieses Geschöpf ist noch so jung, daß seine Charakteranlagen kaum erkannt werden können. Als Erwachsene wird die Wellentelephonie den Menschen sicherlich manches unerhoffte Göttergeschenk darreichen, vielen aber auch als die unheilbringende Pandora erscheinen. Denn einstens dürfte der Tag sein, an dem ein jeder drahtlos-telephonisch von jedem erreicht werden kann, sobald das richtige Rufzeichen gegeben wird. In jenen Zeiten besitzt man dann auch bereits den drahtlosen Fernseher, so daß die Sprechenden einander werden in die Augen schauen können. Viel seltener als jetzt wird es dann notwendig sein, einander von fern her zu besuchen — schade, daß das Reisen gerade dann erst bequem sein wird! — aber ein neues Gretchen dürfte singen: „Meine Ruh' ist hin...!“

Die gewaltigste Aufgabe, ein vorläufiges Endziel technischen Wirkens, ist die drahtlose Übertragung von Energie. Es wurde bereits eingangs darauf hingewiesen, daß jedes Telegraphieren eine Energie-Übertragung bedeutet. Doch mit den schwachen Kräften, die hierbei beim Empfangsort anlangen, kann man eben nur Telegraphen-Apparate betätigen. Jetzt sprechen wir von Betriebsenergie großen Stils, von Kraftmengen, mit denen man riesige Motoren antreiben oder Hunderte von Lampen speisen kann.

Tesla hat sich um die Lösung dieser Aufgabe schon vor Jahrzehnten bemüht. Es gelingt heute bei Demonstrations-Versuchen, deren Anordnung von dem Amerikaner zuerst angegeben wurde, mühelos, einige Pferdestärken ohne Verbindungsleitungen über eine Entfernung von 10 bis 20 Metern wirken zu lassen. Von hier aber

bis zur freien elektromagnetischen Speisung aller kraftbedürftigen Anlagen eines Landes von einer einzigen Stelle her ist noch ein nahezu unendlich langer Weg.

Das alte Gebrechen der elektromagnetischen Strahlung, daß sie überallhin, über Berechtigte und Unberechtigte, über Aufnahmefähige und elektrisch Taube sich ergießt, tritt auch hier wieder auf. Das elektromagnetische Kraftzentrum würde den weitaus größten Teil seiner Leistung dazu aufwenden müssen, den Raum mit Energie zu füllen. Damit jeder die von ihm gewünschte Menge schöpfen kann, müßten ungeheure Primärkräfte aufgewendet werden, und es ist unmöglich, daß die uns heute bekannten Kraftquellen jemals hierfür genügen können.

Solange wir Menschen nicht mehr vermögen, als jämmerlich kleine Vorrichtungen zum Umformen von Naturkräften zu betreiben — und selbst unsere mächtigsten Kraftmaschinen sind, von diesem Standpunkt aus gesehen, nur solche bescheidenen Aushilfsmittelchen! — solange ist die Energie-Aufnahme aus dem Raum unmöglich. Gelingt es aber, die von der Sonne niederstrahlende Energie unmittelbar zu verwerten, den Umweg über die Kohle zu vermeiden, kann man gar erst die Atome willkürlich zerspalten, in denen ungeheure Kräfte aufgespeichert sind, dann vielleicht wird Gegenwart sein, was jetzt noch entlegenste Zukunft ist.

Doch wir wollen unsere Urenkel nicht beneiden, denen die neuen technischen Errungenschaften vielleicht große Bequemlichkeiten, aber doch auch manchen neuen Kummer bringen werden. Freuen wir uns der heutigen Besitztümer, indem wir sie als Hochleistungen menschlicher Geisteskraft ansehen. Was die drahtlose Technik bis jetzt hervorgebracht hat, verdient die Bewunderung jedes Denkenden und dies um so mehr, als die drahtlose Kunst alle ihre Wirkungen durch die Formung eines Stoffs erreicht, der geheimnisvoll am lichten Tag ist, dessen wirkliche Beschaffenheit sich unserer Kenntnis noch völlig entzieht. Ob dieser Stoff von der Menschheit jemals ganz wird in Besitz genommen werden können, bleibt zweifelhaft, und doch haben wir Grund zur Zufriedenheit:

Ins Inn're der Natur dringt kein erschaff'ner Geist,
Glückselig, wenn sie nur die äuß're Schale weist!

Das ABC der Funktelegraphie

Die folgenden parodistischen Verse sind von L. Kapeller während des Kriegs für die Feldfunke verfaßt worden und haben den Männern von der Taste viel Freude bereitet. In der hier vorliegenden Form, die Neuherangereiften an die Stelle manches inzwischen Veralteten setzt, werden gewiß auch die Leser dieses Buchs die heiteren Relme gern kennen lernen — als leichten und scherzhaften Abschluß der Erörterungen über einen schwierigen, sehr ernsthaften Gegenstand.

Das **A**udion wirkt mit viel **F**inessen,
Antennen gerne **W**ellen fressen.

Maschinen werden oft **B**lockiert,
Die **B**atterie den **S**trom spendiert.

An jedem **C**ondensator steht
Die **G**röße der **C**apazität.

Die **D**etektoren sind empfindlich,
Drahtlos zu seinschmerzt jeden gründlich.

Eilvese, Nauens Konkurrenz,
Wird auch **E**rregt durch **H**ochfrequenz.

Die **F**unkenfolge ist 'ne rasche,
Sehr nützlich ist die **L**eid'ner **F**lasche.

Der **G**enerator dreht sich schnelle,
Der **G**leichstrom liefert keine Welle.

Sehr schwierig ist sehr oft das **H**ören,
Viel niedlicher sind **H**elium-Röhren.

Die **D**rähte muß man **I**solieren,
Die **I**nduktion oft variieren.

Fest ist die **K**opplung oder lose,
Kontakte sind 'ne heikle Schose.

Fort durch die **L**uft geht jede Welle,
Funkstellen-**L**eiter sind stets helle.

Im **M**otor ist ein **S**trommagnet,
Der **M**orse rennt heut' wie verdreht,

In **N**orddeich stehen Funkentürme,
In **N**auen herrschten starke Stürme.

Im **O**szillator schwingt der **S**trom,
Den **W**iderstand mißt man nach **O**hm.

Die **P**oulsen-Lampe brennt sehr hell,
Die **P**erioden wechseln schnell.

Strom-**Q**uellen kennt ein jedes Kind,
Antennenrahmen **Q**uadratisch sind.

Kathoden-**R**öhren sind sehr wichtig,
Die **R**esonanz ist oft nicht richtig.

Mutwill'ge **S**törer machen Kummer,
Sehr launenhaft ist solch ein **S**ummer.

Sehr oft hört man im **T**elephon
Den falschen oder keinen **T**on.

Uhrzeichen muß man pünktlich geben,
Umformer soll'n die **S**pannung heben.

Verstärker brüllen löwenstark,
Die hohe **V**oltzahl ist kein Quark.

Die **W**elle große Eile hat,
Die **E**nergie mißt man nach **W**att.

In **X**erxes' Heer ward nicht gefunkt,
Der **X**-Strahl mit Durchdringung prunkt.

Sehr selten ist das **Y**psilon,
Das **M**ol**Y**bdän gibt lauten **T**on.

Das **Z**eitsignal schwingt übers Meer,
Die **M**orse-**Z**eichen lernt man schwer!

Stichwörter

- Abstimmung 60. 82.
- Alexanderson 119.
- Ampèremeter 186.
- Amplitude 17.
- Angaur 210.
- Annapolis 234.
- Anode 234.
- Antenne 44. 57. 86. 91. 160. 234. 244.
276. 293. 317.
- an Luftfahrzeugen 94.
- von Nauen 200. 202. 205. 225.
- Aperiodischer Kreis 83.
- Apia 210.
- Arco 45. 127. 193.
- Arlington 306.
- Assel 230. 246. 249.
- Äther 14.
- Ätherwellen, gedämpfte und ungedämpfte
108.
- Atom 133.
- Audion 157.
- Auslands-Funknetze 248.
- Avanui 214.
- Bell 76.
- Berner Büro 262.
- Blasmagnet 115.
- Blitzfunktelegramme 252.
- Blitzschläge, Aufzeichnung der 42.
- Bogenlampe 111.
- singende 114.
- Bordzeitung 266.
- Bräkerbohm 200.
- Branly 37.
- Braun 53. 64. 91. 193.
- Braunscher Empfänger 55. 83.
- Braunscher Sender 54. 64. 197.
- Bredow 204. 250. 257.
- Cartagena 211.
- Chronometer 279.
- Clifden 243.
- Crookes 134.
- Dachseil 226. 227.
- Dämpfung 52.
- Davy 111.
- Debeg 258.
- Detektor 79. 84.
- Detektorspule 104.
- Deutsche Betriebsgesellschaft für draht-
lose Telegraphie 258.
- Dielektrikum 48. 49.
- Drehkondensator 62. 104.
- Drosselspule 51. 99. 114. 219.
- Drucktelegraph 180.
- Duddell 112.
- Duplexbetrieb 92. 162. 237.
- Dynamo-elektrisches Prinzip 141.
- Dynamo-Maschine 28. 141.
- Eiffelturm 87.
- Eilvese 125. 243. 244. 254.
- Einstein 14.
- Eisenbahn 296.
- Elektrizitätswerke, Hochfrequenzapparate
für 317.
- Elektromagnetische Lichttheorie 36.
- Elektronen 134.
- Emissionstheorie 13.
- Energie-Übertragung 320.
- Epstein 127.
- Erdbeben 11.
- Erdung 42. 94.
- Extrastrom 50.
- Farben, Entstehung der 18.
- Feddersens Drehspiegel 33.
- Federpendel 52. 65.
- Fessenden 119. 150. 305.
- Fleming 156.
- Flugzeug 285. 290. 292. 311.

- Forest 157.
 Franke 205.
 Frequenzsteigerung 123. 127.
 Frequenztransformator 127. 220.
 Fritter 38. 74. 174.
 Funke, elektrischer 20. 27.
 Funkenentladung 33.
 Funkenfolge 81. 109.
 Funkeninduktor 30.
 Funkenstrecke 31. 68. 73.
 Funkenübergang 68.
 Funklinien, amerikanische 249.
 — belgische 249.
 — deutsche 243.
 — englische 248.
 — französische 248.
 — holländische 249.
 — italienische 249.
 — norwegische 249.
 — polnische 249.
 — spanische 249.
 Funkwetter 284.
 Gegengewicht 95.
 Gegensprechen 307.
 Geltow 233.
 Gesellschaft für drahtlose Telegraphie
 Gründung der 193.
 Gewitter-Zentrum 236.
 Gitter 136.
 Glace-Bay 243.
 Gleichrichter 144.
 Gleichstrommaschine 141.
 Glühkathode 134.
 Goldschmidt 123.
 Großmast von Nauen 227.
 Großstationen (Liste) 250.
 Grundwasser 24. 95.
 Gruppenfrequenz 145.
 Hagen 245.
 Hefner-Alteneck 111.
 Heizbatterie 136.
 Heliumrohr 186.
 Hertz 36.
 Hittorf 134.
 Hitzdraht-Ampèremeter 186.
 Hochfrequenzamt 315.
 Hochfrequenzbetrieb 313.
 Hochfrequenzmaschine 118. 218.
 Hochfrequenzverstärker 155.
 Hochvakuumröhre 135. 138.
 Hughes 77.
 Huygens 13.
 Imperator 263.
 Induktorium 30.
 Interferenz 150.
 Ionen 23. 68. 112. 133. 161.
 Jap 210.
 Joly 127.
 Kabel 209. 240. 304.
 — Lotsen- 279.
 Kamina 209.
 Kapazität 49.
 — in Leitungen 304.
 Kaskadenschaltung 154.
 Kathode 133.
 Kiautschou 210.
 Kilowatt 97.
 Kleist 48.
 Klopfer 178.
 Knallfunken 70. 198.
 Koepsel 62.
 Kolonien, Stationen in den deutschen
 203.
 Kondensator 49.
 — Dreh- 62. 104.
 Königs-Wusterhausen 247. 251. 253. 306.
 Koppelung 55.
 Koppelungs-Antennen 317.
 Kraftlinien 28. 30. 33. 50. 120.
 Kraftwerk Oberspree, Station auf dem
 194.
 Kreuzpeilung 277.
 Kriegausbruch 259.
 Latour 122.
 Leidener Flasche 48.
 Licht 18. 21.
 Lichtbogensender 112.
 Lichtgeschwindigkeit 13.
 Lichttelegraphie 14.
 Lichttheorie 13.
 — elektromagnetische 36.
 Liebenröhre 135.
 Lisboa 267.
 Lochstreifen 165. 181.
 Lokomobile in Nauen 197. 199. 202.
 Lokomotive, Signalanzeige auf der
 296.
 Löschfunken, tönende 68. 73. 201.
 Löschfunkenstation 97.
 Löschfunkenstrecke 68. 72.
 Lotsenkabel 279.
 Luftschiff 290. 311.
 Luftverkehr 285. 311.

- Magnetisches Feld 28. 30.
 Mamroth 205.
 Marconi 22. 26. 41. 88. 89. 193.
 Mars 26.
 Masten 96. 200. 227.
 Maxwell 13. 36.
 Meißner 140.
 Meßschleife 188.
 Mikrophon 77. 301.
 Mond 26.
 Monrovia 209.
 Monte Grande 246.
 Morse-Apparat 39. 175. 178. 179.
 Morse-Zeichen 40. 56. 165.
 Muthesius 216.

 Nauen 126. 254. 280.
 — 1906 bis 1909 195.
 — 1909 bis 1911 201.
 — 1911 bis 1916 204.
 — seit 1916 214.
 Nauener Hämmer 208.
 Nauru 210.
 New Brunswick 234.
 Newtons Lichttheorie 13.
 Niederfrequenzverstärker 155.
 Norddeich 280.
 Notruf 257. 262.
 Notsender 97.

 Onesti 38.
 Onogo-System 281.
 Ortsbestimmung 275.

 Pardunen 96. 200. 229.
 Parseval-Luftschiff 290.
 Peilrahmen 276.
 Periode 29. 35.
 Phonograph 170.
 Pilzfunkstrecke 68.
 Plattenkondensator 49.
 Poldhu 243.
 Popoff 42.
 Potentialgefälle 177.
 Poulsen 114. 145. 172. 305.
 Prisma 18.
 Pupinspulen 304.

 Rabaul 210.
 Rad-Funkstrecke 73.
 Radio Central 246.
 Rahmenantenne 91. 160. 234. 235. 276.
 Rathenau, Emil 195.
 Rathenau, Erich 43.
 Reichsfunkdienst 251.
 Reichweite 56. 98. 199. 202.
 Reis 76.
 Relais 37. 135.
 Rendahl 244.
 Resonanz 57.
 Resonator 37.
 Reuleaux 38.
 Richtungsbestimmung 91.
 Ringfunkstrecke 199.
 Röhrensender 141. 294. 298. 302. 307.
 Röntgenstrahlen 19. 134.
 Rotor 120.
 Rückfrage 237.
 Rückkoppelung 141. 360.
 Rufzeichen 250.
 Rufzeichen-Anordnung, internationale 243.
 Rundfunkdienst 252.
 Rundspruch 253. 305.

 Sayville 210.
 Schallwellen 11. 35.
 Schalttafel in Nauen 221.
 Schiffsfunkstellen 263.
 Schiffsrettungen 267. 274.
 Schiffsverkehr 256. 310.
 Schleifer 146.
 Schnellmorse 179.
 Schnelltelegraph von Siemens & Halske 181. 316.
 — von Wheatstone 165.
 Schnelltelegraphie 164.
 Schwebung 148.
 Schwingung 16.
 Schwingungskreis, der geschlossene 51.
 Selbstinduktion 50.
 Selbstinduktionsspule 61.
 Selektion 83.
 Senderöhre 141.
 Siemens, Werner 78. 111. 141.
 — Wilhelm von 195.
 Signalanzeige auf der Lokomotive 296.
 Slaby 38. 43. 45. 114. 193.
 Sonnenfinsternis 22.
 Spektrum 18.
 Stanzer 168.
 Stator 120.
 Stoßkreis 71.
 Strahlerde 95.
 Sturmwarnung 284.

Suchschaltung 83.
Südwestafrika 209.
Summer 188.

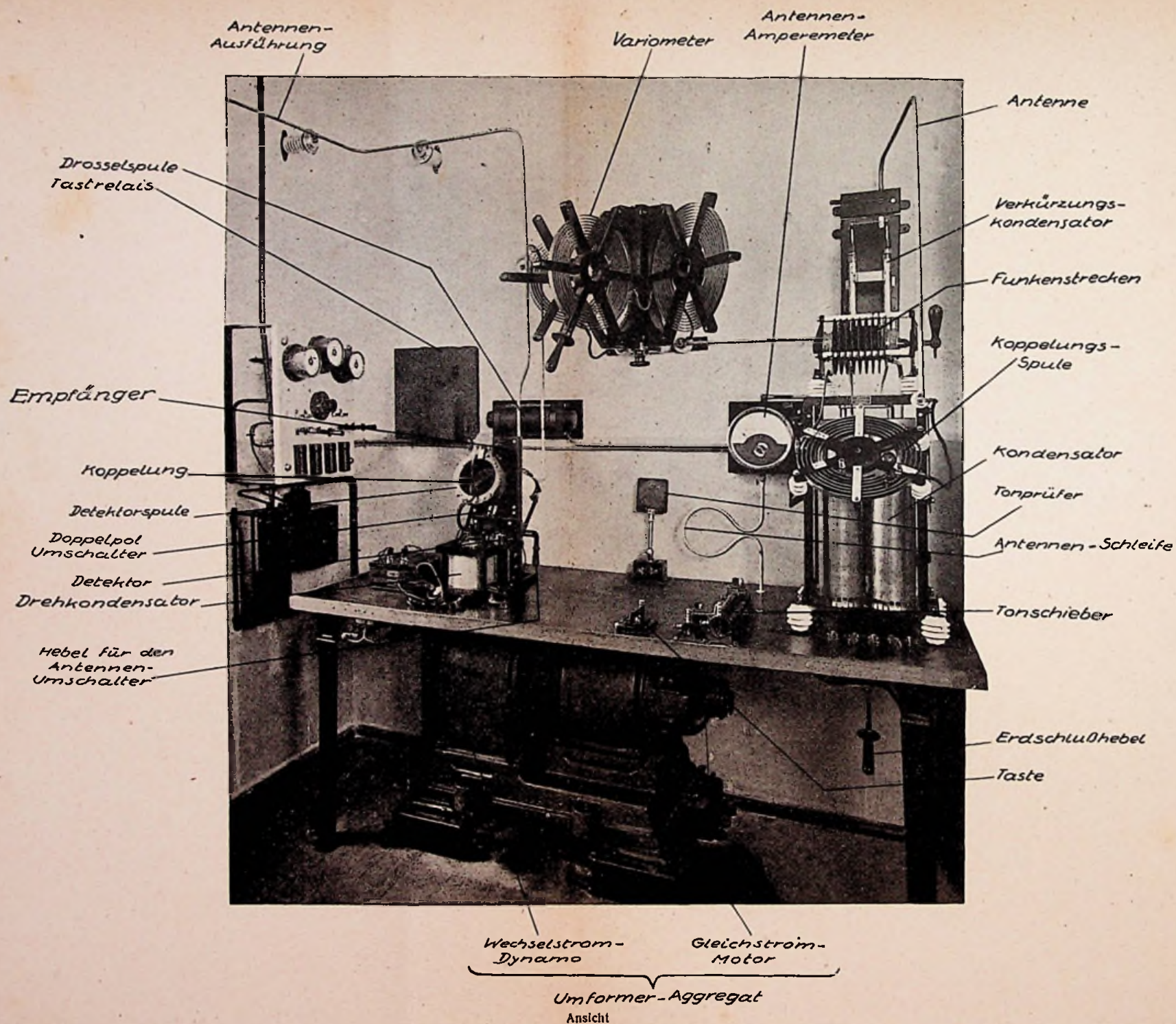
Tabora 209.
Taste 103. 165.
Tastrelais 103. 165. 169. 208. 222.
Tastspule 130.
Tasttransformator 116.
Telefunken 193.
Telegraphiergeschwindigkeit 165.
Telephon 76. 172.
Telephonie 301. 313.
Telephonrelais 135.
Tesla 320.
Ticker 145.
Titanic 263.
Togo 203. 209.
Ton 1000 72.
Tönende Löschfunken 68. 73. 201.
Tonprüfer 105. 188.
Tonschieber 106.
Transformator 100.
Transocean 254.
Transradio 215. 225. 245. 246.
Tuckerton 245.

Überlagerung 150. 160.
Ultrarote Strahlen 19.
Ultraviolette Strahlen 18. 23. 133. 198.
Umformer 100. 308.
Umschalter 102. 106.

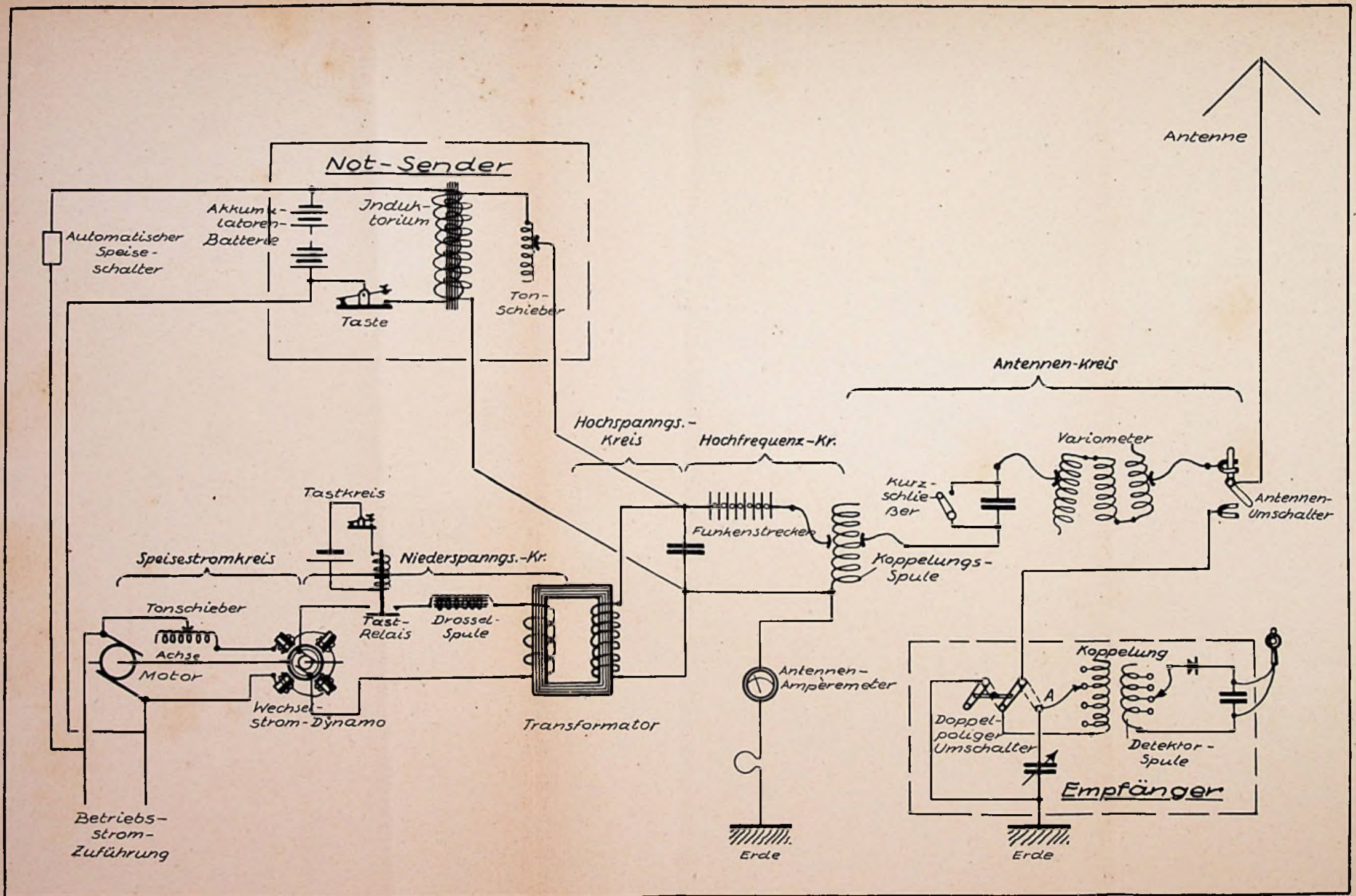
Vallauri 127.
Variometer 62. 102. 221.
Verstärker 152. 155. 235.
Verstärkerröhre 175.
Vokal-Schwingungen 302.
Vollturno 269.

Wagner 315.
Wasserfall 32.
Wasserwellen 16.
Wechselsprechen 307.
Wechselstrom 28.
Wechselstrommaschine 28.
Wellenauslese 83.
Wellenlänge 17. 29. 34. 35. 185. 262.
Wellenmesser 185.
Wetterdienst 283. 286.
Wheatstone 165.
Wiegand 267.
Wien 66. 67.
Windhuk 209.
Windverankerungen 229.
Woermann 257.
Worttaxen 241. 246.

Zehlendorf 247.
Zeitsignal 279.
Zeppelin-Luftschiff 291. 311.
Zone des Schweigens 25.
Zukunft 318.
Zweiröhrenschtaltung 175.
Zwischenkreis 107. 161.



Löschfunkenstation der Gesellschaft für drahtlose



Schalt-schema